

Ett klimatvänligt jordbruk 2050



- Metan och lustgas från djurhållning och växtodling utgör idag den största delen av jordbrukets växthusgasutsläpp. Dessa är svåra att påverka i någon större omfattning om inte jordbruksproduktionen minskar.
- Högre avkastning och effektivare användning av insatsvaror minskar utsläppen per producerad enhet.
- Förändrade matvanor kan leda till minskade växthusgasutsläpp, eftersom olika livsmedel har mycket olika klimatpåverkan.

Ett klimatvänligt jordbruk 2050

Jordbruksverket har tagit fram ett underlag för jordbrukets roll i en färdplan mot ett Sverige utan nettoutsläpp av växthusgaser 2050. Ett möjligt referensscenario av hur utvecklingen skulle kunna bli om inga åtgärder vidtas presenterades i underlaget. Även åtgärder som kan minska utsläppen av växthusgaser från jordbruket diskuterades samt styrmedel som skulle kunna göra att åtgärderna kom till stånd. Detta underlag har levererats till Naturvårdsverket, Trafikverket och Energimyndigheten och har legat till grund för deras färdplansarbete.

Efter leveransen till de andra myndigheterna har underlaget bearbetats inom CAP:s miljöeffekter, ett projekt som drivs gemensamt av Jordbruksverket, Naturvårdsverket och Riksantikvarieämbetet. Bland annat har information om åtgärdernas effekter på andra miljö kvalitetsmål lagts till. I föreliggande rapport redovisas det bearbetade underlaget.

0ve00ka

Redaktör

Karin Hjerpe, Jordbruksverket

Fotografer

Urban Wigert (vete), Shutterstock (nyckelpiga), Bioenergiportalen (biogasreaktor)
Tomas Magnusson (majs), Camilla Lagerkvist Tolke (salix), Per G Norén (kor)

Sammanfattning

Utsläppen av växthusgaser från jordbruket beror i stor utsträckning på vad som produceras, och styrs således av vad som konsumeras. Produktionen kan effektiviseras men inte ske utan utsläpp av växthusgaser.

Enligt den svenska klimatrapporeringen släpptes det ut 7,9 Mton CO₂-ekvivalenter i form av metan och lustgas från djurhållning och växtodling från sektorn jordbruk år 2010 (se avsnitt 2). Rapportens referensscenario för jordbruket, dvs. växthusgasutsläppen år 2050 om inga åtgärder vidtas, baseras på antagandet att den svenska jordbruksproduktionen 2050 ska vara densamma som idag, dvs. lika mycket av samma saker (se avsnitt 3.1). Effektiviteten och produktiviteten antas öka – produktiviteten med 0,5 procent per år – vilket innebär att utsläppen av växthusgaser minskar jämfört med 2010. De beräknade utsläppen av metan och lustgas från jordbruket 2050 uppgår till 7,23 Mton CO₂-ekvivalenter (se avsnitt 3.2.1).

Det finns stora osäkerheter associerade med beräkningen av växthusgasutsläpp i referensscenariot. För det första finns osäkerheter avseende hur mycket och vad som kommer att produceras år 2050. Metan- och lustgasutsläppen beräknas uppgå till 5,68 Mton CO₂-ekvivalenter 2050 om den pågående trenden där Sveriges andel av världsmarknaden minskar skrivs fram. Om Sverige å andra sidan behåller sin andel av världsmarknaden, och världskonsumtionen ökar, beräknas utsläppen 2050 uppgå till 8,80 Mton CO₂-ekvivalenter. För det andra finns osäkerheter avseende använda emissionsfaktorer. Om de osäkerheter som anges i den nationella klimatrapporeringen används ger det ett osäkerhetsintervall på mellan 2,83 och 11,63 Mton CO₂-ekvivalenter för referensscenariot år 2050.

Till jordbrukets klimatpåverkan hör också andra flöden av växthusgaser än de som ingår i jordbrukssektorn i den nationella klimatrapporeringen. Det gäller upptag och utsläpp av koldioxid från markanvändning, utsläpp av växthusgaser vid direkt energianvändning (energianvändning i stationära maskiner och bränsleanvändning i mobila arbetsmaskiner) samt utsläpp av växthusgaser vid produktion av importerade insatsvaror. Om även dessa flöden räknas in uppgår utsläppen i referensscenariot år 2050 till 9,49 Mton CO₂-ekvivalenter (se avsnitt 3.2.6).

Relevanta åtgärder, som lantbrukarna själva kan vidta, har analyserats med avseende på vilken effekt de kan ge, kostnadseffektivitet och lämpliga styrmedel för att få till stånd åtgärderna (se avsnitt 4.2–4.6). Totalt bedöms åtgärderna kunna minska jordbrukets utsläpp till 2050 med nära 20 procent. Substitutionseffekten av att ersätta fossila bränslen med bioenergi som producerats inom jordbruket innebär att jordbruket kan bidra till att utsläppen av växthusgaser från övriga sektorer minskar; även om en ökad produktion av grödor för energiändamål innebär att utsläppen från jordbruket därmed ökar jämfört med referensscenariot (se avsnitt 4.6). Det bör understrykas att de ingrepp och förändringar som diskuteras kan medföra besvärliga överväganden när åtgärderna ska utformas i detalj, implementeras och administreras (se avsnitt 5).

Förändringar av vad och hur mycket det svenska jordbruket producerar kan leda till stora förändringar av utsläppen (se avsnitt 4.7). Förändrade matvanor kan leda till minskade växthusgasutsläpp, eftersom olika livsmedel har mycket olika klimatpåverkan.

De förändringar av jordbruket som diskuteras till 2050, både i referensscenariot och genom åtgärder, påverkar inte bara utsläppen av växthusgaser utan även karaktären på det odlingslandskap som vi idag känner. Denna karaktär kan komma att förändras i grunden. De miljökvalitetsmål som främst berörs är Ett rikt odlingslandskap och Ett rikt växt- och djurliv (se avsnitt 6). Vi har i arbetet tagit hänsyn till generationsmålet om att miljöpåverkan inte får exporteras till följd av föreslagna åtgärder.

Summary

The Swedish Board of Agriculture has provided material concerning the role of agriculture in a roadmap towards an emissions-neutral Sweden 2050. The material has been delivered to the Swedish Environmental Protection Agency, the Swedish Transport Administration and the Swedish Energy Agency. After delivery the material was further revised by the Swedish Board of Agriculture, the Swedish Environmental Protection Agency and the Swedish National Heritage Board, as part of the project Environmental effects of the CAP.

According to the National Inventory Report of Sweden, 7.9 Mtonnes CO₂-equivalents were emitted from the agricultural sector in 2010. In the agricultural sector, methane and nitrous oxide from enteric fermentation, manure management and agricultural soils, are included. In a reference scenario for 2050 it is assumed that the Swedish agricultural production in 2050 will be the same as today, i.e. the same amount and the same products. Productivity and efficiency are assumed to increase, which implies that the emissions of greenhouse gases will decrease compared to 2010.

There are large uncertainties in the calculated greenhouse gas emissions from agriculture in 2050. If the current trend, were Sweden's contribution to the global food market decreases, is extrapolated, the total emissions from the agricultural sector could be around 5.68 Mtonnes CO₂-equivalents in 2050. If Sweden instead keeps a constant part of the global food market, and the global food consumption increases, the emissions in 2050 could be around 8.80 Mtonnes CO₂-equivalents. Besides uncertainties in the production 2050 there are also uncertainties associated with the emission factors used. If the uncertainties used in the National Inventory Report are used, the range in the annual emissions 2050 is between 2.83 and 11.63 Mtonnes CO₂-equivalents.

However, there are also other emissions of greenhouse gases associated to agriculture than methane and nitrous oxide from production, i.e. emission and uptake of carbon dioxide from land use, greenhouse gas emissions caused by use of energy and from production of imported input goods (mineral nitrogen and fodder). If these emissions are included, the emissions from Swedish agriculture in 2050 could be around 9.49 Mtonnes CO₂-equivalents.

Measures that can be taken by Swedish farmers have been analyzed based on effect, cost effectiveness and possible instruments to achieve the measures. In total, the measures can decrease the emissions of greenhouse gases from Swedish agriculture with 20 percent to 2050. There is also a possible effect of substituting fossil fuels with bioenergy from agriculture. Even if an increased cultivation of crops for energy purposes will increase the emissions from agriculture, the total Swedish greenhouse gas emissions would decrease as the emissions from combustion of fossil fuels are reduced.

Changes in agricultural production can have major effects on greenhouse gas emissions. Changed food consumption can decrease greenhouse gas emissions, as foodstuffs differ in climatic impact.

The changes in Swedish agriculture which are discussed already in the reference scenario as well as caused by the suggested measures, do not only affect green-

house gas emissions but also alter the agricultural landscape. The environmental goals that may be mostly affected are A Varied Agricultural Landscape and A Rich Diversity of Plants and Animals. The Generation Goal has been considered and the measures should not cause increasing environmental and health problems outside Sweden's borders.

Innehåll

1	Bakgrund.....	1
1.1	Uppdrag.....	1
1.2	Avgränsningar.....	2
2	Utsläpp av växthusgaser från dagens jordbruk.....	3
2.1	Rapportering av växthusgasutsläpp från jordbruket.....	3
2.2	Källor och trender för utsläpp av växthusgaser i den nationella klimatrapporteringen.....	4
2.3	Styrmedel som reglerar utsläpp av växthusgaser från dagens jordbruk.....	8
3	Utsläpp av växthusgaser från jordbruket 2050 – referensscenario.....	13
3.1	Vad kommer jordbruket att producera 2050?.....	13
3.2	Beräkning av växthusgasutsläpp.....	16
4	Möjliga åtgärder och styrmedel för att minska växthusgasutsläpp till 2050.....	28
4.1	Effekten av olika styrmedel.....	28
4.2	Åtgärder och styrmedel för att minska utsläpp av metan och lustgas från jordbruk.....	30
4.3	Åtgärder och styrmedel för att minska utsläpp av växthusgaser från direkt energianvändning.....	41
4.4	Åtgärder och styrmedel för att minska utsläpp av koldioxid från markanvändning.....	46
4.5	Åtgärder och styrmedel för att öka bioenergiproduktionen.....	51
4.6	Åtgärder och styrmedel för att minska utsläpp av växthusgaser vid produktion av insatsvaror.....	61
4.7	Åtgärder för att minska livsmedelskonsumtionens klimatpåverkan.....	65
4.8	Sammanlagt effekt av åtgärder.....	68
4.9	Åtgärder och styrmedel för att hantera jordbrukets klimatpåverkan på ett övergripande sätt.....	71
5	Ekonomiska avvägningar.....	78
5.1	Ramar och antaganden.....	78
5.2	Styrmedel för att anpassa konsumtionens klimatpåverkan.....	79
5.3	Styrmedel för att öka jordbrukets produktion av bioenergi.....	82
6	Åtgärdernas inverkan på övriga miljö kvalitetsmål.....	84
6.1	Övergripande genomgång av de svenska miljö kvalitetsmålen.....	84
6.2	Hur ser möjligheterna ut att uppnå miljö kvalitetsmålen Ett rikt odlingslandskap och Ett rikt växt- och djurliv i referensscenariot?.....	84
6.3	Hur påverkar åtgärderna möjligheten att uppnå miljö kvalitetsmålen Ett rikt odlingslandskap och Ett rikt växt- och djurliv?.....	86

7	Alternativ utveckling av utsläpp från jordbruket 2050 med åtgärder	88
7.1	Åtgärds paket för att minska utsläpp av metan och lustgas från jordbruk och utsläpp av växthusgaser från direkt energianvändning	88
7.2	Åtgärds paket för att minska utsläppen av koldioxid från markanvändning	89
7.3	Åtgärds paket för att öka jordbrukets produktion av bioenergi	90
7.4	Åtgärds paket riktade mot konsumtion	91
7.5	Alternativa utsläppsbanor till 2050 med de olika föreslagna åtgärds paketen	92
7.6	Forskning	92
8	Hur kan jordbrukets utsläpp av växthusgaser minskas?	94
8.1	Effektivare produktion	94
8.2	Förändrad produktion	94
8.3	Förändrade systemgränser	96
Bilaga 1		97
	Beräkningar med SASM-modellen	97
Bilaga 2		100
	Utsläpp av metan och lustgas från jordbruket	100
Referenser		110

1 Bakgrund

1.1 Uppdrag

Vid FN:s klimatkonferens i Cancun 2010 åtog sig alla industriländer att ta fram nationella långsiktiga strategier för att åstadkomma låga växthusgasutsläpp samtidigt som utvecklingsländerna också uppmuntrades att ta fram sådana strategier. Europeiska kommissionen presenterade i mars 2011 ett meddelande om en färdplan för EU för ett konkurrenskraftigt och utsläppsnått samhälle 2050 (Europeiska kommissionen, 2011). Målet är att minska unionens utsläpp med 80–95 procent till 2050 jämfört med nivån 1990. Färdplanen beskriver hur utsläppsbanan för växthusgaser kan se ut över tid och hur minskningen bör fördelas mellan olika sektorer för att nå målet på ett kostnadseffektivt sätt. Medlemsstaterna har uppmanats att anta nationella färdplaner.

Med anledning av detta har regeringen gett i uppdrag till Naturvårdsverket att ta fram ett underlag till färdplan mot ett Sverige utan nettoutsläpp av växthusgaser 2050¹. Underlaget till färdplan ska inriktas på att beskriva hur detta kan åstadkommas på ett kostnadseffektivt sätt via sektorsövergripande klimatinsatser och insatser inom olika samhällssektorer och verksamheter.

Naturvårdsverket önskade underlag från Jordbruksverket till färdplansarbetet. Detta skulle innehålla:

- Referensbanor för utsläpp av metan och lustgas från svenskt jordbruk till 2050.
- Åtgärdspotentialer i svenskt jordbruk till 2050, inklusive kostnadsskattningar och styrmedel. Även åtgärder riktade mot minskade koldioxidutsläpp från markanvändning, minskad användning av fossila bränslen samt ökad produktion av bioenergi skulle ingå. De föreslagna åtgärderna skulle inte inverka negativt på möjligheterna att uppnå andra miljö- och samhällsmål.
- En marknads-, aktörs- och hindersanalys.
- Alternativa utsläppsbanor till 2050 förutsatt att åtgärder vidtas. Skillnaden mellan utsläppsbanorna skulle illustrera någon form av strategiskt val när det gäller åtgärder inom sektorn.

Trafikverket arbetade parallellt med att ta fram underlag för bränsleanvändning i arbetsmaskiner och behov av biodrivmedel 2050. Energimyndigheten tog fram underlag rörande energianvändning till färdplansarbetet. Jordbruksverket bidrog med material om jordbruket till dessa två myndigheter.

I föreliggande rapport presenteras det underlag som togs fram av Jordbruksverket till färdplansarbetet. Marknads-, aktörs- och hindersanalysen har dock utlämnats och finns endast med indirekt genom att det beaktats i val av lämpliga styrmedel. Naturvårdsverket har bidragit med texter om svenskt jordbruks utsläpp av växthusgaser från 1990 och fram till nu samt om befintliga styrmedel.

Sedan materialet hade levererats till Naturvårdsverket, Energimyndigheten och

¹ Uppdrag att ge underlag till en svensk färdplan för ett Sverige utan klimatutsläpp 2050. Dnr 2011/2426/K1

Trafikverket i juni fortsatte arbetet med rapporten under hösten. Delar som beskriver effekterna på andra miljömål har lagts till och även information om mer övergripande styrmedel. Ett avsnitt har också lagts till om hur jordbrukets utsläpp skulle kunna minska mer än genom de föreslagana åtgärds paketerna samt ett avsnitt om ekonomiska avvägningar. Höstens arbete har utförts som en del av CAP:s miljöeffekter, och därmed i samråd med Naturvårdsverket och Riksantikvarieämbetet.

Följande har medverkat i arbetet med rapporten:

Karin Hjerpe, Jordbruksverket
Elin Einarson, Jordbruksverket
Camilla Lagerkvist Tolke, Jordbruksverket
Lars M Widell, Jordbruksverket
Arne Karlsson, Jordbruksverket
Torben Söderberg, Jordbruksverket
Reino Abrahamsson, Naturvårdsverket
Ingrid Rydberg, Naturvårdsverket
Alexander Gill, Riksantikvarieämbetet

1.2 Avgränsningar

Enligt regeringens instruktion i uppdraget till Naturvårdsverket² har metoden som används i den nationella klimatrapporeringen (Naturvårdsverket, 2012a) nyttjats för att beräkna utsläppen av växthusgaser från olika källor år 2050. Detta innebär att utsläpp som uppkommer vid produktion i andra länder inte ingår (se avsnitt 2.1).

Antaganden kring import, konsumtion och egenförsörjning är dock centrala för arbetet. Även om beräkningarna av jordbrukets växthusgasutsläpp baseras på det nationella systemet för klimatrapporering måste grundförutsättningen vara att utsläppen inte ska öka i andra länder (utan allra helst minska) som en konsekvens av föreslagna åtgärder, vilket stämmer överens med generationsmålet som ska vara vägledande för allt miljöarbete. Vi har därför valt att också inkludera effekterna av import av insatsvaror och livsmedel, om än på en mer övergripande nivå än utsläppen från svensk jordbruksproduktion.

Åtgärdernas effekt och kostnad år 2050 antas vara densamma som i nuläget, eftersom det är mycket svårt att uppskatta hur teknologi-, produktivets- och relativprisutvecklingen kommer att förändra åtgärdernas effekter och kostnader till 2050.

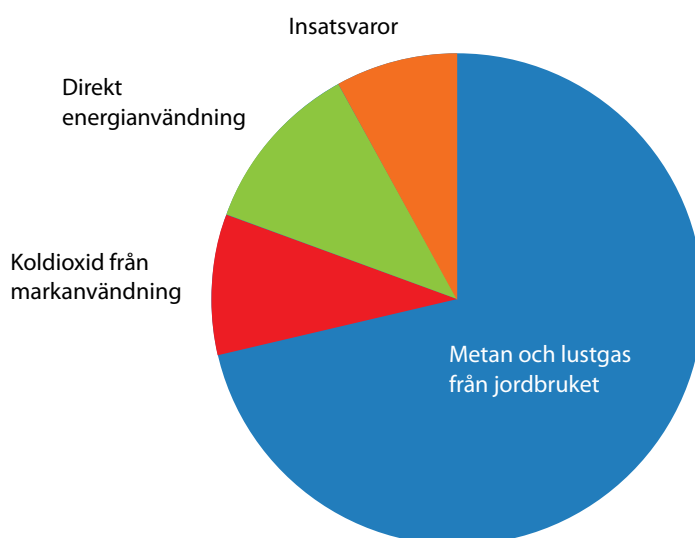
Vi bortser från framtida innovationer som kan medföra att i dagsläget okända åtgärder blir tillgängliga och kan leda till kraftiga utsläppsminskningar eller reducerar kostnaden för att minska klimatpåverkan.

² Se fotnot 1.

2 Utsläpp av växthusgaser från dagens jordbruk

2.1 Rapportering av växthusgasutsläpp från jordbruket

Växthusgasutsläppen från jordbruket kommer främst från djurhållning och växtodling och en stor del av växthusgasutsläppen kommer från biologiska processer (figur 1). Detta gör att utsläppen kan variera mycket – både i tid och i rum – och osäkerheterna i beräkningarna blir därför stora. Det sker också utsläpp och upptag av koldioxid från mark och vegetation genom markanvändning. Även direkt användning av energi (i byggnader och arbetsmaskiner) och produktion av insatsvaror, till exempel mineralgödsel och proteinfoder, orsakar växthusgasutsläpp.



Figur 1. Utsläpp av växthusgaser från jordbruket.

De svenska utsläppen av växthusgaser rapporteras årligen i enlighet med klimatkonventionens riktlinjer, och utsläppen redovisas även till EU-kommissionen. För att utsläppen ska beräknas på samma sätt i olika länder har gemensamma beräkningsmetoder och emissionsfaktorer tagits fram (IPCC, 1996).

I den nationella klimatrapporeringen redovisar varje land sina utsläpp. Detta innebär att utsläpp från produktion av varor som sedan exporteras ingår, medan utsläppen vid produktion av varor som importeras inte ingår i beräkningarna. För jordbrukets del gör detta bland annat att växthusgasutsläppen från produktion av insatsvaror (exempelvis all mineralgödsel) inte ingår i beräkningarna, eftersom huvuddelen av dessa är importerade. Inte heller de växthusgasutsläpp som uppkommer vid produktion av importerade livsmedel ingår i den nationella rapporteringen.

Den nationella klimatrapporeringen är indelad i olika sektorer (Naturvårdsverket,

2012a). I jordbrukssektorn redovisas enbart metan- och lustgasutsläpp från djurhållning och växtodling. Växthusgasutsläpp från den direkta energianvändningen redovisas inom sektorn energi och utsläpp och upptag av koldioxid från mark i sektorn markanvändning (Land Use Land Use Change and Forestry, LULUCF).

I föreliggande rapport har alla dessa växthusgasflöden från jordbruket beskrivits. Strukturen följer den som används i den nationella klimatrapporeringen. Även importerade insatsvaror och livsmedel har tagits upp, dock på en mer övergripande nivå.

I rapporten kommer således följande kategorier av källor och sänkor inom jordbruket att diskuteras:

- I. Metan och lustgas från jordbruk, dvs. utsläpp av metan och lustgas från djurhållning och växtodling (det som ingår i sektorn jordbruk i klimatrapporeringen).
- II. Direkt energianvändning, dvs. utsläpp av växthusgaser från stationär energianvändning (byggnader och stationära arbetsmaskiner) och bränsleanvändning i arbetsmaskiner (mobila).
- III. Koldioxid från markanvändning, dvs. utsläpp eller upptag av koldioxid från mark och biomassa (LULUCF).
- IV. Substitutionseffekten, dvs. den utsläppsminskning som uppstår genom att bioenergi som producerats inom jordbruket ersätter fossila bränslen inom jordbruket och samhället i övrigt.
- V. Växthusgasutsläpp vid produktion av importerade insatsvaror, dvs. de utsläpp av växthusgaser som uppstår i andra länder när insatsvaror som sedan importeras till Sverige produceras.
- VI. Växthusgasutsläpp vid produktion av importerade livsmedel, dvs. de utsläpp av växthusgaser som uppstår i andra länder när livsmedel som sedan importeras till Sverige produceras.

2.2 Källor och trender för utsläpp av växthusgaser i den nationella klimatrapporeringen

2.2.1 Utsläpp av metan och lustgas från jordbruk

Djurhållning ger upphov till metan- och lustgasutsläpp. Metan bildas vid idisslarnas fodermältning. I den nationella klimatrapporeringen beräknades metanavgången från fodermältning till 2,7 Mton CO₂-ekvivalenter år 2010 (Naturvårdsverket, 2012a). Lagring av stallgödsel beräknades ge upphov till 0,8 Mton CO₂-ekvivalenter samma år, varav 60 procent var i form av lustgas. Utsläppen har kontinuerligt minskat i Sverige sedan mitten av 1990-talet. Detta beror främst på att antalet nötkreatur har minskat. Samtidigt har konsumtionen av nötkött ökat. Ökad nettoimport kan därmed sägas ha flyttat utsläppen till andra länder.

Växtodling ger upphov till utsläpp av lustgas, både direkt och indirekt. De direkta utsläppen uppstår genom att en del av det kväve som tillförs marken – genom spridning av växtnäring³ samt från odling av kvävefixerande grödor – omvandlas till lustgas. Även odling av organogen mark ger upphov till utsläpp av lustgas. De

³ Mineralgödsel, stallgödsel och växtrester

indirekta utsläppen kommer av att en del av det tillförda kvävet avgår från marken till luft eller vatten och hamnar någon annanstans där det kan omvandlas till lustgas. Det finns också ett bakgrundsläckage från jordbruksmark på mineraljord.

Sammanlagt beräknades utsläppen av lustgas från jordbruksmark år 2010 uppgå till 4,4 Mton CO₂-ekvivalenter (Naturvårdsverket, 2012a). Den direkta avgången från marken skattades till 2,9 Mton CO₂-ekvivalenter och den indirekta (inklusive bakgrundsläckage från jordbruksmark) till 1,5 Mton CO₂-ekvivalenter (Naturvårdsverket, 2012a). Utsläppen har minskat från 1990 till mitten av 2000-talet på grund av minskad användning av kvävegödsel. Den minskade användningen beror bland annat på ökad effektivitet i kväveanvändningen, rådgivning och handlingsprogram för att minska kväveläckage till sjöar och kustnära vatten. Övergången från fastgödsel till flytgödsel har minskat lustgasemissioner men samtidigt lett till ökad metanavgång. De senaste fem åren har utsläppsminskningen stannat av. Högre livsmedelspriser i världen och borttagande av skatten på mineralgödsel (se avsnitt 2.3.1.4) kan vara bidragande orsaker.

2.2.2 Utsläpp av växthusgaser från direkt energianvändning

Energianvändning inom jordbruket sker både direkt i form av användning av diesel, eldningsolja, flis m.m., och indirekt i form av energi som behövs för att producera insatsvaror, främst foder och mineralgödsel (Baky m.fl., 2010). Den indirekta energianvändningen ingår inte i den nationella klimatrapporteringen och i föreliggande rapport utgör den en del av växthusgasutsläppen vid tillverkning av importerade insatsvaror (se avsnitt 3.2.3).⁴ År 2007 uppgick den direkta energianvändningen i jordbruket till drygt 7 000 GWh (muntlig uppgift Lars Nilsson, Energimyndigheten)⁵.

2.2.2.1 Stationär energianvändning

Växthusgasutsläppen från stationär bränsleanvändning har i den nationella klimatrapporteringen skattats till 0,4 Mton CO₂-ekvivalenter år 2010, varav växthusen stod för ca 40 procent (Naturvårdsverket 2012a). Inom växtodlingen används fossila bränslen till uppvärmning av växthus och till spannmålstorkar med varmluft. I djurhållningen används fossila bränslen till uppvärmning av byggnader samt stationära arbetsmaskiner. Även om växthusen fortfarande står för en stor andel av de totala utsläppen har användningen av fossila bränslen i växthusodling minskat

4 Den totala indirekta energiåtgången inom jordbruket har skattats till 3 600 GWh för år 2007 (Baky m.fl., 2010). Statistiska Centralbyrån har ingen statistik på detta. Runt 60 procent av energiförbrukningen uppstår vid produktion av mineralgödsel och runt 30 procent vid produktion av djurfoder (Baky m.fl., 2010).

5 En kartläggning har gjorts av hur energin används i jordbruket (Energimyndigheten, 2010a). I denna uppgick värdet på den årliga totala energianvändningen till 4 500 GWh vilket är lägre än vad som redovisas i de svenska energibalanserna (Energimyndigheten och Statistiska Centralbyrån, 2008). Skillnaden beror på att avgränsningarna för de båda studierna skiljer sig åt, samt att uppgifterna framtagna i energikartläggningen är modelluppskattningar utifrån nyckeltal medan energibalanserna baseras på enkätundersökningar. Den största differensen i energianvändning ligger i träbränsle och eldningsolja för uppvärmning. En rimlig bedömning är att energibalanserna över-skattar denna användning något eftersom många gårdar bara har en mätare, vilket innebär att det inte går att skilja på verksamhet och bostadshus. I energikartläggningen underskattas sannolikt samtliga bränslen på grund av att endast jordbrukets så kallade kärnverksamheter, som växtodling, djurhållning och trädgårdsodling, ingår och inte får, getter, häst, energigrödor m.m. (Energimyndigheten, 2010a). I föreliggande arbete används uppgifterna från energibalanserna för vidare beräkningar.

genom att odling i uppvärmda växthus har avtagit och även att viss ersättning med biobränslen har skett under 2000-talet (Christensen och Larsson, 2010). Oljeförbrukningen för spannmålstorkning varierar mycket mellan åren beroende på nederbördsförhållanden i samband med skörd (Törner och Norup, 2009). Energi-statistiken är inte så detaljerad att den årligen följer upp stationär bränsleanvändningen specifikt för jordbruket och den nationella klimatrapporteringen redovisar ingen märkbar trend för utsläppen (Naturvårdsverket, 2012a).

2.2.2.2 Bränsleanvändning i arbetsmaskiner

Vid traktorkörning i samband med odling och skörd samt i olika skördemaskiner förbrukas främst diesel. De stickprovsutredningar som gjorts indikerar att dieselanvändningen i arbetsmaskiner minskat något sedan början 1990-talet, främst som ett resultat av minskad jordbruksproduktion (Energimyndigheten och Statistiska Centralbyrån, 2008).

Metodiken för att skatta bränsleanvändningen och växthusgasutsläppen från arbetsmaskiner i den nationella klimatrapporteringen reviderades 2009 (Fridell, 2008). Den totala förbrukningen av diesel i arbetsmaskiner delas upp mellan olika sektorer baserat på hur fördelningen var runt år 2000 (Flodström m.fl., 2004). Jordbrukets arbetsmaskiner antas då stå för drygt 20 procent av de totala växthusgasutsläppen från bränsleförbrukning i arbetsmaskiner. Enligt den nationella klimatrapporteringen var utsläppen av växthusgaser från jordbrukets arbetsmaskiner år 2010 runt 0,82 Mton CO₂-ekvivalenter, och har ökat med 20 procent sedan år 1990 (Naturvårdsverket, 2012a), men detta speglar alltså endast den totala trenden för arbetsmaskiner och inte situationen inom jordbruket specifikt.

2.2.3 Utsläpp och upptag av koldioxid från markanvändning

Organogena jordar innehåller relativt mycket kol och avger koldioxid. Mineraljordar kan vara både källor och sänkor för koldioxid. Flödena är små i förhållande till det totala förrådet i marken (jämför Lundblad m.fl., 2009 och Andréén m.fl., 2008), men de är viktiga ur ett klimatperspektiv.

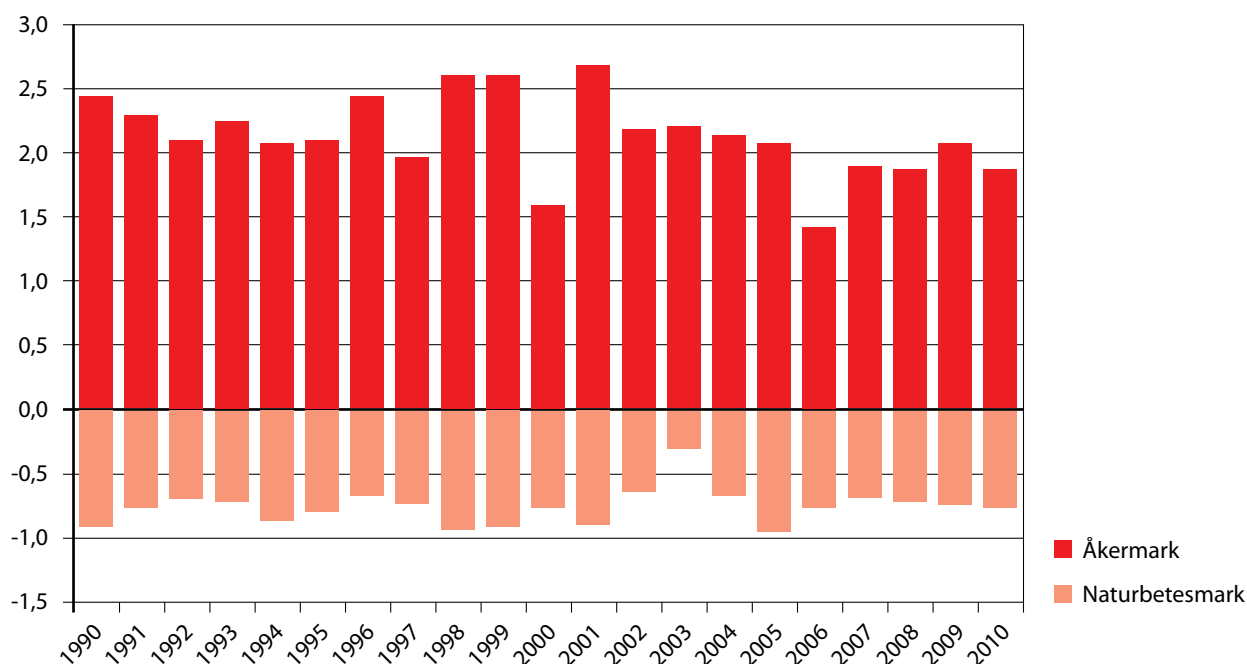
Det totala kollagret i träd på jordbruksmark kan öka eller minska mellan åren beroende på om tillväxten överstiger uttaget eller tvärt om.

I den nationella klimatrapporteringen redovisas flödena av växthusgaser till och från jordbruksmark i form av tre olika delflöden: kolförändringar i poolen levande biomassa, död biomassa och mark (Naturvårdsverket, 2012a). Redovisning görs separat för åkermark och gräsmark, där gräsmark motsvarar naturbetesmark.

År 2010 skattades den totala nettoavgången av koldioxid från jordbruksmark, inklusive de organogena jordarna men exklusive naturbetesmark, till 1,8 Mton CO₂. Sedan 1990 har den beräknade koldioxidavgången från jordbruksmark varierat mellan 1,4 och 2,7 Mton CO₂ per år. Variationen beror i stor utsträckning på att det är svårt att mäta små skillnader i stora förråd och inte på faktiska förändringar. Avgången för de senaste fem åren har varit lägre (under 2,0 Mton CO₂ per år) jämfört med 1990-talet (figur 1). Minskningen beror på att den totala arealen jordbruksmark minskar.

Svenska naturbetesmarker är en nettosänka för koldioxid och beräknas binda 0,6–0,9 Mton CO₂ per år (figur 2).

Mton CO₂-ekv

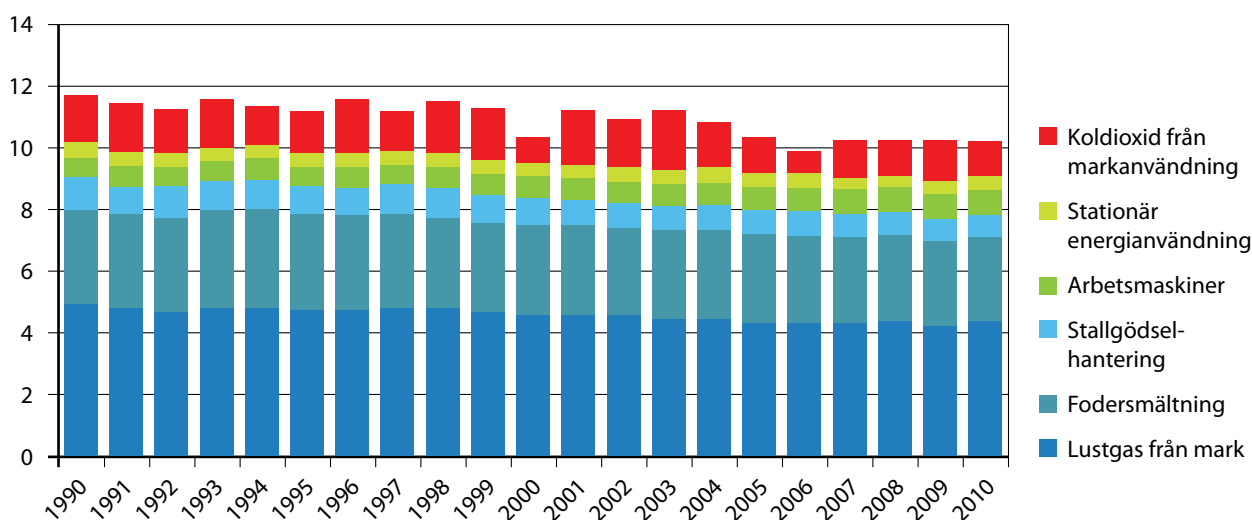


Figur 2. Utsläpp och upptag av koldioxid från jordbruksmark (inklusive organogen mark).

2.2.4 Sammanfattning utsläpp av växthusgaser i Sverige från jordbruket

De utsläpp som ingår i den svenska klimatrappporteringen och kopplar till jordbruket, alltså metan och lustgas från jordbruk (sektorn jordbruk i klimatrappporteringen), direkt energianvändning och koldioxid från markanvändning, skattades år 2010 till drygt 10 Mton CO₂-ekvivalenter (Naturvårdsverket, 2012a). Lustgasutsläpp från mark vid odling tillsammans med metanutsläpp från djurens fodermältning och koldioxidavgång från organogen åkermark är de största utsläpsskällorna (figur 3). Trenden över tid är att utsläppen minskar.

Mton CO₂-ekv



Figur 3. Årliga utsläpp av växthusgaser i Sverige från jordbruk. Stationär bränsleanvändning innebär uppvärmning av växthus och byggnader för djurhållning samt torkning av spannmål.

2.3 Styrmedel som reglerar utsläpp av växthusgaser från dagens jordbruk

Miljöpolitiken baseras vanligen på tre olika typer av styrmedel. Dessa är reglerande, ekonomiska och kommunikativa styrmedel. Det förstnämnda styrmedlet är ofta administrativt till sin karaktär, vilket innebär att de reglerar individers eller företags agerande genom lagar och bestämmelser. Ekonomiska styrmedel som skatter och subventioner är ofta mer indirekt reglerande, genom att de är incitamentsbaserade. Till de kommunikativa styrmedlen räknas vanligen information, rådgivning, undervisning eller förhandling.

2.3.1 Styrmedel som påverkar utsläpp av metan och lustgas från jordbruket

2.3.1.1 CAP för perioden 2007–2013

EU:s gemensamma jordbrukspolitik (CAP) har betydelse för jordbrukets omfattning, inriktning och lönsamhet i Sverige. År 2003 reformerades CAP så att jordbruksstöden till stor del frikopplades från produktionen. De delar i CAP som på ett riktat sätt kan påverka jordbrukets utsläpp och upptag av växthusgaser är främst landsbygdsprogrammet.

Det nuvarande landsbygdsprogrammet gäller från 2007 till och med 2013. Det övergripande målet med programmet är en hållbar utveckling, såväl ekonomiskt som ekologiskt och socialt (Regeringskansliet, 2010). De olika delarna av programmet är inriktade på stöd för utveckling av landsbygden, ersättningar för miljöåtgärder och stöd för ökad konkurrenskraft inom jordbruk, skogsbruk, trädgård, rennäring och livsmedelsförädling. Åtgärderna i programmet finansieras gemensamt av Sverige och EU.

Från 2010 fördes ytterligare medel över till landsbygdsprogrammet och av dessa ska cirka 500 miljoner kronor gå till företags- och projektstöd för klimat och förnybar energi. Stöden kan exempelvis användas för att ställa om till förnybar energi, energieffektivisera eller producera förnybar energi. Denna extra satsning uppskattas kunna minska utsläppen av växthusgaser med totalt 0,5 Mton CO₂-ekvivalenter för perioden 2010–2013 (Jordbruksverket, 2010a), alltså med i genomsnitt nära 0,13 Mton CO₂-ekvivalenter per år.

Information och rådgivning samt miljöersättningar (miljöskyddsåtgärder, minskat kväveläckage, skyddszoner och skötsel av våtmarker) ges till åtgärder som syftar till att minska kväveläckaget till vatten från användning av mineral- och stallgödsel. Den minskning av kväveläckage som dessa åtgärder ger upphov till minskar också lustgasavgången från marken, eftersom denna i stor utsträckning påverkas av mängden tillgängligt kväve.

Omhändertagande av stallgödsel för rötning till biogas minskar utsläppen av metan från stallgödselhantering (se avsnitt 4.2.2.1) och producerad biogas kan användas för att ersätta fossila bränslen (se avsnitt 4.5.1.1). Lantbrukare och andra företagare på landsbygden kan få stöd för investeringar kopplade till produktion eller förädling av biogas. Upp till 30 procent av investeringskostnaden kan ersättas (i vissa fall upp till 50 procent i norra Sverige).

Stöd från landsbygdsprogrammet ges även till etablering av fleråriga energigrödor på åkermark. Stödet gäller odling av salix, poppel och hybridasp och upp till 40 procent av kostnaderna kan ersättas, dock maximalt 5 000 kronor per hektar. För rörflen, och andra energigräs, anses etableringen inte medföra några extrakostnader som motiverar ett stöd. Däremot är rörflen ett vallgräs, varför rörflensodling kan berättiga till miljöersättning för vallodling. En ökad odling av energigrödor inom jordbruket (från 2,5 till 4,5 TWh), och effekten av att ersätta fossila bränslen, har skattats kunna minska samhällets utsläpp av växthusgaser med 1,5 Mton CO₂-ekvivalenter per år (Jordbruksverket, 2010a).

Förutom de stöd som finns inom landsbygdsprogrammet, och som länsstyrelserna eller Jordbruksverket förvaltar, har Energimyndigheten ett stöd för energikartläggning som kan sökas av lantbruksföretag som använder minst 500 MWh energi per år.

2.3.1.2 Förslag till CAP för perioden 2014–2020

I kommissionens förslag till gemensam jordbrukspolitik för 2014–2020 ingår, som ett av tre mål för direktstöden, att skapa förutsättningar för hållbar förvaltning av naturresurser och klimatåtgärder. Det som sannolikt får störst genomslag för detta mål är att 30 procent av utbetalt belopp av direktstöden måste vara knutna till olika miljöanpassningar (så kallad förgröning).

Det finns tre föreslagna förgröningsåtgärder. Den första förgröningsåtgärden rör diversifiering av grödor och har troligen liten effekt på så väl jordbrukets lönsamhet som på utsläppen av växthusgaser i Sverige. Den andra förgröningsåtgärden rör permanent gräsmark och har potential att öka kolinlagring i mark. Ur lönsamhetssynpunkt är åtgärden negativ eftersom de permanenta gräsmarkerna inte kan användas i växtföljden. Åtgärden kan dessutom leda till att fler gräsmarker initialt övergår i öppet bruk, eftersom det finns incitament för lantbrukare att behålla möjligheten att bruka gräsmarken. Den tredje förgröningsåtgärden handlar om områden med ekologiskt fokus och är den åtgärd som kan ge störst effekt eftersom fem till sju procent av jordbruksmarken föreslås avsättas för miljöinsatser. Hur stor effekten blir beror av vilka detaljregler som slutligen beslutas, till exempel om odling av energigrödor tillåts på arealen. Beroende på tillämpning innebär åtgärden att jordbruket inom EU skulle kunna förlora konkurrenskraft och de länder eller områden med stor andel bördig mark är rimligen de som tappar mest i lönsamhet (till exempel slättjordbruk i Frankrike, Holland, vissa tyska delstater och i Skåne). Kommissionens förslag ska behandlas i Europaparlamentet och Europeiska rådet till sommaren 2013.

Inom det nya landsbygdsprogrammet för 2014–2020 prioriteras mål om att uppnå hållbar förvaltning av naturresurser och klimatinsatser genom åtgärder för att främja ett resurseffektivt, koldioxidsnålt och klimattåligt jordbruk. Medlemsstaterna bedöms ha relativt stora möjligheter att anpassa åtgärder som är effektiva på lokal, regional och global nivå. Budgeten är initialt likvärdig med den för perioden 2007–2013, men i den kommande programperioden kommer klimatinsatser att prioriteras högre. Omprioriteringen ökar förutsättningarna för att minska utsläppen av växthusgaser, öka odlingen av energigrödor och öka kolinbindningen. Den slutliga miljöeffekten beror på vilka åtgärder medlemsländerna väljer att införa och vilken den slutliga budgeten blir. Ett beslut om innehållet i ländernas olika landsbygdsprogram väntas tidigast sommaren 2013.

2.3.1.3 Nitratdirektivet

EU har ett gemensamt nitratdirektiv⁶ sedan 1991 som syftar till att minska nitratutsläppen från jordbruket till yt- och grundvatten. Åtgärder har genomförts med lagstiftning, miljöersättningar, mineralgödselskatt, rådgivning och information samt stöd för utvecklingsverksamhet. Sedan 1985 och fram till mitten av 2000-talet beräknas kväveutsläppen ha minskat radikalt, och de väntas fortsätta minska (Jordbruksverket, 2010a). Orsaken till minskningarna anges vara minskad åkerareal, ökad kväveeffektivitet vid odling och miljöersättningen för odling av fånggröda och bearbetning av marken på våren i stället för på hösten. En mindre del förklaras också av ökad vårspridning av stallgödsel och en förändring av vilka grödor som odlas. Nitratdirektivet har även från och med 2010 medfört nya regler för spridning av stallgödsel höst- och vintertid samt om utökad skyddszon till vattendrag i känsliga områden.

Redan innan Sverige gick med i EU vidtogs dock åtgärder för att minska kväveläckage från jordbruksmark. 1988 antogs ett handlingsprogram med syfte att halvera kväveläckaget från svenskt jordbruk till år 2000. En uppföljning visade att kväveläckaget från jordbruket hade minskat med 25 procent till 1995, det år Sverige gick med i EU.

2.3.1.4 Skatt på mineralgödsel

År 2010 togs skatterna på mineralgödsel bort. De hade gällt sedan 1995 och uppgick till 1,80 kronor per kilo kväve och 30 kronor per gram kadmium om halten översteg 5 gram kadmium per ton fosfor. Före gödselskatten hade en miljöavgift på mineralgödsel funnits sedan 1984. Skattens andel motsvarade cirka 20 procent av priset på mineralgödsel. Syftet med kväveskatten var att minska utsläppen av kväve (och med kadmiumskatten att minska ackumulering av kadmium i åkermark) och kväveskatten har beräknats innebära en minskad kväveutlakning i rotzonen med 1 500 ton per år (Regeringen, 2003). Pengarna från skatten återfördes till jordbruket, bland annat till informations-, utbildnings-, rådgivnings- och utvecklingsinsatser med syfte att främja hållbara produktionsmetoder. Skatten slopades för att öka det svenska jordbrukets konkurrenskraft och borttagandet beräknas ha inneburit cirka 320 miljoner kronor per år i kostnadsbesparing för jordbruket (Stadskontoret, 2011).

Kvävegödselskatten var ett styrmedel som sänkte nivån för ekonomiskt optimal kvävegiva till grödor. Utifrån spannmålspriserna i slutet av år 2009 beräknades den optimala kvävegivan öka med cirka 10 kg per hektar när handelsgödselskatten togs bort, vilket bedömdes öka utsläppet till vattenområden med 900 ton kväve per år (Jordbruksverket, 2009a). Om vi antar att kvävegivan till all mark där spannmål odlas⁷ skulle öka med i genomsnitt 10 kg per hektar skulle den totala mängden mineralgödsel som används öka med knappt 10 000 ton. De direkta lustgasutsläppen från jordbruksmark kopplade till den ökade mineralgödseltillförsel, tillsammans med de indirekta från läckage till luft och vatten samt koldioxid- och lustgasutsläpp vid tillverkning (beräknat med de metoder som används i den nationella klimatrapporteringen, se bilaga 2), beräknas uppgå till i storleksordningen 0,07 Mton CO₂-ekvivalenter per år.

⁶ Direktiv 91/676/EG

⁷ Nära 1 miljon hektar år 2011 enligt Jordbruksverkets statistik (www.jordbruksverket.se)

Den totala användningen av mineralgödsel minskade fram till 2005/2006, främst beroende på minskad spannmålsodling (Miljödepartementet, 2009). Därefter har användningen mellan åren varierat kraftigt med prisvariationer på livsmedel och mineralgödsel (tabell 1). Med stigande spannmålspriser 2007 blev det mer lönsamt att odla och därmed öka mineralgödselanvändningen.

Tabell 1. Försäljning av mineralgödsel uttryckt som kväveinnehåll i tusen ton.

	1999/00	2000/01	2004/05	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10
Kväve	180	176	162	160	167	187	142	168

Källa: Jordbruksverket, 2011b

2.3.1.5 Baltic Sea Action Plan

Miljöministrarna i länderna kring Östersjön och EU-kommissionen beslutade 2007 om ett gemensamt åtgärdsprogram för att nå god miljöstatus år 2021 i Östersjön, Öresund och Kattegatt (Baltic Sea Action Plan förkortat BSAP). Bland annat ingår i programmet åtgärder mot övergödning. Sverige ska minska sina årliga kväveutsläpp med 21 000 ton till Egentliga Östersjön, Öresund och Kattegatt till år 2021 jämfört med genomsnittet för perioden 1997 till 2003. För att nå målet måste kvävebelastningen minska med ytterligare 16 700 ton, sedan minskningar genomförda mellan 2000 och 2006 har räknats bort. Detta beräknas motsvara en minskning på runt 0,20 Mton CO₂-ekivalenter per år i form av indirekta lustgasutsläpp (enligt den beräkningsmetod som används i den nationella klimatrapporteringen, se bilaga 2). För att nå detta mål har ett antal åtgärder föreslagits där de som är kopplade till jordbruket och kommunala avloppsreningsverk har störst betydelse. Åtgärderna som är aktuella inom jordbruket är i stort desamma som genomförs till följd av nitratdirektivet (se avsnitt 2.3.1.3). Dessutom är övriga åtgärder inom landsbygdsprogrammet för att minska växtnäringsläckaget aktuella (se avsnitt 2.3.1.1), men omfattningen av genomförandet behöver öka. Huruvida ytterligare styrmedel behöver införas är ännu inte bestämt.

2.3.2 Styrmedel som påverkar direkt energianvändning

2.3.2.1 Stationär energianvändning

Koldioxidskatten på fossila bränslen är 105 öre per kg CO₂. För jordbruket, liksom för annan tillverkningsindustri, är skatten nedsatt jämfört med de generella skattenivåerna som gäller för bland annat hushåll. År 2009 beslutade riksdagen att reduktionen för jordbruket skulle minskas. Första steget genomfördes år 2011 då reduktionen sänktes från 79 till 70 procent. Ett andra steg genomförs 2015 då reduktionen sänks till 40 procent av den fulla koldioxidskatten.

Energiskatten för fossila bränslen (biobränslen är befriade från energiskatt) för uppvärmning och stationära motorer baseras på bränslets energiinnehåll och nivån skiljer sig åt för olika användarsektorer. För jordbruket uppgår energiskatten till 2,4 öre per kWh, vilket innebär en skattereduktion med 70 procent jämfört med full energiskatt. Före 2011 var bränslen som användes för uppvärmning i jordbruket befriade från energiskatt.

Jordbruket har haft en särskild reduktion av koldioxidskatten på uppvärmnings-

bränslen. Denna innebar att om koldioxidskatten (sedan den dåvarande skattereduktionen på 79 procent dragits bort) översteg 0,8 procent av försäljningsvärdet för samtliga tillverkade produkter, sänktes skatten på den överskjutande delen till 24 procent av den skatt som annars skulle ha betalats. Denna skattelättnad ändrades år 2011 till att gälla om skatten överstiger 1,2 procent av försäljningsvärdet (samtidigt som skattereduktionen sänktes från 79 till 70 procent). Koldioxidskattereduktionen kopplad till försäljningsvärde kommer att tas bort helt 2015.

Koldioxid- och energiskattehöjningarna för stationär bränsleanvändning fram till 2015 sker också för andra areella näringar samt den tillverkningsindustri som befinner sig utanför systemet för handel med utsläppsrätter. Effekten av skatteförändringarna beräknas bli en sänkning av växthusgasutsläppen från industrin och de areella näringarna med totalt 0,5 Mton CO₂-ekvivalenter per år (Regeringen, 2009a).

2.3.2.2 Bränsleanvändning i arbetsmaskiner

Koldioxidskatten för bensin är idag 2,44 kronor per liter och för diesel 3,02 kronor per liter, vilket motsvarar ungefär 105 öre per kg CO₂. Energiskatten för bensin är 3,06 kronor per liter (34 öre per kWh) och för diesel 1,52 kronor per liter (15 öre per kWh). Energiskatten på diesel höjdes med 0,20 kronor per liter 1 januari 2011 och kommer 2015 att höjas med ytterligare 0,20 kronor per liter.

Koldioxidskatten på diesel som används till jordbrukets arbetsmaskiner är reducerad. Från att ha legat på 79 procent, sänktes reduktionen till 70 procent år 2011. Från 2013 kommer den att ligga på 55 procent och från 2015 på 30 procent. Minskningen av skattereduktionen beräknas ge en marginell minskning av utsläppen av växthusgaser (Regeringen, 2009a).

2.3.3 Sammanfattning styrmedel

Jordbrukets direkta energianvändning omfattas av energi- och koldioxidskatter. Legala och ekonomiska styrmedel som riktas mot jordbrukets utsläpp av metan och lustgas är kopplade till effektivare användning av exempelvis stallgödsel, tidpunkter för vallbrott och skyddszoner. Styrmedel saknas för närvarande för upptag och avgång av koldioxid från markanvändning. Europeiska kommissionens förslag till ny gemensam jordbrukspolitik för perioden 2014–2020 har ett ökat fokus på att minska växthusgasutsläppen från jordbruket.

3 Utsläpp av växthusgaser från jordbruket 2050 – referensscenario

3.1 Vad kommer jordbruket att producera 2050?

3.1.1 Olika metoder för att diskutera framtida utveckling

Det är omöjligt att veta hur svenskt jordbruk kommer att se ut år 2050. Vad som kommer att produceras – och hur mycket – beror i stor utsträckning på vilka ekonomiska incitament som finns för jordbruket. Dessa i sin tur styrs av flera olika faktorer. Bilden kompliceras ytterligare av att livsmedelsmarknaden är global.

Inom ramen för forskningsprogrammet Framtidens lantbruk har fem framtids-scenarier för 2050 tagits fram för att belysa hur förutsättningarna för lantbruk och markanvändning kan komma att utvecklas och förändras. Scenarierna kallas En överutnyttjad värld, En värld i balans, Ändrad maktbalans i världen, Världen vaknar upp och En fragmenterad värld (Öborn m.fl., 2011). På 90-talet arbetade Naturvårdsverket med en framtidsstudie med syfte att finna vägar till ett miljöanpassat och uthålligt svenskt jordbruk år 2021 (Naturvårdsverket, 2007). Fyra typgårdar diskuterades utifrån önskvärd utveckling. En uppdatering av rapporten genomförs under 2012 (muntlig uppgift Karl-Ivar Kumm, SLU). Genom arbete med scenarier kan olika mer eller mindre extrema framtider, och effekterna av olika utvecklingsvägar, belysas.

En annan metod som kan användas för att diskutera framtiden är modellberäkningar. Jordbruksverket hade, innan Naturvårdsverkets önskemål om underlag till färdplansarbetet inkom, beviljats medel från Miljömålsrådet för ett projekt med syfte att identifiera de största osäkerheterna i prognoser rörande jordbrukssektorns utveckling och rapporteringar för jordbrukssektorn (Jonasson, 2011). I projektet testades olika scenarier med en ekonomisk modell för jordbruket – Swedish Agricultural Sector Model (SASM). Det är en jämviktsmodell baserad på bidragskalkyler och driftlönsamhet. Scenarierna hade 2020 som slutår för beräkningarna men i ett av scenarierna drogs trenderna ut till 2050. Detta scenario har använts som referensscenario i det föreliggande arbetet.

Problemet med att använda sig av modeller är att resultaten av beräkningarna aldrig blir bättre än de parametrar som stoppas in. Det uppkommer naturligtvis stora osäkerheter rörande efterfrågan på olika jordbruksprodukter och hur lönsam produktionen kommer att vara för lantbrukarna år 2050. Ett grundantagande i de modellberäkningar som används i föreliggande rapport var att produktionen år 2050 skulle vara densamma som idag, både med avseende på vad och hur mycket som produceras. Prisutvecklingen för jordbruksprodukter bygger på OECD:s trend för perioden 2010 till 2020 som har förlängts till 2050 vilket innebär en stark negativ trend. Tillsammans med de ökade priserna som antagits för vissa insatsvaror som arbete, energi och gödselmedel, medför det höga krav på produktiviteten för att modellberäkningarna ska resultera i att samma mängd produkter produceras 2050 som idag. Scenariot innehåller därmed många tveksamheter men kan ändå ge en bild av en möjlig utveckling.

Det är dock viktigt att ha i åtanke att detta är ett scenario för 2050 och att utvecklingen kan bli helt annorlunda. Jordbruksverket har inte bedömt att detta scenario

är troligare än något annat. Konsulten som utfört beräkningarna ansvarar för modellresultaten.

Den pågående trenden är att Sverige minskar sin andel av världsmarknaden och det är möjligt att denna trend även kommer att fortsätta framöver. Samtidigt innebär en ökande folkmängd tillsammans med en oförändrad, eller till och med minskande, areal jordbruksmark, att betalningsviljan för livsmedel ökar vilket istället kan leda till att den svenska produktionen ökar. För modellberäkningarna till 2020 användes i Miljömålsrådsprojektet olika scenarier. Tre av dessa har använts i föreliggande arbete för att skatta effekterna av alternativ utveckling av svenskt jordbruk:

- Scenario produktion: Produktionen år 2020 är den samma som idag (dvs. samma antagande som i referensscenariot till 2050).
- Scenario trend: Den pågående trenden, i vilken Sveriges bidrag till världsmarknaden minskar, skrivits fram till 2020.
- Scenario andel: Sveriges andel av världsmarknaden har antagits vara densamma 2020 som idag. Eftersom världskonsumtionen ökar innebär det också en ökad produktion.

Den årliga förändringen mellan 2010 och 2020 i scenarierna trend och andel har skrivits fram till 2050. Således fås en spridning av den möjliga utvecklingen av svenskt jordbruk i referensscenariot till 2050. Dock tas ingen hänsyn till att andra grödor kan finnas på marknaden eller att andra odlingssystem kan bli intressanta. Ett förändrat klimat kommer att innebära att förutsättningarna för jordbruk i Sverige, EU och världen i stort förändras. Vetenskapliga bedömningar visar en kraftig nord-sydlig gradient i hur jordbruket påverkas. Således är det rimligt att konkurrensfördelar idag kan minska eller helt försvinna och vice versa. Inte heller detta har vi tagit någon hänsyn till i vårt arbete.

3.1.2 Resultat från modellberäkning

I bilaga 1 finns en beskrivning av några av de antaganden som gjorts i modellberäkningarna. Mer utförlig information om SASM finns i Jonasson (2011).

När bakomliggande trender skrivs fram ända till 2050 blir osäkerheterna mycket stora. Antagandet om oförändrad produktion kräver och leder till stora skillnader i avkastningsökning.

Trots stora osäkerheter ger scenariot möjligheter till reflektion:

- Enligt modellberäkningarna räcker en tredjedel av antalet yrkesverksamma för att producera lika mycket livsmedel som idag.
- Det skulle räcka med 1,8 miljoner hektar åker (25 procent mindre än idag) för att producera lika mycket jordbruksprodukter som idag.
- Insatsen av mineralgödselkväve skulle kunna halveras.
- Jordbruket i norra Sverige och i södra Sveriges skogsbygder skulle i princip vara helt inriktad på nötkött och får, dessa produktionsgrenar görs lönsamma genom LFA⁸-stöd och miljöersättning för att hålla landskapet öppet och för att bevara biologisk mångfald.
- Djuren skulle endast räcka till att hålla 340 000 hektar naturbetesmark i hävd.

⁸ Less-favoured area

Modellberäknade resultat för arealer och djurantal finns i tabell 2 tillsammans med data från den nationella klimatrapporteringen för år 1990 och 2010 (Naturvårdsverket, 2012a). Arealen potatisodling uppgår 2050 till 34 100 hektar och arealen som odlas med sockerbetor till 35 600 hektar. Mängden kväve som behövs enligt modellberäkningen uppgår till 125 000 ton. Av detta är 82 000 ton mineralgödselkväve som behövs utöver det organiskt bundna kvävet.

Tabell 2. Resultat av modellberäkning med SASM till 2050 och motsvarande siffror för 1990 och 2010 från den nationella klimatrapporteringen. Resultat för arealer i hektar och för djur i antal, i båda fall i absoluta 1 000-tal.

	1990	2010	2050
Vall	969	1 139	922
Höstsäd	394	374	283
Vårsäd	942	589	365
Oljevaxter	168	110	85
Träda/energi-/industrigrödor			910
Övriga grödor	107	111	103
Summa	3 101	2 718	2 669
Naturbetesmark			343
Mjölkkö	576	348	306
Diko			271
Rekr. kviga <1år			156
Rekr. kviga >1år			165
Slaktkviga <1år			82
Slaktkviga >1år			89
Tjur < 1 år			238
Tjur > 1 år			119
Summa kalvar	524	348	306
Summa övriga nötdjur	618	710	644
Suggor	221	154	123
Slaktsvin	1 276	937	879

3.1.3 Känslighetsanalys

Markanvändning och antalet djur 2020 modellberäknades utifrån tre olika scenarier: produktion, andel och trend (se avsnitt 3.1.1).

För att uppnå antagna produktionsnivåer vid framskrivna priser har produktiviteten finjusterats. Eftersom produktionen i scenariot produktion för 2020 antas vara densamma som i referensscenariot för 2050 trots att priserna antas förändras innebär det att produktivitetsantagandena är olika för 2020 och 2050. Bland annat har avkastningsökningarna inom animalieproduktionen (till exempel mjölkavkastning per ko) antagits bli lägre i 2050-scenariet än i 2020-scenariet, vilket innebär en lägre minskningstakt i antalet mjölkkor när produktionen är oförändrad (den årliga avkastningsökningen är drygt 1 procent i 2020-scenariot och 0,4 procent i 2050-scenariet). Detta medför att modellberäkningarna för 2020 och 2050 egentligen inte är jämförbara utan baseras på olika antaganden.

De beräknade arealerna med olika grödor och antalet produktionsdjur återfinns i

tabell 3. I alla scenarier uppgår arealen som odlas med potatis till 39 400 hektar. Arealen med sockerbeter är 40 500 hektar i scenariot produktion, 37 300 hektar i scenariot trend och 57 900 hektar i scenariot andel.

Mängden använt kväve skattas till 156 000 ton i scenariot trend, 188 000 ton i scenariot andel och 164 000 ton i scenariot produktion. Andelen mineralgödselkväve ligger mellan 66 och 68 procent av den totalt använda kvävemängden.

Tabell 3. Resultat från SASM till 2020 med tre olika scenarier; bibehållen produktion, bibehållen andel av världsmarknaden och framskriven trend med minskande andel av världsmarknaden. Resultat för arealer i hektar och för djur i antal, i båda fall i absoluta 1 000-tal.

	Produktion	Andel	Trend
Vall	771	959	709
Höstsäd	419	410	406
Vårsäd	594	609	484
Oljeväxter	113	141	157
Träda/energi/ind.	657	418	799
Övriga grödor	115	132	112
Summa	2 669	2 669	2 669
Naturbetesmark	406	418	402
Mjölkkko	311	398	308
Diko	261	245	266
Rekr. kviga <1år	156	182	156
Rekr. kviga >1år	164	193	164
Slaktkviga <1år	80	84	82
Slaktkviga >1år	86	92	88
Tjur < 1 år	237	267	237
Tjur > 1 år	118	134	119
Suggor	139	158	138
Slaktsvin	1 191	1 424	1 159

3.2 Beräkning av växthusgasutsläpp

Beräkningar av växthusgasutsläppen från olika källor har gjorts enligt de metoder som används i den nationella klimatrapporeringen (Naturvårdsverket, 2012a). Beräkningsmetoderna och emissionsfaktorerna är behäftade med stora osäkerheter. Osäkerheterna blir ännu större när samma metoder används för beräkningar av utsläpp 2050 eftersom exempelvis avel eller nya grödor kan göra att utsläppen blir betydligt lägre (eller högre) per producerad enhet. I den nationella klimatrapporeringen presenteras data på osäkerhet kopplad till olika utsläpp (Naturvårdsverket, 2012a). Dessa gällande data har använts i beräkningarna och hänsyn har således inte tagits till den extra osäkerhet som en framskrivning av emissionsfaktorerna medför. Det bör dock noteras att denna osäkerhet är stor.

För att kunna jämföra utsläppen av olika växthusgaser omvandlas utsläppen av metan (CH₄) och lustgas (N₂O) till koldioxidekvivalenter (CO₂-ekv.). Både metan och lustgas är starkare växthusgaser än koldioxid; det krävs runt 20 kg koldioxid

för att ge upphov till samma växthusgaseffekt som ett kg metan och runt 300 kg koldioxid för att ge samma effekt som ett kg lustgas. I föreliggande beräkningar används en omvandlingsfaktor på 21 för metan och 310 för lustgas, dvs. samma som används i den nationella klimatrapporeringen (Naturvårdsverket, 2012a).

3.2.1 Utsläpp av metan och lustgas från jordbruk

Beskrivning av hur utsläppen av växthusgaser beräknats finns i bilaga 2. De största utsläppen är i form av lustgas från marken (tabell 4).

Utifrån de modellberäkningar som gjorts för jordbruket 2020 och 2050, förutsatt att produktionsvolymen ska vara densamma (scenariot produktion för år 2020 och referensscenariot för år 2050), och de emissionsfaktorer och beräkningsmetoder som presenteras i den nationella klimatrapporeringen (Naturvårdsverket, 2012a) används, skattas utsläppen av metan och lustgas från jordbruket minska över tiden (tabell 4). Detta är en effekt av att produktiviteten och effektiviteten antas öka (se bilaga 1).

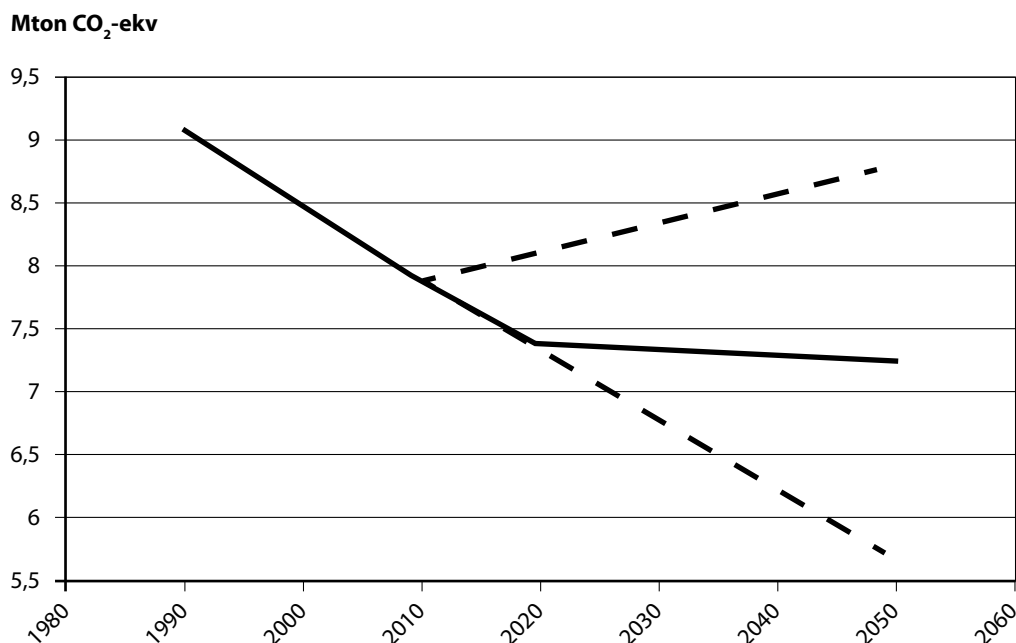
Tabell 4. Skattade utsläpp av metan och lustgas från jordbruk i Mton CO₂-ekvivalenter. Utsläppen 1990 och 2010 från den nationella klimatrapporeringen och utsläppen 2020 och 2050 enligt beräkningar i föreliggande rapport.

	Fodersmältning	Stallgödsel	Lustgasutsläpp från mark	Summa
1990	3,07	0,96	5,03	9,06
2010	2,71	0,76	4,41	7,88
2020	2,54	0,70	4,13	7,37
2050	2,54	0,69	4,00	7,23

Den kraftiga minskningen av utsläppen av metan och lustgas från jordbruk som skett 1990 till 2010 beror i stor utsträckning på en minskande produktion i Sverige (se avsnitt 2.2.1). Eftersom produktionen i referensscenariot hålls konstant (se avsnitt 3.1.1) avtar minskningstakten till 2050. Scenarierna för 2020 och för 2050 är olika scenarier med delvis olika antaganden – produktiviteten har justerats för att mängden jordbruksprodukter ska vara den samma år 2020 och 2050 som år 2010 (se avsnitt 3.1.3). Detta är förklaringen till en snabbare minskning mellan 2010 och 2020 än mellan 2020 och 2050.

Känslighetsanalysen, med två alternativa produktionsscenarier för 2020 (se avsnitt 3.1.3), visar att antaganden kring produktion har stor betydelse för resultaten och att de beräknade utsläppen av metan och lustgas från jordbruket 2020 skulle vara 10 procent högre, eller 0,5 procent lägre, om andra grundantaganden gjorts. Om den pågående trenden, där Sveriges andel av världsmarknaden minskar, skrivs fram minskar utsläppen av metan och lustgas från jordbruket med 0,55 Mton CO₂-ekvivalenter mellan 2010 och 2020, vilket motsvarar en minskning på 5 500 ton per år. Om Sverige istället behåller sin andel av världsmarknaden, och världskonsumtionen samtidigt ökar, skattas utsläppen av metan och lustgas från jordbruket bli 0,23 Mton högre 2020 än 2010, vilket motsvarar en ökning på 2 300 ton per år. Om de skattade årliga förändringarna skrivs fram till 2050 skulle det innebära att utsläppen av metan och lustgas från jordbruket skulle uppgå till 5,68 respektive 8,80 Mton CO₂-ekvivalenter (figur 4).

Till osäkerheten rörande hur mycket jordbruket kommer att producera år 2050 kommer osäkerheten rörande storleken på utsläpp av metan och lustgas från jordbruksproduktion. Om de osäkerheter kopplade till storleken på utsläppen per produktionsenhet som anges i den nationella klimatrapporeringen (Naturvårdsverket, 2012a) används i utsläppsberäkningarna ger det en spridning i de totala metan- och lustgasutsläppen från jordbruket 2050 på mellan 2,83 och 11,63 Mton CO₂-ekvivalenter.



Figur 4. Skattade utsläpp av metan och lustgas från jordbruk över tid. Den heldragna linjen visar ett referensscenario i vilket oförändrad produktion jämfört med 2010 antas. De streckade linjerna visar på alternativa scenarier (den övre oförändrad andel av en ökande världskonsumtion och den nedre framskrivna trend med minskad andel av världsmarknaden men ökad världskonsumtion). Modellberäkningarna med de alternativa scenarierna har gjorts för år 2020. Den årliga förändringen i växthusgasutsläpp mellan 2010 och 2020 har sedan skrivits fram till 2050.

3.2.2 Utsläpp av växthusgaser från direkt energianvändning

3.2.2.1 Stationär energianvändning

Energianvändningen inom jordbruket år 2020 och 2050 har skattats av Energimyndigheten och Jordbruksverket som en del i arbetet med en färdplan för ett Sverige utan nettoutsläpp av växthusgaser 2050. Den stationära energianvändningen är beroende av producerade volymer och antas vara relativt stabil fram till år 2050, eftersom ett grundantagande är att produktionen kommer att vara densamma 2050 som idag (se avsnitt 3.1.1). Teknikutveckling och förväntad nybyggnation till 2050 bedöms dock ge en effektivisering om 15 procent mellan 2007 och 2050 (Neuman, 2009).

En substitution mellan olika energislag antas också ske. All stationär förbränning av diesel bedöms i modellberäkningen konverteras till el (tabell 5). I beräkningarna antas 15 procent av den totala dieselanvändningen vara stationär, baserat på

data på energianvändningen för respektive moment (Energimyndigheten, 2010) i förhållande till energibalanserna (Statistiska Centralbyrån och Energimyndigheten, 2011). Detta motsvarar en årlig förbrukning på 420 GWh (eller 42 000 m³ diesel).

Eldningsolja används framför allt till torkning av spannmål och uppvärmning av växthus. År 2007 användes 90 000 m³ olja. Denna olja antas kunna ersättas av bioeldade varmluftstorkar och fliseldning i växthus till år 2050. Tillsammans med en effektivisering på 15 procent innebär detta att 76 000 m³ eller cirka 760 GWh väntas ersättas av biobränsle.

Eftersom el antas ersätta den stationära dieselanvändningen (se ovan) ökar elanvändningen. Användningen av träbränsle bedöms öka till 1 960 kWh år 2050.

Tabell 5. Skattning av jordbrukets energianvändning 2007, 2020 och 2050 i GWh samt utsläpp av växthusgaser vid användning av olika bränslen.

Bränsle	2007	2020	2050	ton CO ₂ -ekv/GWh ⁴
Träbränsle	1 407	1 574	1 960	32
Dieselolja ¹	422	295	0	273
Eldningsolja ²	898	627	0	270
Gasol	38	36	32	237
Naturgas	199	190	169	205
Fjärrvärme	57	54	48	0
Elanvändning	1 556	1 593	1 680	0 ³
Summa	4 577	4 369	3 889	

1 Mängden dieselolja som används i stationär förbränning har beräknats utifrån att den motsvarar 15 procent av den totala dieselanvändningen.

2 Av den eldningsolja som används inom jordbruket är 94 procent är eldningsolja 1 och 6 procent eldningsolja 2–5 och emissionsfaktorn har beräknats utifrån den fördelningen.

3 Tillförselsidan av el kommer i princip att vara fri från växthusgasutsläpp 2050 enligt det referensscenario som tagits fram.

4 Emissionsfaktorer för olika bränslen (Naturvårdsverket, 2012a).

Baserat på uppdelning per moment (Energimyndigheten, 2010) skattas energiförbrukningen per driftsenhet 2050. Växthus beräknas använda runt 380 GWh träbränsle, 30 GWh gasol, 170 GWh naturgas, 50 GWh fjärrvärme och 90 GWh el. Energianvändningen inom växtodling uppgår till drygt 400 GWh träbränsle och nära 200 GWh el till spannmålstorkar. Inom djurhållning skattas runt 1 200 GWh träbränsle och 1 400 GWh el användas.

Utsläppen av växthusgaser vid förbränning av olika bränslen har skattats och koldioxidutsläppen har satts till noll för träbränsle, fjärrvärme och el (tabell 5). Dock ger förbränning av träbränsle upphov till metan- och lustgasutsläpp. När endast växthusgasutsläpp vid användning ingår tas ingen hänsyn till utsläpp som skett tidigare i bränslekedjan. Detta underskattar de totala utsläppen (Gode m.fl., 2011). Särskilt problematiskt är detta för elanvändning eftersom användning av fossilel kan komma att öka vid ökad efterfrågan på el. Eftersom utsläppen i samband med produktion uppstår i andra länder har man dock i den nationella klimatrapporteringen valt att använda sig av denna metod.

Utifrån användning och emissionsfaktorer beräknas växthusgasutsläppen från

energianvändning uppgå till 0,35 Mton CO₂-ekvivalenter år 2020 och 0,10 Mton CO₂-ekvivalenter år 2050.

3.2.2.2 Bränsleanvändning i arbetsmaskiner

Dieselåtgången per hektar vid odling av olika grödor har sammanställts av Baky m.fl. (2010). Arealviktade medelvärden för de grödgrupper som modellberäknats (tabell 2) presenteras i tabell 6. Eftersom arealen som brukas enligt modellberäkningarna kommer att minska (se avsnitt 3.1.2) kommer också dieselanvändningen i mobila arbetsmaskiner att minska.

Tabell 6. Viktade medelvärden för dieselförbrukning vid odling av olika grödor i liter per hektar

Grödgrupp	Dieselförbrukning
Vall	43,5
Höstsäd	70,9
Vårsäd	69,5
Oljeväxter	60,0
Träda/industrigrödor	12,2
Övriga grödor	102,2

Enligt en skattning av hur stort behovet av drivmedel kan vara 2050 antas förändring av brukningsmetoder, motoreffekten, mer behovsanpassade maskiner, sparsam körning m.m. innebära att bränsleförbrukningen år 2050 är som minst 15 och som mest 45 procent lägre än idag (Lagerkvist Tolke, 2011). Detta betyder att den totala bränsleförbrukningen, beräknad genom att dieselförbrukningen per hektar (tabell 6) multiplicerats med de modellberäknade arealerna (tabell 2), var efter minskningen orsakad av utvecklingen av jordbruk och maskiner dragits bort, skattas uppgå till mellan 120 000 och 200 000 m³ år 2050. Totalt sett innebär det en minskad bränsleförbrukning till 2050 med 30 till 60 procent.⁹

I referensscenariot (dvs. den utveckling som antas ske till år 2050 om inga åtgärder vidtas) sker inget utbyte mot förnybara drivmedel i arbetsmaskiner. Utsläppen av växthusgaser vid förbränning av diesel uppgår till 2,7 ton CO₂-ekvivalenter per m³ (tabell 5), förutsatt ett värmevärde för diesel på runt 10 kWh per liter (Naturvårdsverket, 2012a). De totala utsläppen från dieselanvändning i arbetsmaskiner år 2050 skulle därmed bli mellan 0,3 och 0,5 Mton CO₂-ekvivalenter.

3.2.2.3 Sammanfattning växthusgasutsläpp från direkt energianvändning

Utsläppen från stationär bränsleanvändning och bränsleanvändning i arbetsmaskiner uppgick år 2010 till 0,4 respektive 0,8 Mton CO₂-ekvivalenter (Natur-

⁹ Även Trafikverket och Energimyndigheten har gjort skattningar av hur mycket diesel som kommer att användas i jordbruket 2050 (WSP, 2012). Energimyndigheten inkluderar fisket varför de utgår från en högre initial dieselförbrukning än vi gör i våra beräkningar. De anger att förbrukningen kommer att minska med 25 procent till 2050 baserat på antaganden om den ekonomiska utvecklingen i sektorn samt effektivisering. Trafikverket skattar att dieselförbrukningen kommer att minska med 55 procent till år 2050 utifrån antaganden om effektivare maskiner, effektivare användning av maskiner och ett utbyte till förnybar energi. Vi väljer i föreliggande rapport att gå vidare med våra beräkningar eftersom det angivna spannet ligger i samma storleksordning som andra skattningar.

vårdsverket, 2012a). Den skattade minskningen till 2050 uppgår därmed sammanlagt till åtminstone en halvering.

3.2.3 Utsläpp och upptag av koldioxid från markanvändning

I den nationella klimatrapporeringen beräknas kolbalanserna i jordbruksmark på mineraljord med hjälp av ICBM-modellen, utom naturbetesmarker där förändringarna skattas genom jordprovtagning (Naturvårdsverket, 2012a). Medelkoldioxidutsläppen från jordbruksmark (exklusive naturbetesmark) på mineraljord för de senaste tio åren uppgår till 0,06 ton CO₂ per hektar och år. Naturbetesmarker är under samma period i medeltal en sänka för 0,77 ton CO₂ per hektar och år.

Totalt finns nära 170 000 hektar organogen jordbruksmark (Berglund m.fl., 2009). Om medelemissionen för jordbruksmark (exklusive naturbetesmark) respektive naturbetesmark på mineraljord multipliceras med arealen mark av en viss typ 2050 (arealer från tabell 2 från vilka arealen organogen mark subtraherats) blir de totala utsläppen från jordbruksmark på mineraljord 0,15 Mton CO₂ per år medan naturbetesmark på mineraljord utgör en sänka för 0,26 Mton CO₂ per år. Eftersom arealen jordbruksmark (exklusive naturbetesmark) skattas vara densamma 2020 som 2050 (jämför tabell 2 och 3) beräknas utsläppen även 2020 bli 0,15 Mton CO₂, medan naturbetesmarken på mineraljord skattas utgöra en sänka på 0,31 Mton CO₂ (eftersom naturbetesmarksarealen enligt modellberäkningarna är större 2020 än 2050).

Utsläppen av koldioxid från organogen jordbruksmark beräknas i den nationella klimatrapporeringen genom att olika bortodlingshastighet ansätts för olika grödor (Naturvårdsverket, 2012a). Utsläppen från vall och träda uppgår till nära 12 ton CO₂ per hektar och år, från mark som odlas med ettåriga grödor till 17 ton och från mark som odlas med radgrödor till 29 ton CO₂ per hektar och år. Om vi antar samma användning av den organogena marken år 2020 och 2050 som 2008 kommer nära 85 000 hektar användas för vall och träda, nära 37 000 hektar för ettåriga grödor och 2 500 hektar för radgrödor (Berglund m.fl., 2009). Detta innebär utsläpp på totalt 1,72 Mton CO₂. Utsläppen från betesmark på organogen mark ligger i medeltal på 5,87 ton CO₂ per hektar och år under den senaste tioårsperioden (Naturvårdsverket, 2012a). Om denna emission ansätts för en total areal på 43 000 hektar uppgår koldioxidavgången till 0,25 Mton CO₂ per år. Sannolikt kommer en större andel av den organogena marken att ligga i träda år 2020 och 2050 (enligt modellberäkningarna kommer arealen brukad mark att minska och det är troligt att såväl åkermark på mineraljord som på organogen mark därmed kommer att tas ur produktion). Detta skulle innebära minskade utsläpp. I föreliggande beräkningar använder vi oss dock av fördelningen 2008. Nettot för jordbruksmarken (åkermark på mineraljord och organogen mark samt naturbetesmark) blir då ett utsläpp på totalt 1,81 Mton CO₂ år 2020 och 1,86 Mton CO₂ år 2050.

Utsläpp från mark kompenseras delvis av trädens upptag och även förändringar i kollagret i död biomassa påverkar nettoutsläppen av koldioxid från markanvändning. De senaste tio åren har kollagret i träd och död biomassa ökat med i medeltal 0,38 Mton CO₂ per år för jordbruksmark (exklusive naturbetesmark) och 0,51 Mton CO₂ per år för naturbetesmark (Naturvårdsverket, 2012a). Detta motsvarar en inbindning i levande biomassa i jordbruksmark (exklusive naturbetesmark) på i medeltal 0,12 ton CO₂ per hektar och år medan mängden död biomassa

under samma period i medeltal har minskat vilket gett upphov till utsläpp på 0,01 ton CO₂ per hektar och år (Naturvårdsverket, 2012a). Motsvarande siffror för naturbetesmark är en inbindning på 0,76 ton CO₂ per hektar och år i levande biomassa och 0,53 ton CO₂ per hektar och år i död biomassa (Naturvårdsverket, 2012a). Här görs ingen skillnad mellan organogen mark och mineraljord i den nationella klimatrapporeringen. Om medelförändringarna i kolpoolerna levande och död biomassa för de senaste 10 åren används för arealerna 2050 (tabell 2) uppgår den skattade kolinbindningen till 0,73 Mton CO₂ per år. Motsvarande siffror för år 2020 är 0,82 Mton CO₂ och skillnaden beror på att arealen naturbetesmark skattas vara större år 2020 än 2050 (tabell 2 och 3).

Nettot för markanvändning är därmed ett utsläpp på 1,13 Mton CO₂ år 2050 och 0,99 Mton CO₂ år 2020. En skattning av osäkerheten i emissionsfaktorerna kopplade till koldioxidflöden till jordbruksmark är att den uppgår till 28,4 procent för jordbruksmark exklusive naturbetesmark och 20,8 procent för naturbetesmark (Naturvårdsverket, 2012a).

3.2.4 Utsläpp av växthusgaser från ökad bioenergiproduktion

I modellberäkningarna av referensscenariot har arealen grödor för energiändamål antagits vara konstant (se avsnitt 3.1.2).

Trafikverket har i sina analyser antagit att Sverige kan producera mellan 30 och 50 TWh biodrivmedel 2030, varav 18 TWh används inom Sverige 2030 och 28 TWh 2050 medan resten går på export (muntlig uppgift Håkan Johansson, Trafikverket). Om jordbruket ska öka produktionen av grödor för energiändamål innebär det att en mindre areal ligger i träda och därmed ökar utsläppen av växthusgaser. Vi har gjort bedömningen att jordbrukets produktion av bioenergi inte kommer att öka om inte särskilda åtgärder vidtas. Därför återfinns en ökad bioenergiproduktion i avsnittet om åtgärder (se avsnitt 4.5).

Om produktionen av bioenergi istället skulle öka redan i referensscenariot, och på samma sätt som antas kunna ske med extra åtgärder (se avsnitt 4.5), skulle jordbrukets bidrag till energiförsörjningen kunna ökas med i storleksordningen 28 TWh (tabell 12). Av detta är drygt 7 TWh drivmedel (tabell 12). En ökad odling av grödor för energiändamål skulle samtidigt innebära en ökning av dieselanvändningen med runt 20 000 m³ per år (tabell 12), eller 12 000 m³ per år om vi förutsätter en minskad framtida bränsleförbrukning på 40 procent (se avsnitt 3.2.2.2). De direkta utsläppen av lustgas från jordbruket, som en effekt av kvävetillförsel kopplad till odlingen, skulle (enligt den beräkningsmetod som används i den nationella klimatrapporeringen) öka med 0,14 Mton CO₂-ekvivalenter (tabell 12). Energianvändningen och lustgasutsläppen från produktion av mineralgödsel skulle uppgå till drygt 0,11 Mton CO₂-ekvivalenter (tabell 12), förutsatt att all gödsel är tillverkad med BAT (se avsnitt 3.2.5.3).

Om runt 600 000 hektar av den areal som beräknas ligga i träda år 2050 skulle användas för odling av grödor för energiändamål skulle det således kunna innebära en 10-procentig ökning av drivmedelsförbrukningen (jämför avsnitt 3.2.2.2), en ökning på 6 procent av direkta lustgasavgången från jordbruksmark (jämför bilaga 2) och en 30-procentig ökning av utsläppen från produktion av importerat mineralgödselkväve (jämför avsnitt 3.2.5.3).

3.2.5 Utsläpp av växthusgaser vid produktion av importerade livsmedel och insatsvaror

Utsläppen av växthusgaser vid produktion av jordbruksprodukter som produceras i Sverige och sedan exporteras till något annat land bokförs i Sverige. På motsvarande sätt bokförs utsläppen vid produktion av importvaror till Sverige i de länder där produktionen sker.

För att placera jordbrukets klimatpåverkan i ett helhetsperspektiv måste även import och export beaktas. En minskning av produktionen i Sverige kan leda till minskade utsläpp men om det samtidigt leder till en ökad import av likadana produkter uteblir effekten på de globala växthusgasutsläppen.

3.2.5.1 Import av livsmedel

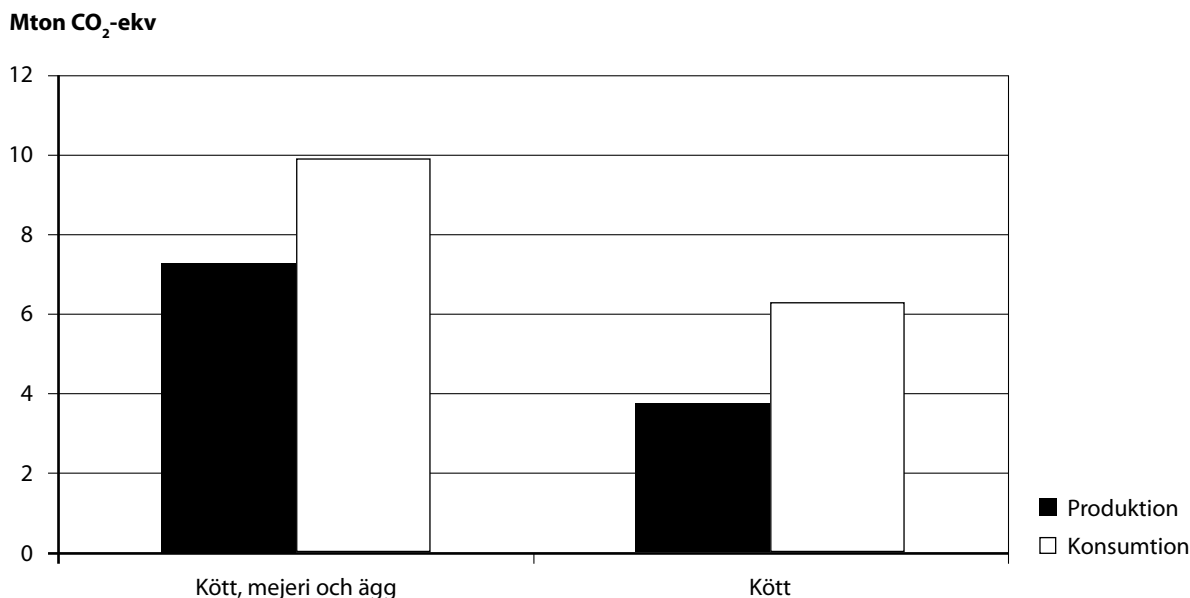
Naturvårdsverket har skattat utsläppen från svensk konsumtion fördelat på utsläpp utomlands vid produktion av varor som importeras till Sverige och utsläpp i Sverige av varor som produceras här (Naturvårdsverket, 2012c). Enligt denna skattning skedde 60 procent av växthusgasutsläppen i andra länder.

Skattningar för utsläpp av växthusgaser från produktion respektive konsumtion av jordbruksprodukter visar också på stora skillnader beroende på hur man räknar. Vid en beräkning av växthusgasutsläppen från kött, mejeriprodukter och ägg baserat på konsumtion (Cederberg m.fl., 2009b) istället för produktion (Cederberg m.fl., 2009a) blev utsläppen knappt 3 Mton CO₂-ekvivalenter högre, eller drygt 35 procent högre (70 procent om man enbart såg till köttkonsumtionen) (figur 5)¹⁰. Värdena är inte direkt jämförbara med dem som beräknas enligt metoden i den nationella klimatrapporteringen eftersom även utsläpp från importerade insatsvaror (mineralgödsel och foder) ingår. Också den direkta energianvändningen har inkluderats.

Sverige exporterar också livsmedel, främst spannmål (Jordbruksverket, 2011a). Klimatpåverkan av spannmålsodling är liten i förhållande till köttproduktion. Effekten av export antas därmed vara försumbar i föreliggande beräkningar.

Statistiska Centralbyråns officiella prognos pekar mot en folkmängd på runt 11,3 miljoner invånare 2050 (Statistiska Centralbyrån, 2012), dvs. en ökning med runt 1,8 miljon invånare jämfört med idag. Detta skulle innebära att behovet av livsmedel sannolikt ökar till 2050. Om produktionen i Sverige antas vara konstant ökar därmed behovet av import. Samtidigt kan man anta att utsläppen av växthusgaser per producerad enhet kommer att minska i andra länder, liksom i Sverige. Om vi antar en 0,5-procentig effektivitetsökning per år, och förutsätter samma utsläpp av växthusgaser per hektar eller djurenhet, skulle detta innebära att 22 procent mer varor skulle kunna produceras utan att utsläppen av växthusgaser ökade. Detta är i samma storleksordning som den procentuella ökningen i folkmängd (runt 18 procent). Resonemanget förutsätter dock ett oförändrat konsumtionsmönster.

¹⁰ Utsläpp av växthusgaser i ett livscykelperspektiv från svensk produktion av kött, mejeriprodukter och ägg skattades uppgå till 7,3 Mton CO₂-ekvivalenter år 2005, varav köttproduktionen stod för 3,8 Mton CO₂-ekvivalenter (Cederberg m.fl., 2009a). Under 2005 importerades 25 procent av det konsumerade grisköttet, nära 40 procent av kycklingköttet och nära 50 procent av nötköttet (Cederberg m.fl., 2009b). Om även utsläppen vid produktion av importerat kött, mejeriprodukter och ägg som konsumerades i Sverige räknades in uppgick utsläppen till 9,9 Mton CO₂-ekvivalenter vid produktion, varav kött stod för 6,3 Mton CO₂-ekvivalenter (Cederberg m.fl., 2009b).



Figur 5. En jämförelse av utsläppen av växthusgaser vid produktion av vissa animaliska livsmedel om enbart svenskproducerade livsmedel räknas in respektive om även de importerade produkter som motsvarar den mängd vi konsumerar ingår. Data från Cederberg m.fl. (2009a och b).

Vi antar i föreliggande rapport samma utsläpp från import år 2050 som år 2005. Enligt beräkningarna av Cederberg m.fl. (2009a; b) medför det nära 3 Mton CO₂-ekvivalenter per år för kött, ägg och mejeriprodukter.

3.2.5.2 Inköpt foder

2010 importerades runt 650 000 ton foder (Jordbruksverket, 2011c). 80 procent av detta var oljehaltiga frön. Hälften av de oljehaltiga fröna var sojaböner och av resten var nära 40 procent raps. Användningen av sojaprodukter uppges ha minskat med 8 procent jämfört med 2009 medan användningen av rapsprodukter är i stort oförändrad. Palmkärna bidrar med ytterligare 10 procent av den totala mängden importerade oljehaltiga frön och uppges vara det proteinfoder som ökat mest mellan 2009 och 2010. Totalanvändningen av proteinfoder 2010 var i stort sett oförändrad jämfört med 2009.

Uppgifter på växthusgasutsläpp vid produktion (odling, processer och transporter) av olika fodermedel finns i Cederberg (2009) och SIK:s foderdatabas¹¹. Produktionen av soja har skattats ge upphov till växthusgasutsläpp på runt 0,60 kg CO₂-ekvivalenter per kilo sojamjöl (alternativt 3 eller 7 kg, beroende på beräkningsmetod, om förändrad markanvändning inkluderas), vilket motsvarar i storleksordningen 0,24 kg CO₂-ekvivalenter per kilo soja. Produktion av ett kg rapsfrö eller palmkärnexpeller ger upphov till utsläpp på runt 0,80 respektive 0,42 kg CO₂-ekvivalenter.

Utifrån dessa siffror beräknas den mängd oljehaltiga frön som importeras ge upphov till 0,28 Mton CO₂-ekvivalenter per år vid odling, processer och transport (dock exklusive förändrad markanvändning), en mängd som bör adderas till det svenska jordbrukets utsläpp av växthusgaser.

¹¹ www.sikfoder.se

Även om djuren kommer att minska i antal till 2050 antas foderbehovet öka per djur om produktiviteten ökar (se bilaga 1). Mängden foder som behövs år 2050 beräknas därmed vara densamma som 2010, även om detta sannolikt innebär en överskattning.

3.2.5.3 *Inköpt mineralgödselmedel*

År 2009/2010 såldes drygt 168 000 ton mineralgödselkväve (Jordbruksverket, 2011b). Mängden inköpt mineralgödselkväve år 2050 skattas till 82 000 ton (se avsnitt 3.1.2). Motsvarande siffror för 2020 är 112 000 ton i scenariot produktion, 103 000 ton i scenariot trend och 128 000 ton i scenariot andel (se avsnitt 3.1.3).

Produktion av mineralgödselkväve ger upphov till utsläpp av lustgas men också av koldioxid från den energi som används i processen. Klimatpåverkan av gödseltillverkning varierar beroende på vilken teknik som används (Brentrup och Pallière, 2008). Enligt EU:s definition innebär bästa tillgängliga teknik (BAT) att utsläppen vid mineralgödseltillverkningen inte får överstiga 3,6 ton CO₂-ekvivalenter per ton mineralgödselkväve. Uppgifter från Yara International ASA (muntlig uppgift Mogens Erlingson, YARA), som har 60 procent av den svenska marknaden, ger en bild av dagens situation. YARA garanterar att deras gödsel uppfyller EU:s krav, men under senare år har de legat betydligt lägre – runt 2,9 ton CO₂-ekvivalenter per ton mineralgödselkväve. Av den resterande mängd mineralgödselkväve som används inom jordbruket kommer i storleksordningen 15 procent från Europa och runt 25 procent från Ryssland. Medan utsläppen vid mineralgödselproduktion i Europa sannolikt ligger i samma storleksordning som YARA:s produktion är utsläppen från rysk tillverkning betydligt högre, kanske runt 8 ton CO₂-ekvivalenter per ton mineralgödselkväve.

Andelen mineralgödsel som importeras från Ryssland har varit relativt konstant de senaste åren och det finns ingen anledning att tro att man inom en snar framtid kommer att vidta åtgärder för att förbättra produktionstekniken (muntlig uppgift Mogens Erlingson, YARA). Därför antar vi i dessa beräkningar att växthusgasutsläppen, samt andelen rysk mineralgödsel på den svenska marknaden, är densamma år 2020 och 2050 som idag. För övrig mineralgödsel används en emissionsfaktor på 3 ton CO₂-ekvivalenter per ton mineralgödselkväve.

Utifrån dessa antaganden beräknas utsläppen från mineralgödselproduktion i andra länder uppgå till 0,72 Mton CO₂-ekvivalenter 2010 och 0,35 Mton 2050. År 2020 skattas utsläppen ligga på 0,48 Mton med en spridning på runt 20 procent med olika scenarier för storleken på jordbruksproduktionen (tabell 7).

3.2.5.4 *Sammanfattning av utsläpp av växthusgaser vid produktion av importerade livsmedel och insatsvaror*

För att få en helhetsbild av jordbrukets klimatpåverkan måste hänsyn också tas till importerade livsmedel och insatsvaror. Import av livsmedel har större påverkan än insatsvaror. Här ingår dock enbart en skattning av kött, mejeriprodukter och ägg (2005 års import) utan någon uppskrivning till 2050. Bland insatsvaror står foder och mineralgödsel för den största klimatpåverkan. Till år 2050 skattas användningen av mineralgödselkväve minska (se avsnitt 3.1.2 och 3.1.3), vilket även innebär att de beräknade utsläppen av växthusgaser från importerad mineralgödsel förväntas minska (tabell 7).

Tabell 7. Växthusgasutsläpp kopplade till produktion av varor som importeras.
Enhet Mton CO₂-ekvivalenter.

Varukategori	2010	2050	2020 (prod.)	2020 (trend)	2020 (andel)
Import av livsmedel	~3	~3	~3	~3	~3
Foder	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
Mineralgödsel	0,72	0,35	0,48	0,44	0,54
Summa	4,00	3,63	3,76	3,72	3,82

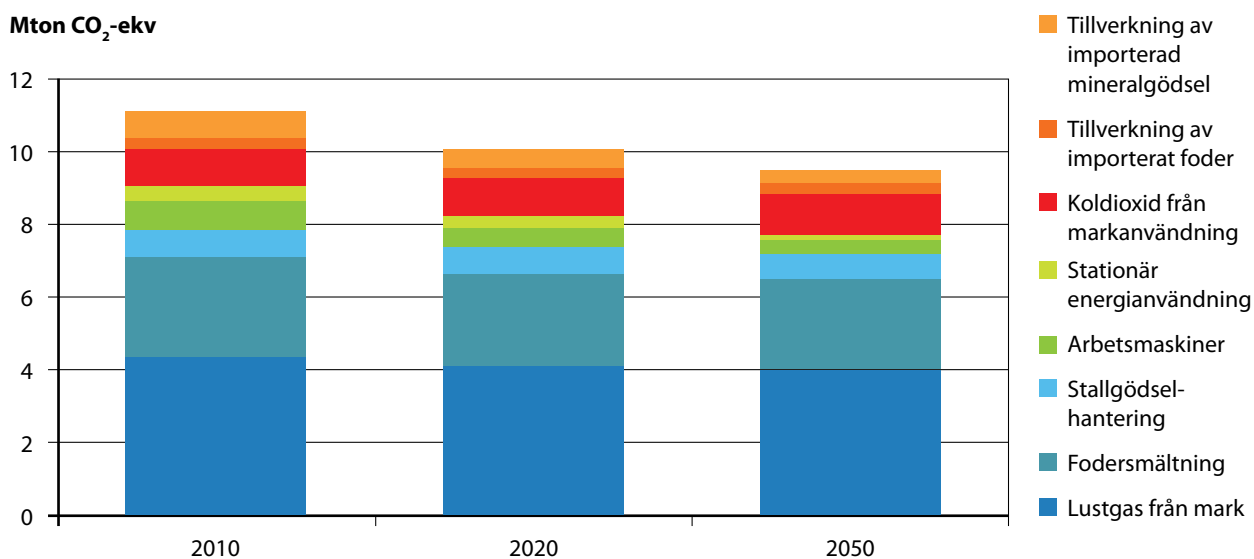
3.2.6 Skattad utveckling av växthusgasutsläpp över tid utan extra åtgärder

I referensscenariot utgår vi från att produktionen ska vara densamma år 2050 som idag (se avsnitt 3.1.1). Utsläppen av metan och lustgas från jordbruk har därefter beräknats baserat på de metoder och emissionsfaktorer som används i dagens klimatrapporering (se avsnitt 3.2.1). Utifrån dessa antaganden skattas utsläppen av metan och lustgas från jordbruk minska från 7,88 till 7,23 Mton CO₂-ekvivalenter från 2010 till 2050 (figur 6), vilket innebär en minskning på 8 procent. Utsläppsminskningen beror på att produktiviteten i referensscenariot antas öka (se bilaga 1), som ett grundantagande med 0,5 procent per år varefter justeringar gjorts för att erhålla samma produktion som idag. En lägre produktivitetökning skulle ge en mindre utsläppsminskning.

Om grödor för energiändamål odlas på runt 600 000 hektar av den areal som annars, enligt modellberäkningarna, skulle ligga i träda år 2050 blir utsläppen av metan och lustgas från jordbruket högre. De sammanlagda utsläppen skulle då istället kunna uppgå till 7,37 Mton CO₂-ekvivalenter 2050 (se avsnitt 3.2.4). Denna utveckling skulle innebära att minskningen av växthusgasutsläppen från jordbruket under perioden 2010 till 2050 blir något mindre.

Även utsläppen från direkt energianvändning antas minska (figur 6). Totalt beräknas utsläppen från stationär förbränning till år 2050 minska med 75 procent, som ett resultat av effektiviseringsåtgärder och en övergång till förnybara energikällor (se avsnitt 3.2.2.1). Utsläppen från arbetsmaskiner antas minska mellan 15 och 45 procent som en effekt av effektivisering och minskad odlingsareal (se avsnitt 3.2.2.2).

Utsläppen av koldioxid från markanvändning förutsätts vara relativt konstant över tid (figur 6). Detta beror på att arealen jordbruksmark inte varierar i någon större utsträckning och att arealen organogen mark förutsätts vara densamma mellan åren liksom fördelningen av grödor som odlas på organogen mark (se avsnitt 3.2.3). De förändringar som sker är ett resultat av att arealen naturbetsmark enligt modellberäkningarna minskar (se avsnitt 3.1.2 och 3.1.3).



Figur 6. Skattade utsläpp från svenskt jordbruk år 2010, 2020 och 2050.

Till detta kommer utsläppen från produktion av importerade insatsvaror (mineralgödsel och foder), som skattas uppgå till i storleksordningen 1 Mton CO₂-ekvivalenter 2010 och 0,6 Mton CO₂-ekvivalenter 2050 (figur 6).

Om även utsläppen vid produktion av importerade livsmedel läggs till blir utsläppen från den jordbruksproduktion som krävs för att täcka Sveriges behov av livsmedel större och vi närmar oss en helhetsbild. Enbart 2005 års import av kött, mejeriprodukter och ägg motsvarar utsläpp på knappt 3 Mton CO₂-ekvivalenter (se avsnitt 3.2.5).

4 Möjliga åtgärder och styrmedel för att minska växthusgasutsläpp till 2050

Det finns ett antal åtgärder som kan vidtas i syfte att minska utsläppen av växthusgaser från jordbruket. Dessa kan inriktas mot utsläpp av metan och lustgas från produktionen, men också ha för avsikt att minska användningen av fossil energi, öka kolinlagringen och jordbrukets leverans av bioenergi. Vi har valt att koncentrera oss på nu kända åtgärder. Fram till 2050 kan åtgärder vars potential idag är svår att skatta – exempelvis utveckling av perenna spannmålsgrödor – komma att spela en viktig roll. Sådana åtgärder har dock inte analyserats.

Jordbruket kommer också att påverkas av åtgärder för att motverka effekterna av ett förändrat klimat. Dessa kommer att ske både inom jordbrukssektorn och i samhället i stort. Det är viktigt att dessa åtgärder utformas utifrån ett helhetsperspektiv. Exempelvis kan våtmarker som anläggs både motverka översvänningsrisk till följd av en förändrad nederbörd och havsytehöjning och minska utsläppen av växthusgaser från jordbruket. Vi har dock valt att inte gå in på sådana potentiella synergier mellan utsläppsminskning och anpassning i denna rapport.

4.1 Effekten av olika styrmedel

Vilket styrmedel som är mest effektivt beror på en rad olika omständigheter och naturligtvis vilken typ av miljöproblem som ska åtgärdas (tabell 8).

Om det finns ekonomiska fördelar med att välja en frivillig begränsning är förutsättningarna för att sådana ska leda till minskade utsläpp goda. Ofta är både lantbrukare och konsumenter väl insatta i de ekonomiska förutsättningar som föreligger, men det finns också exempel där bristande kunskap och information är skälet till att mer miljövänliga produktionsmetoder inte införts trots att de är mer lönsamma. Ett bra exempel där satsningar på förbättrad information har gett goda resultat är projektet ”Greppa Näringen”. Genom projektet har lantbrukare erbjudits rådgivning för att optimera tillförsel av kväve och fosfor på sina fält i syfte att inte gödsla i onödan. Den förbättrade informationen har genom rådgivningen lett till en minskning i näringsläckage från åkermark. Dessa åtgärder har visat sig lönsamma både för lantbrukaren och för miljön.

Miljöpolitiken har av tradition dominerats av administrativa styrmedel, vilka oftast har varit selektiva i den mening att en viss reglering haft som avsikt att påverka beteende och aktiviteter hos vissa ekonomiska aktörer. Myndigheter beslutar då om tillåten utsläppsmängd efter att ha gjort en avvägning mellan en förorenings skadeverkningar och den nytta som skapas av den förorenande produktionen. En administrativt fastställd utsläppsmängd kan vara densamma som den utsläppsmängd som är samhällsekonomiskt optimal, förutsatt att en samhällsekonomiskt korrekt värdering av respektive marginalkostnad kan göras. Den information som krävs för att en myndighet ska kunna korrigera samhällsekonomins externa effekter är ofta så omfattande att den samhällsekonomiskt optimala utsläppsmängden är svår att nå. Förutom det uppenbara problemet med att göra

Tabell 8. Olika styrmedels samhällsekonomiska effektivitet.

Styrmedel	Fördelar	Nackdelar	Samhällsekonomisk effektivitet	Förutsättningar
Information och utbildning	<ul style="list-style-type: none"> • Politiskt enkelt att genomföra • Relativt låga kostnader för staten 	<ul style="list-style-type: none"> • Osäkert utfall 	Den samhällsekonomiska effektiviteten kan förmodas vara låg, eftersom det oftast saknas incitament för individen att agera på annat sätt än kollektivet	Kan vara ett effektivt styrmedel i de fall då det finns ekonomiska incitament som individen inte känner till
Administrativt fastställda begränsningar	<ul style="list-style-type: none"> • Relativt låga kostnader för staten • Säkert utfall 	<ul style="list-style-type: none"> • Sänder inga prissignaler till konsumenten • Utsläppsminskningen allokeras inte till de förorenare som kan reducera till lägst kostnad. • Ger inga incitament att minska utsläppen till lägre nivå än den tillåtna mängden. • Ger förorenaren en gratis nytta i form av en utsläppsrätt till en viss mängd utsläpp • Kräver administrativt system 	Den samhällsekonomiska effektiviteten antas vara låg, eftersom den tillåtna utsläppsnivån fastställs utifrån en myndighets bedömning av de upplevda skador och nyttor som utsläppen orsakar	Kräver att en myndighet klarar av att sätta en samhällsekonomiskt optimal nivå på tillåtna utsläppsmängd, samt kontrollerar att systemet efterlevs.
Skatt/Avgift	<ul style="list-style-type: none"> • Sänder prissignaler till konsumenterna • Skapar incitament till minskning oavsett initial utsläppsmängd • Är rättvis i den mening att den som förorenar får kompensera kollektivet • Låg kostnad för staten 	<ul style="list-style-type: none"> • Osäkert utfall • Nivåberoende • Kräver administrativt system 	Den samhällsekonomiska effektiviteten förmodas vara hög, eftersom den genererar ekonomiska incitament för både producenter och konsumenter att minska efterfrågan på utsläpp. Förutsätter emellertid att nivån på skatten/avgiften är väl avvägd.	Förutsätter precis information om priskänsligheten i både utbud och efterfrågan.
Subventioner	<ul style="list-style-type: none"> • Skapar tydliga incitament till producenter att genomföra viss åtgärd • Påverkar inte efterfrågesidan (positivt i de fall då ingen konsumtionsförändring eftersträvas) 	<ul style="list-style-type: none"> • Sänder inga prissignaler till konsumenterna • Kan resultera i motsatt effekt (Subventionsparadoxen) • Uppfattas som orättvis eftersom den som förorenar gynnas på bekostnad av de skadelidande. • Höga kostnader för staten 	Den samhällsekonomiska effektiviteten kan vara jämförelsevis hög, Eftersom den ger tydliga incitament på utbudsidan utan att direkt påverka efterfrågesidan.	Då styrningen riktas mot produktionsmetoder snarare än produktionen i sig kan subventioner vara ett effektivt styrmedel.
Handel med utsläppsrättigheter	<ul style="list-style-type: none"> • Säkert utfall • Sänder prissignaler till både producenter och konsumenter • Allokerar utsläppsminskningen till de förorenare som kan minska till lägst kostnad 	<ul style="list-style-type: none"> • Kräver omfattande administration för att systemet ska bli trovärdigt 	Den samhällsekonomiska effektiviteten bedöms vara hög, eftersom systemet allokerar utsläppsminskningen till de förorenare som kan reducera till lägst kostnad samtidigt som priset för de utsläpp som kvarstår bestäms av marknadsmekanismer och i slutändan belastar de återstående utsläppen konsumenten	<ul style="list-style-type: none"> • Förutsätter att marknaden för utsläppsrättigheter når en sådan omfattning att priset på rättigheten blir en relevant informationsbäare • Förutsätter att det råder tillfredställande konkurrens på varumarknaderna för att företagen ska vara prisstagare på marknaden

korrekta värderingar och avvägningar mellan olika intressen förutsätter en administrativ styrning också ett system för kontroll och sanktioner.

Marknadskonforma styrmedel verkar genom att förändra ekonomins prissignaler och betalningsströmmar. I praktiken kan detta ske genom att en myndighet ålägger förorenaren att betala en skatt eller avgift, att staten subventionerar vissa produktionsmetoder eller att man inrättar ett system för handel med utsläppsrätter. Ett vanligt sätt att påverka priset på en vara är att lägga en direkt skatt på varan och därigenom höja dess marknadspris.

4.2 Åtgärder och styrmedel för att minska utsläpp av metan och lustgas från jordbruk

4.2.1 Utsläpp av metan från fodermältning

4.2.1.1 Minska antalet djur

Minska köttproduktionen

Åtgärd

En minskning av nöt- eller grisköttproduktionen skulle minska jordbrukets utsläpp av metan. En minskning av nöt- och grisköttproduktionen som inte samtidigt ändrar konsumtionen – genom en minskad köttkonsumtion totalt sett eller en ökad övergång till kyckling- eller lammkött – leder dock enbart till en ökad import av nöt- och griskött. Därför beskrivs åtgärden under konsumtion i avsnitt 4.7.

Öka produktiviteten i mjölk- och nötköttsproduktion

Åtgärd

En ökad produktivitet, exempelvis genom att mängden mjölk som en ko kan producera ökar, minskar metanavgång från fodermältning per producerad enhet. På motsvarande sätt leder ökad djurhälsa, som minskar produktionsbortfallet, till minskade utsläpp per producerad enhet. Juverinflammation har exempelvis skattats leda till ett produktionsbortfall av mjölk motsvarande produktionen från 7 000 kor per år (Jordbruksverket, 2010a), vilket i sin tur motsvarar utsläpp på i storleksordningen 0,02 Mton CO₂-ekvivalenter per år i form av utsläpp från fodermältning (enligt emissionsfaktorer från tabell 1 i bilaga 2). Vidare ger en kombinerad mjölk- och köttproduktion mindre växthusgasutsläpp per producerad enhet (Cederberg m.fl., 2009a) och användningen av kötraskorsningar har skattats kunna minska utsläppen med 0,07 Mton CO₂-ekvivalenter per år (Jordbruksverket, 2010a).

I modellberäkningarna av jordbruket 2050 ingår redan antaganden om ökad produktivitet (se bilaga 1) och därför skulle det sannolikt innebära en dubbelräkning att ta med ovanstående åtgärder. Det är emellertid möjligt att produktivitetsökningar på mer än 0,5 procent per år skulle kunna erhållas genom extra åtgärder.

4.2.1.2 Använd foder som minimerar utsläpp från fodermältning

Åtgärd

Foderstatens sammansättning kan påverka metanavgången. Även fodertillsatser i form av vätebindande föreningar, probiotika och jonofora föreningar har diskute-

rats. Det finns dock fortfarande betydande osäkerhet inom detta område och det är därför svårt att skatta den potentiella effekten av en sådan åtgärd till 2050.

4.2.2 Utsläpp av metan och lustgas från stallgödselhantering

4.2.2.1 Öka rötningen av stallgödsel

Åtgärd

Rötning av stallgödsel ger tre huvudsakliga klimatnyttor: 1) ersättning av fossilt bränsle med biogas, 2) minskning av utsläpp av metan vid lagring av stallgödsel och 3) minskat behov av mineralgödsel genom att kvävetillgängligheten ökar i rötad jämfört med orötad stallgödsel. Mer kunskap behövs om ammoniakavgång från rötresten, vilka eventuellt kan öka. Klimatnyttan av att använda biogas som fordonsbränsle diskuteras i avsnitt 4.5.1.1 och effekten av minskat behov av mineralgödsel i avsnitt 4.6.1.2.

Utsläppen från lagring av stallgödsel minskar vid rötning eftersom den metan som produceras tas om hand istället för att avgå till atmosfären. Metanutsläppen blir sedan avsevärt mindre vid lagring av rötresterna jämfört med lagring av orötad stallgödsel.

Utifrån metanemissionsfaktorer för gödselhantering per djur (tabell 3 i bilaga 2) och data på den producerade mängden gödsel per djur (Naturvårdsverket, 2012a) skattas utsläppen från stallgödsel från mjölkkor till knappt 100 kg CO₂-ekvivalenter per ton torrsubstans gödsel. För andra grupper av nötdjur uppgår utsläppen till i storleksordningen 200 kg per ton torrsubstans. Utsläppen av metan från gödsel från svin för köttproduktion uppgår till 300 kg respektive 200 kg CO₂-ekvivalenter per ton torrsubstans. Vid rötning skattas utsläppen minska med runt 80 procent¹². Vi har då inte räknat med risken att det sker ett metanläckage från biogasanläggningar.

Den totala stallgödselmängden 2050 skattas uppgå till 1,50 Mton torrsubstans¹³.

12 Enligt Rodhe m.fl. (2008) ger varje ton lagrat nötflytgödsel upphov till utsläpp av metan motsvarande 13,76 kg CO₂-ekvivalenter. Det finns ännu inga studier på metanavgång från lagring av rötad stallgödsel. Däremot har utsläppen från rötresten studerats (Edström m.fl., 2008) och utsläppen kan antas vara desamma från rötad nötflytgödsel (muntlig uppgift Åke Nordberg och Andras Baky, JTI). Utifrån dessa antaganden beräknas varje ton rötad nötflytgödsel som lagras i rötrestlager ge upphov till utsläpp av metan motsvarande 2,59 kg CO₂-ekvivalenter. Klimatnyttan av minskad metanavgång genom rötning av nötflytgödsel blir således 11,17 kg CO₂-ekvivalenter per ton rötad nötflytgödsel, vilket innebär en reduktion på drygt 80 procent.

13 Mängden stallgödsel år 2050 kan beräknas utifrån gödselproduktion per djur och betesperioder (från Naturvårdsverket, 2012a) och antalet djur som fås från SASM (tabell 2). Data på gödselproduktion finns enbart för nötdjur och svin i den nationella klimatrapporeringen (Naturvårdsverket, 2012a). Eftersom produktiviteten antas öka till år 2050 (se bilaga 1) användes gödselproduktionen för mjölkkor som producerar 10 ton mjölk per år för alla mjölkkor (uppgifter fanns även för kor som producerar 6 respektive 8 ton mjölk per år). Gödselproduktion för övriga djur togs från en rapport från Avfall Sverige (2008), varvid data för får och lamm användes för getter och kid. Betesperioderna ansåts på samma sätt som i beräkningarna av lustgas från hantering av stallgödsel och samma antaganden görs också för mjölkkor, biffkor och växande djur (se bilaga 2). Data på gödselproduktion varierade mellan kalvar över och under sex månader (Naturvårdsverket, 2012a). 60 procent av kalvarna antas i beräkningarna vara yngre än 6 månader (samma antaganden som i den nationella klimatrapporeringen; Naturvårdsverket, 2012a). Gödselproduktionen för svin för köttproduktion sattes för alla slaktsvin. Antal fjäderfä, får och lamm beräknades på samma sätt som i avsnittet om lustgas från hantering av stallgödsel (se bilaga 2) och antalet getter och hästar på samma sätt som i beräkningarna av utsläpp från fodermältning (se bilaga 2).

Utifrån ekonomisk potential bedöms 25 procent av all stallgödsel kunna rötas på 10–20 års sikt (Jordbruksverket, 2010b). Till 2050 borde andelen vara högre. Vi antar i denna analys att 75 procent av all nöt- och svinggödsel rötas (totalt 0,81 Mton torrs substans). Detta innebär eventuellt en överskattning av mängden rötbar nöt- och svinggödsel men å andra sidan finns också en potential i rötning av fjäderfä- och hästgödsel som vi inte inkluderat i denna beräkning.

Utsläppen från hantering av orötad stallgödsel skattas (enligt de emissionsfaktorer för mjölkkor, andra nötdjur, saggor och svin för köttproduktion som presenteras ovan) uppgå till totalt 0,17 Mton CO₂-ekvivalenter per år. Klimatnyttan av att röta nötflytgödsel (dvs. en reduktion av metanavgången med 80 procent) antas kunna användas även för nötfastgödsel och svinggödsel. Om 75 procent av materialet rötas skulle detta då innebära minskade utsläpp på 0,10 Mton CO₂-ekvivalenter per år.

Styrmedel

Jordbruksverket har, tillsammans med Energimyndigheten och Naturvårdsverket, tagit fram ett förslag på en metanreduceringsersättning. Detta styrmedel skulle kompensera för marknadsmisslyckandet att fossila bränslen fortfarande är billigare än förnybara alternativ och marknadsmisslyckandet att biogasen inte får betalt för alla sina samhällsekonomiska nyttor (Jordbruksverket, 2010b).

En ersättning på 20 öre per kWh föreslås utgå för rågas producerad genom rötning av stallgödsel (Jordbruksverket, 2010b). Då ersätts småskaliga biogasproducenter i ungefärlig proportion till miljö- och klimatnyttan med minskad metanavgång.

Med dagens ekonomiska förutsättningar är det svårt att få lönsamhet i biogasproduktion på gårdsnivå, trots generella styrmedel som koldioxidskatt och elcertifikat (Jordbruksverket, 2010b). Produktionskostnaderna för biogas skattas uppgå till någonstans mellan 30 till 70 öre per kWh rågas, och det är endast riktigt stora anläggningar (med en produktion på 100 GWh per år eller mer) som kan komma ner till totala produktionskostnader på 30 öre per kWh rågas. I kontakter med rådgivare bedöms intäkterna från elproduktion (inklusive elcertifikat) maximalt kunna uppgå till cirka 50 öre per kWh¹⁴. En metanreduceringsersättning på 20 öre per kWh skulle därmed också göra att biogasproduktionen blev mer lönsam.

Det är väsentligt att en införd metanreduceringsersättning blir ett långsiktigt infört styrmedel för att aktörerna på marknaden ska våga investera i och satsa på biogasproduktion från stallgödsel. Den maximala årliga kostnaden för metanreduceringsersättningen (exklusive administrativa kostnader) kan uppskattas till 320 miljoner (baserat på att 0,81 Mton torrs substans motsvarar 1 600 GWh, se avsnitt 4.5.1.1, och en kostnad på 20 öre per kWh). Detta motsvarar 3 200 kronor per ton CO₂-ekvivalenter. Storleken på ersättningen bör anpassas till klimatnyttan och även kopplas till priset på fossila bränslen. Samtidigt är det viktigt att ersättningen fasas ut om de ekonomiska förutsättningarna för biogasproduktion avsevärt förbättras och biogasproduktionen därmed blir lönsam utan ersättning. Då kan även rötning

¹⁴ Vissa rådgivare har försökt sätta ett ekonomiskt värde på fördelarna av att stallgödseln rötas innan den sprids på åkrarna. För ökat kväveutnyttjande (främst högre ammoniumkvävehalt) har värdet beräknats till 23 kronor per m³ rötrest och för fördelen att stallgödseln blir tekniskt enklare att sprida (homogeniserad och mer lättflytande) har värdet satts till 1 krona per m³ rötrest. Det har dock i praktiken visat sig vara få lantbrukare som har tagit upp den förädlade stallgödseln som en intäkt i sina lönsamhetskalkyler.

av stallgödsel ha utvecklats till en praxis inom jordbruket och den önskade klimatnyttan uppnås då troligen även utan stöd.

Också styrmedel riktade mot ökad produktion av biogas från gödsel, i form av investeringsstöd kopplade till produktion och förädling av biogas samt informationsinsatser, behövs för att få till stånd åtgärden (se avsnitt 4.5.1.1).

4.2.2.2 Minska läckaget vid stallgödselhantering

Täck flytgödselbrunnar

Åtgärd

Genom att täcka en svinflytgödselbrunn med plastduk minskar avgången av metan med motsvarande 2,9 kg CO₂-ekvivalenter per slaktsvinsplats och år, jämfört med försöksled utan täckning (Rodhe och Nordberg, 2011). En slaktsvinsplats producerar 2,4 ton stallgödsel per år¹⁵, vilket innebär att klimatnyttan blir ca 1,2 kg CO₂-ekvivalenter per ton svinflytgödsel. Om flytgödsel beräknas ha en fukthalt på 90 procent blir minskningen i metanavgång drygt 12 kg CO₂-ekvivalenter per ton torrsubstans.

Minskningen i metanavgång från lagring av svinflytgödsel kan ansättas även för nötflytgödsel och täckning med tak borde kunna ge samma effekt som täckning med plastduk (muntlig uppgift Lena Rodhe och Åke Nordberg, JTI). Vi antar i våra beräkningar att utsläppsminskningen kan ansättas för all flytgödsel oavsett djurslag.

Täckning orsakade inga signifikanta minskningar för avgången av lustgas, vid halmtäckning av svingödsel ökade tvärtom avgången av lustgas (Rodhe och Nordberg, 2011).

Om gödselmängden beräknas på samma sätt som vid åtgärden ökad rötning av stallgödsel (se avsnitt 4.2.2.1) och andelen av den totala mängden stallgödsel i flytgödselsystem beräknas på samma sätt som i beräkningarna av lustgas från hantering av stallgödsel (se bilaga 2) motsvarar den totala mängden flytgödsel 0,71 Mton torrsubstans per år. Om all flytgödsel täcks skulle detta, baserat på antagandena ovan, leda till en minskning av växthusgasavgången med knappt 0,01 Mton CO₂-ekvivalenter per år.

Styrmedel

De styrmedel som här skulle vara aktuella är av administrativ art eftersom det redan idag finns lagkrav på täckning av flytgödsel och då i syfte att minska ammoniakavgång¹⁶. Då kravet idag är att det ska finnas svämtäcke eller motsvarande, borde en justering av lagtexten inte innebära extra administrativa kostnader. Däremot innebär det en kostnad för lantbrukaren. Täckning med ett spänntak av en betongbehållare som innehåller 3 000 m³ gödsel eller rötresten kostar ungefär 270 000 kronor¹⁷. Alternativt väljer lantbrukaren en dukbehållare som fungerar som ett flytande tak och som kostar ungefär 170 000 kronor för samma volym¹⁸.

¹⁵ Siffror från Jordbruksverkets stallgödseldatabas

¹⁶ Se SJVSF 2011:25.

¹⁷ Muntlig uppgift MPG. Storleken avser en snittvolym hos deras kunder.

¹⁸ De redovisade kostnaderna.

Om 0,71 Mton torrrsubstans motsvarar 7,1 Mton gödsel och densiteten ligger på 1 ton per m³ skulle det behövas runt 2 400 behållare. Den totala kostnaden för täckning skulle därmed uppgå till mellan 400 och 650 miljoner kronor. Om vi antar att täckningen håller i 20 år skulle kostnaden för lantbrukaren uppgå till mellan 2 000 och 3 300 kronor per ton CO₂-ekvivalenter (kostnaden är då utan kalkylränta). Även om kostnaden för staten blir låg, uppstår således en betydande extrakostnad för lantbrukaren.

Surgör flytgödsel

Åtgärd

Surgörning av flytgödsel, genom tillsats av syra, minskar metanavgången från gödseln med i storleksordningen 25 procent (Jordbruksverket, 2010a). Dessutom minskar ammoniakavgången.

Om gödseln surgörs är det inte möjligt att använda materialet för biogasframställning. Däremot har möjligheten att surgöra rötresten efter biogasframställning diskuterats.

Om gödselmängden beräknas på samma sätt som vid åtgärden om ökad rötning av stallgödsel (se avsnitt 4.2.2.1) och andelen av den totala mängden stallgödsel i flytgödselsystem beräknas på samma sätt som i beräkningarna av lustgas från hantering av stallgödsel (se bilaga 2) motsvarar den totala mängden flytgödsel 0,71 Mton torrrsubstans. Av detta är 0,68 Mton nöt- eller svinflytgödsel. Om 75 procent av nöt- och svingödseln används för biogasproduktion kvarstår 0,17 Mton torrrsubstans och vi antar att all denna surgörs (fördelat på 59 procent från mjölkkor, 19 procent från övrig nöt, 3 procent från sugor och 19 procent från svin för köttproduktion). Detta innebär eventuellt en överskattning av mängden rötbar nöt- och svingödsel men å andra sidan finns också en potential i rötning av fjäderfä- och hästgödsel som vi inte inkluderat i denna beräkning. Dessutom finns ytterligare potential i att kunna surgöra lagrade rötrester.

Om metanemissionsfaktorer per ton torrrsubstans gödsel från beräkningarna av effekten av att öka rötning av gödsel används (avsnitt 4.2.2.1) skulle en 25-procentig minskning av utsläppen från 25 procent av all nöt- och svinflytgödsel uppgå till knappt 0,01 Mton CO₂-ekvivalenter.

Styrmedel

Det styrmedel som här skulle vara aktuellt är ett investeringsstöd för lagring och hantering av den syra som tillsätts. Enligt beräkningar gjorda av Baky m.fl. (2010) är kostnaden för syrabehandling av flytgödsel ungefär 35–45 kronor per m³ gödsel. Den totala kostnaden för att surgöra 0,17 Mton torrrsubstans (med en omräkningsfaktor på 10 mellan flytgödsel och torrrsubstans och en densitet på 1 ton per m³) blir då i storleksordningen 60–76 miljoner kronor. Detta motsvarar 6 000–7 600 kronor per ton CO₂-ekvivalenter. Mer forskning behövs rörande effekterna av surgörning av rötrester efter biogasframställning.

Täck och/eller vänd fastgödselstackar

Åtgärd

Om gödselstackar (fastgödsel) täcks minskar syretillförseln till gödseln. I ett försök med en utseparerad fast fraktion av stallgödsel bidrog täckningen till att lustgasemissionerna reducerades från 5 procent till mindre än 0,1 procent av den totala kvävemängden (Hansen m.fl., 2006), och liknande resultat har erhållits vid täckning av ströbädd från nötkreatur (Chadwick, 2005). I det senare försöket minskade också metanavgången från 3,5 till 0,17 procent av den totala kolinnehållet, vilket förklarades av att temperaturen sjönk vid täckning och att detta gav en större effekt på metanproduktionen än den minskade syretillförseln (Chadwick, 2005). Genom kontinuerlig vändning av gödselstackar undviks syrefattiga förhållanden i fastgödseln. Därmed minskar metanemissionerna, men tyvärr ökar istället ammoniakavgången.

För närvarande finns inte tillräckligt med kunskap för att kunna bedöma potentialen i denna åtgärd och styrmedel föreslås därför inte heller.

Övriga åtgärder

Det finns ytterligare åtgärder som har potential men vars klimatnytta är svår att fastställa (och därmed diskuteras inte heller styrmedel).

- Kyl stallgödselbehållare. Låg temperatur i stallgödsellager/rötrestlager minskar metanbildning och ammoniakemissioner.
- Sprid endast stallgödsel när grödan har behov av kväve. Spridning av lättillgängligt kväve på hösten ökar risken för lustgasavgång och läckage av kväve till vatten.
- Undvik att sprida stallgödsel kring/i surhål eller i/på markprofil med hög markvattenhalt, eftersom detta kan leda till hög lustgasavgång.
- Med ny teknik kan gödsel separeras, exempelvis fast från flytande del. Detta kan ge mer anpassade växtnäringsfraktioner, men det kan också leda till ökad lustgasavgång.
- Olika förbehandlingstekniker kan öka utrotningsgraden av substratet till biogasrötning. På så sätt ökas effektiviteten och därmed även växthusgasavgången.
- Utfodringen påverkar gödselns sammansättning och därmed metanavgången.

4.2.3 Utsläpp av lustgas från jordbruksmark

4.2.3.1 Anpassa kvävetillförseln

Optimera gödsling

Åtgärd

Utsläppen av lustgas kan minskas om tillförseln av kväve minskas. Detta kan ske genom exempelvis noggrannare analyser av grödans kvävebehov eller kväveinnehåll i stallgödsel. Vidare kan tillförseln regleras i tid så att risken för läckage minskar, vilket även minskar risken för lustgasavgång från marken. Det finns dock redan ett antagande i modellberäkningarna med SASM om att effektiviteten ökar (se bilaga 1). Detta innebär att det sannolikt blir en dubbelberäkning om vi även

inkluderar det som åtgärd. Det är dock viktigt att ytterligare effektiviseringsåtgärder sker eftersom utsläpp av lustgas från kvävetillförsel utgör en stor del av jordbrukets växthusgasutsläpp (figur 6). Särskilt viktig blir åtgärder för att effektivisera stallgödselspridningen, eftersom mängden kväve och kvävefrigörelsen i stallgödsel hittills har varit mycket svår att bestämma. Det blir även viktigare att inte sprida för höga givor stallgödsel och att få ut stallgödsel på en större areal samt att bättre kunna bedöma om eller hur mycket extra mineralkväve som bör tillföras.

Tillför gödselgiva under dagens rekommenderade nivå

Åtgärd

I Olsson m.fl. (2011) förs ett resonemang om effekterna av minskad kvävetillförsel. Baserat på olika studier drar de slutsatsen att en minskning av kvävetillförseln med 50 procent jämfört med den optimala nivån skulle leda till en 15-procentig minskning av spannmålsskörden första året och om kvävetillförseln fortsatt hölls på en nivå av hälften av den optimala givan skulle skörden minska med 25 procent. För sockerbetor och potatis skulle en halvering av den idag rekommenderade optimala gödselgivan leda till en skördeminskning på 10 procent och för oljevaxter på 15 procent.

Vi har i föreliggande rapport enbart räknat på användningen av mineralgödsel. Även användningen av stallgödsel borde dock regleras inom denna åtgärd. Vi antar att ekonomiskt optimal kvävetillförsel för spannmål år 2050 ligger på 120 kg per hektar, dvs. i storleksordningen som dagens rekommendation (Jordbruksverket, 2011d). Den totala spannmålsarealen är enligt modellberäkningarna 648 000 hektar år 2050 (tabell 2). Även om man undantar arealen som odlas med brödvete (och antar att denna är samma som nu, dvs. 200 000 hektar), eftersom en minskad kvävetillförsel skulle leda till att brödvetet inte kan uppnå kvalitetskraven på proteinhalt (Jordbruksverket, 2010a), kvarstår nära 450 000 hektar. 30 procent av spannmålsarealen gödslas i nuläget med stallgödsel (Statistiska Centralbyrån, 2010), och om vi antar samma andel 2050 ska ytterligare 150 000 hektar dras bort. En minskning av skörden med 25 procent på 300 000 hektar skulle innebära att ytterligare 100 000 hektar skulle behöva tas i anspråk för spannmålsodling. Därmed minskar den areal som skulle ligga i träda i referensscenariot (tabell 2). Kvävetillförseln på de 300 000 hektaren skulle minska med 18 000 ton. En tillförsel med 60 kg kväve per hektar på övriga 100 000 hektar blir totalt 6 000 ton, vilket innebär en nettominskning på 12 000 ton (om vi antar att hela minskningen utgörs av mineralgödsel). Detta motsvarar 0,05 Mton CO₂-ekvivalenter i form av minskade direkta utsläpp av lustgas från marken (ökningen av de indirekta utsläppen bedöms vara försumbar). Till detta kommer de utsläpp av växthusgaser som uppstår vid produktion av mineralgödsel vilka diskuteras i avsnitt 4.6.1.5.

En minskad kvävetillförsel kan också minska kolinlagringen i marken, i storleksordningen 1,2 kg kol per kg kväve (Olsson m.fl., 2011). Detta motsvarar 4,4 kg CO₂ per kg kväve. En minskning av tillförseln med 12 000 ton kväve skulle då kunna påverka flödena av koldioxid från markanvändning så att inbindningen minskade med i storleksordningen 0,05 Mton CO₂ per år. Därmed skulle minskad kolinlagring kunna ta ut minskningen i lustgasavgång. En noggrannare utredning behövs dock av den potentiella nettoeffekten.

Om arealen som odlas ökar, ökar också förbrukningen av drivmedel i arbetsmaskiner vid odling. Dieselåtgången är runt 70 liter per hektar och år vid spannmålsodling (tabell 6), vilket leder till en ökad dieselförbrukning på totalt 6 400 m³ jämfört med om de 100 000 hektaren som måste tas i anspråk för att produktionsvolymen ska kunna behållas hade legat i träda (Baky m.fl., 2010). Om vi antar att olika effektiviseringsåtgärder gör att utsläppen per hektar är 40 procent lägre 2050 (se avsnitt 3.2.2.2) innebär det ändå en total dieselförbrukning på 3 800 m³. Utsläppen av växthusgaser från förbränning av diesel uppgår till 2,7 ton per m³ (Naturvårdsverket, 2012a). Detta innebär totalt ökade utsläpp på 0,01 Mton CO₂-ekvivalenter från ökad dieselanvändning.

Styrmedel

I Jordbruksverket (2010a) diskuteras olika möjliga styrmedel för att få tillstånd åtgärden. En miljöersättning avfärdas eftersom den sannolikt skulle få en relativt begränsad anslutning och bli administrativt betungande att genomföra. Ett system med gödselräkenskaper bedömdes kräva mycket kunskap och underlag som skulle ta många år att ta fram och dessutom fordra stora personella och ekonomiska resurser för administration och kontroll. En hög skatt eller avgift på kväve i mineralgödsel ansågs vara enklare ur administrativ synvinkel men miljöstyrningen blir oprecis eftersom det skulle påverka lantbrukare i hela landet och eventuellt leda till att den inhemska brödveteodlingen försvann. En framkomlig väg som pekades ut var att införa ett system med inköpsrätter för mineralgödsel. Förslaget är emellertid än så länge bara en idéskiss och skulle behöva utredas mer innan analyser kan göras av hur långt man kan nå med åtgärden samt dess kostnadseffektivitet.

4.2.3.2 Minska lustgasavgången från tillförsel av stallgödsel

Åtgärd

Genom rötning av stallgödsel ökar andelen växttillgängligt kväve. Rötresterna bör alltså, liksom mineralgödsel, läcka mindre lustgas jämfört med orötad stallgödsel eftersom grödan kan ta upp mer av kvävet. Samtidigt innebär en högre andel lättlösligt och växttillgängligt kväve en ökad risk för såväl växtnärläckage som ammoniak- och lustgasavgång vid icke-optimala spridningsförhållanden, till exempel blöta vattenståndsfuktuerande förhållanden i marken (muntlig uppgift Lena Rodhe, JTI och Johan Malgeryd, Jordbruksverket). Detta förvärrar skattningen av åtgärdens potential.

Styrmedel

Eftersom rötresten är en restprodukt från biogasframställning kan styrmedel riktade mot ökad produktion av biogas från gödsel (se avsnitt 4.2.2.1 och 4.5.1.1) även ge positiv effekt för denna åtgärd. Extra informationsinsatser om nyttan i form av minskad lustgasavgång kan dock behövas.

4.2.3.3 Återför organogen mark till våtmark

Åtgärd

Lustgasflödena från orörda myrar är generellt låga (Martikainen m.fl., 1993; Laine m.fl., 1996; Regina m.fl., 1996). Detta var också fallet för anlagda våtmarker (Hendriks m.fl., 2007). Lustgasavgången kan dock bli högre för våtmarker som

används för kväverening och i storleksordningen 0,05–0,1 procent av det tillförda kvävet kan avgå som lustgas (Svensson, 2010). I Ström m.fl. (2007) skattas 0,06 procent av det tillförda kvävet avgå från marken i form av lustgas, och den totala lustgasavgången beräknas uppgå till 3,9 kg per hektar och år (motsvarande drygt 1 ton CO₂-ekvivalenter).

Återskapande av våtmarker kan, förutom att minska växthusgasavgången från marken, också ge positiva effekter för biodiversitet och rekreation (Freibauer m.fl., 2004). Om våtmarkerna anläggs på ett sådant sätt att de ökar näringsretentionen kan de också vara positiva ur ett växtnäringsläckageperspektiv. En höjning av grundvattennivån på organogen mark kan dock öka risken för fosforläckage (Meissner m.fl., 2008). Varje våtmarksanläggning bör därför ske med hänsyn till de platsspecifika förhållandena. All organogen jordbruksmark ligger inte heller så i landskapet att det är möjligt att återföra den till våtmark. Dessutom påverkas den omkringliggande marken varför åtgärden kan leda till att i storleksordningen lika mycket åkermark på mineraljord måste tas ur produktion.

Berglund m.fl. (2009) har kartlagt användningen av organogen mark inom jordbruket. Totalt finns enligt deras skattning nära 170 000 hektar torvmark som används inom jordbruket. Nära 85 000 hektar utgörs av träda eller vall. Lustgasutsläppen från organogen mark beräknas uppgå till i storleksordningen 13 kg N₂O per hektar och år, vilket motsvarar 3,7 ton CO₂-ekvivalenter.

Utifrån antagandena ovan kan ett räkneexempel göras. Om hela arealen organogen åkermark som utgörs av vall eller träda skulle återföras till våtmark skulle lustgasutsläppen kunna minska med i storleksordningen 0,32 Mton CO₂-ekvivalenter per år. Om 12 000 hektar användes för kväveretention (Naturvårdsverket, 2009) skulle lustgasutsläppen från dessa kunna bli i storleksordningen 0,01 Mton CO₂-ekvivalenter per år, varvid en minskning på 0,31 Mton per år kvarstår.

Åtgärden att återföra organogen mark till våtmark leder också till en minskning av koldioxidavgången, vilket diskuteras i avsnittet om markanvändning (se avsnitt 4.4.2.1).

Styrmedel

Återföring av organogen mark till våtmark kan inte anses lönsam för lantbrukaren då inkomstpotentialen från våtmark är mycket låg. Anläggning av våtmark kan dock vara samhällsekonomiskt lönsam, speciellt om man tar hänsyn till andra positiva effekter till exempel kväverening. Behovet av kväverening bör dock minska till 2050 (se avsnitt 3.1.2) och därför behöver den samhällsekonomiska effekten 2050 utredas vidare.

Om 85 000 hektar organogen mark ska återföras till våtmark innebär det att även omkringliggande mark påverkas. Därmed kan åtgärden leda till att i storleksordningen lika mycket åkermark på mineraljord kan komma att tas ur produktion, vilket medför en total areal på 170 000 hektar. Vi antar ytterligare att våtläggningen av de 170 000 hektaren sker linjärt över perioden 2013–2050, vilket ger ungefär 4 600 hektar per år, och att våtmarken sköts under 20 år (i enlighet med antaganden i det tekniska underlaget i TULPAN). I det tekniska underlaget antas en investeringskostnad på 150 000 kronor per hektar våtmark samt en skötselkostnad på 4 500 kronor per hektar och år (under de 20 åren).

Till detta kommer en ytterligare kostnad för markägaren, genom att marken när en våtmark anlagts inte kan användas för odling. Om vi som ett räkneexempel antar att våtmarken anlagts på organogen mark som låg i träda minskar inte markägarens intäkter för denna areal. Om vi vidare antar att den omkringliggande marken som måste tas ur produktion är mineraljord och att den alternativa användningen är spannmålsodling skulle så väl täckningsbidraget som markvärdet minska. Täckningsbidraget för spannmålsgrödor antas vara runt 2 000 kronor per hektar och det diskonterade markvärdet under en 20 årsperiod antas vara 2 500 kronor per hektar. För att åtgärden ska komma till stånd behöver markägaren ersättas även för denna förlust varför ersättningsnivån behöver ökas. Vi antar att även denna ersättning betalas ut under 20 år.

När en kalkylränta på 1,5 procent¹⁹ används (och ingen uppräkningsbelopp görs över tid) blir den totala kostnaden för hela perioden (2013–2050) 30,3 miljarder kronor. Detta innebär en kostnad på runt 5 100 kronor per ton CO₂-ekvivalenter. Åtgärden bidrar också till att koldioxidutsläppen från organogen mark minskar vilket ökar kostnadseffektiviteten (se avsnitt 4.4.2.1).

En möjlighet är att i så stor utsträckning som möjligt försöka lokalisera våtmarker med syfte att öka den biologiska mångfalden till organogen mark. Detta skulle dessutom medföra att de förläggs till områden där det tidigare fanns våtmarker. Emellertid kan det vara svårt att optimera anläggningen ur både biologisk mångfalds- och klimatperspektiv.

4.2.3.4 Minska odlingsintensiteten på organogen mark

Åtgärd

I en svensk studie var lustgasavgången tio gånger högre från en mark som odlats med korn än från en permanent gräsbevuxen mark, och ännu högre lustgasavgång har uppmätts från organogen mark som odlas med morötter (Kasimir Klemedtsson m.fl., 2009). En sammanställning av mätningar genomförda i nordiska länder visar på en stor spridning på avgången från organogen mark utan tydlig koppling till vad som odlas (Maljanen m.fl., 2009). Även om det finns indikationer på att lustgasavgången är högre vid högre odlingsintensitet behövs mer kunskap innan åtgärder föreslås.

4.2.3.5 Förbättra dränering av mark

Åtgärd

Förbättrad dränering av mark minskar risken för lustgasavgång samtidigt som det ger möjlighet till säkrare skördeläge. Det är dock svårt att skatta potentialen av denna åtgärd och inga styrmedel har därför beskrivits.

4.2.4 Sammanlagd effekt av åtgärder riktade mot utsläpp av metan och lustgas från jordbruk

Den totala minskningen av utsläpp av metan och lustgas från jordbruket uppgår enligt skattningarna till 0,48 Mton CO₂-ekvivalenter (tabell 9), vilket motsvarar nära 7 procent av de beräknade utsläppen av metan och lustgas från jordbruket 2050. Potentialen i åtgärderna bör snarast ses som ett räkneexempel eftersom effekterna av

¹⁹ Vilket bland annat används i Stern-rapporten.

åtgärderna, samt möjligheten att genomföra dem, är mycket osäkra. Emellertid är det svårt att ange ett spann för osäkerheten, varför vi använder det beräknade värdet i resonemangen. Den största potentialen ligger i att återföra organogen mark till våtmark. En stor potential ligger också i att öka rötningen av gödsel. Även andra åtgärder som rör hanteringen av gödsel kan bidra till minskade utsläpp. I dessa beräkningar har vi antagit att täckning av flytgödselbrunnar kan ge en effekt även om merparten av all gödsel rötas. Därmed har vi lagt samman effekten av åtgärderna.

Analysen bygger enbart på nu kända åtgärder. Forskning och utveckling, exempelvis av perenna spannmålsgrödor, eller tekniksprång skulle kunna leda till ytterligare minskningar.

Kostnaderna för åtgärderna varierar och ligger mellan 2 000 och 8 000 kronor per ton CO₂-ekvivalenter.

Tabell 9. Effekter av olika åtgärder för att minska utsläppen av metan och lustgas från svenskt jordbruk.

Utsläppskälla	Åtgärd	Underåtgärd	Effekt (Mton CO ₂ -ekv)	Kommentar
Fodersmältning	Minska antalet djur	Minska köttproduktionen	0	Hjälper inte om vi ska fortsätta äta lika mycket kött
		Öka produktiviteten i mjölk- och nötköttsproduktionen	0	Ingår redan antagande om ökad produktivitet i referensscenariot
	Använd foder som minimerar utsläppen från fodersmältning		X	Svårt att skatta potentialen
Stallgödselhantering	Öka rötningen av stallgödsel		0,10	
		Minska läckage vid stallgödselhantering	Täck flytgödselbrunnar	0,01
		Surgör flytgödsel	0,01	
		Täck och vänd fastgödselstackar	X	Svårt att skatta potentialen
Lustgasavgång från jordbruksmark	Anpassa kvävetillförsel	Optimera gödsling	0	Ingår redan antagande om ökad produktivitet i referensscenariot
		Tillför gödselgiva under dagens rekommenderade nivå	0,05	Leder också till minskat upptag av koldioxid från markanvändning med 0,05 Mton CO ₂ och ökad dieselförbrukning motsvarande 0,01 Mton CO ₂
	Minska lustgasavgången från tillförsel av stallgödsel		X	Svårt att skatta potentialen
	Återför organogen mark till våtmark		0,31	
	Minska odlingsintensiteten på organogen mark		X	Effekten är osäker
	Förbättra dränering av mark		X	Svårt att skatta potentialen
	Summa			0,48

4.3 Åtgärder och styrmedel för att minska utsläpp av växthusgaser från direkt energianvändning

4.3.1 Utsläpp av växthusgaser från stationär energianvändning

I referensscenariot till 2050 antar vi att all eldningsolja byts ut mot träbränsle, och all dieselolja som används i stationära arbetsmaskiner ersätts med el (se avsnitt 3.2.2.1). De fossila energikällorna i stationära anläggningar beräknas alltså i stor utsträckning vara utbytta mot förnybara som ett resultat av prisutveckling och dagens styrmedel. Kvarstående användning av fossila bränslen kan minskas genom olika åtgärder. Eftersom även förnybar energi ger upphov till utsläpp av växthusgaser (och mängden energi som kan tillföras inte är obegränsad) är det också viktigt att effektivisera energianvändningen. Redan i referensscenariot antas den totala energianvändningen minska med 15 procent till 2050 jämfört med nivån 2007 till följd av bättre energiprestanda (se avsnitt 3.2.2.1). Det finns dock ytterligare möjligheter till energieffektivisering.

4.3.1.1 Öka användningen av spillvärme i växthus

Åtgärd

Växthusbranschen använder sig idag till viss del av naturgas för uppvärmning. I gurk- och tomatodlingar innebär detta att man också får koldioxid till odlingarna, som annars får tillsättas på annat sätt, och dessutom ger naturgas lättskötta system jämfört med flispannor (Christensen och Larsson, 2010). Därför har vi antagit att användningen av naturgas kommer att finnas kvar till 2050 om inga åtgärder vidtas (tabell 5).

En åtgärd för att minska användningen av naturgas kan vara att öka antalet växthus som använder sig av spillvärme från olika anläggningar, exempelvis industri eller biogasproduktion. Potentialen att utnyttja spillvärme i växthus har bedömts vara stor (muntlig uppgift från Håkan Sandin, SLU). Det är också en möjlighet för nya strukturer och ökad lönsamhet inom växthusbranschen, där medelåldern hos företagen idag är hög.

Om 50 procent av all växthusproduktion skulle använda spillvärme, och det i första hand är växthus med naturgas och gasol som ställer om, innebär det att 170 GWh naturgas, 32 GWh gasol och 129 GWh träbränsle byts mot fjärrvärme/spillvärme (se avsnitt 3.2.2.1). Det innebär en besparing i växthusgasutsläpp på 0,05 Mton CO₂-ekvivalenter per år (baserat på emissionsfaktorer från tabell 5).

Styrmedel

En omställning till spillvärme kommer endast att genomföras om den är lönsam för företaget. Med tanke på att de flesta växthus kommer att bytas ut till 2050 (se avsnitt 4.3.1.2) bör styrmedel användas så att spillvärme är ett konkurrenskraftigt alternativ, då det finns lokala möjligheter för spillvärme. Aktuella styrmedel blir därför främst forskning och utveckling av användning av spillvärme i växthus och informationsåtgärder. Vid behov kan incitamenten för lokala avtal om spillvärme förstärkas av subventioner. En grundförutsättning är dock att sådana avtal är lönsamma, för både leverantören av spillvärme och de företag som odlar grödor i växthus. Styrmedel som regleringar och skatt/avgift anses här ha låg samhällseko-

nomisk effektivitet, p.g.a. att skatter och avgifter kräver mycket precis information om priskänslighet i både utbud och efterfrågan (tabell 8).

4.3.1.2 Energieffektivisera

Bygg nya energieffektiva växthus

Åtgärd

Växthusbranschen står inför en strukturförändring. Redan idag är de flesta växthusen gamla och till 2050 måste de bytas (Christensen och Larsson, 2010). I referensscenariot har vi antagit att energianvändning i växthus år 2050 kommer att vara densamma som idag (se avsnitt 3.2.2.1). Det är därför viktigt att styra växthusproduktionen mot smartare energilösningar.

Nya växthus har bedömts innebära en 30-procentig besparing av värmeanvändningen (muntlig uppgift Inger Christensen, Grön Kompetens AB). En 30-procentig minskning av värmeanvändningen skulle innebära en besparing av 123 GWh träbränsle, 10 GWh gasol, 51 GWh naturgas och 15 GWh fjärrvärme, vilket motsvarar växthusgasutsläpp på 0,02 Mton CO₂-ekvivalenter (baserat på emissionsfaktorer i tabell 5). Om spillvärmeanvändningen ökas (se avsnitt 4.3.1.1) innebär det istället att 85 GWh träbränsle och 113 GWh fjärrvärme/spillvärme, vilket leder till minskade utsläpp av växthusgaser på i storleksordningen 3 000 ton CO₂-ekvivalenter.

Styrmedel

Kostnaden för värmeanvändning är en stor del av växthusföretagens totala kostnad i Sverige. Vid investeringar i nya växthus bör energieffektiva växthus vara ett lönsamt alternativ och därför bör till stor del detta redan vara inräknat i den förväntade energieffektiviseringen på 15 procent (se avsnitt 3.2.2.1). Styrmedel såsom information och rådgivning om energieffektivitet kan anses effektiva då det finns tydliga ekonomiska incitament vid en nyinvestering för producenten. Regleringar kan användas för att säkerställa en lägsta nivå på energieffektiviteten i nya växthus. Sådana regler riskerar dock att sända felaktiga signaler till aktörerna om optimal effektivitet och hämma incitamenten för ytterligare energieffektivitet (tabell 8). En subvention (som till exempel investeringsstöd) kan eventuellt användas för att öka investeringstakten.

Ha bara naturlig ventilation i djurstallar

Åtgärd

Även i djurhållning finns många vinster att göra vid nybyggnation genom nya systemlösningar och effektivare utrustning. Ett exempel är att använda sig av naturlig ventilation i stallar. År 2008 var den totala energianvändningen i mjölkstallar 459 GWh per år, varav runt 16 procent användes till ventilation (Baky m.fl., 2010). Om alla stall byter till naturlig ventilation kan därmed en besparing på 62 GWh el göras. Detta innebär dock inte en minskning i utsläpp av växthusgaser eftersom vi endast räknar på växthusgasutsläpp i samband med energianvändning (se avsnitt 3.2.2.1) och vi antar att användningen av el år 2050 inte kommer att ge upphov till några växthusgasutsläpp (tabell 5).

Det finns även andra besparingar exempelvis värmepumpar, golvvärme i gris-

stallar och effektivare belysning. En del av besparingarna antas ske med redan befintliga styrmedel och ökade energipriser. Utvecklingen idag pekar dock på att det behövs mer styrning för ökad energieffektivisering.

Styrmedel

Åtgärden bedöms vara lönsam för lantbrukaren. Tänkbara styrmedel är därför information, rådgivning och forskning och utveckling (tabell 8).

Minska energiåtgången vid spannmålstorkning

Åtgärd

Spannmålstorkar använder mycket energi under korta perioder av året. Det finns en potential att minska energianvändningen genom regelbundet underhåll, värmeåtervinning m.m. Även alternativa sätt att konservera spannmålen kan minska energianvändningen. Värmeåtervinning, genom att ta tillvara på den utgående torkluften och återföra denna till den ingående torkluften, beräknas kunna leda till energibesparingar på mellan 7 och 10 procent (Fogelberg m.fl., 2007). Genom att bara torka den foderspannmål som ska lagras en kort tid under vintern, ner till en vattenhalt på 16 procent, kan en gård spara närmare 25 procent av energianvändningen till torken (Edström m.fl., 2009).

Om alla med torkar skulle använda värmeåtervinning, och vi antar att detta innebär en besparing på 10 procent, skulle energianvändningen minska med runt 76 GWh. Om dessutom 10 procent av allt spannmål torkas till en vattenhalt av 16 procent skulle det innebära en besparing på runt 17 GWh. Tillsammans innebär de båda åtgärderna för spannmålshantering en 93 GWh reducering. Eftersom det främst är träbränsle som antas användas i år 2050 (tabell 5) innebär det en koldioxidbesparing på 3 000 ton CO₂-ekvivalenter (se tabell 5 för emissionsfaktorer för olika bränslen).

Det finns ytterligare potential i alternativ spannmålslagring, så som lufttät lagring, men den är svår att kvantifiera.

Styrmedel

Ökade energipriser är i sig ett incitament för energieffektiviseringsåtgärder men kan behöva förstärkas ytterligare med informations- och rådgivningsinsatser (tabell 8). Forskning och utveckling är också viktigt för att uppnå en effektiv energianvändning inom jordbruket.

Energieffektivisera gödselhanteringen

Åtgärd

Genom eldrivna omrörare och täckta behållare kan en besparing på 50–70 procent av energin vid omrörning uppnås (Baky m.fl., 2010). Denna besparing är dock relativt liten eftersom energianvändningen vid gödselhanteringen på gården (exklusive de delar som handlar om transport och spridning av gödsel i fält) är en liten del av jordbrukets totala energianvändning (Baky m.fl., 2010). Av den anledningen antar vi att besparingen ryms inom antagandet om 15 procent allmän effektivisering (se avsnitt 3.2.1.1).

Minska energianvändningen vid mjölkning

Åtgärd

Energianvändningen vid mjölkning utgör nära 30 procent av den totala energianvändningen på mjölkgården. Andelen varierar lite beroende på om korna går i lösdrift eller är uppbundna. Den största skillnaden mellan systemen är att elanvändningen vid mjölkning blir högre för lösdrift med robotmjölkning än vad det blir för övrig lösdrift eller uppbundna kor. I övrigt är energiförbrukningen relativt lik (Baky m.fl., 2010). Förkylning av vattnet till mjölkkylen är en åtgärd som Baky m.fl. (2010) framhäver som effektiv. Energianvändningen vid kylning minskar med drygt 50 procent om man förkyler vattnet från gårdens vattenkälla i en motströms plattvärmeväxlare. Vattnet som används vid förkylningen kan senare användas som dricksvatten för korna, eller till att förvärma vatten i en varmvattenberedare (Neuman, 2008).

Om all mjölk förkyls med kallvatten kan runt 27 GWh el sparas. Det innebär dock inga minskade utsläpp av växthusgaser eftersom emissionsfaktorn antas vara 0 för el år 2050 (tabell 5).

Styrmedel

Åtgärden bedöms vara lönsam för lantbrukaren. Tänkbara styrmedel är därför information, rådgivning och forskning och utveckling (tabell 8).

4.3.2 Utsläpp av växthusgaser från bränsleanvändning i arbetsmaskiner

Redan i referensscenariot antas att sparsam körning, effektivare maskiner, utveckling av motorer m.m. leder till en minskad bränsleförbrukning på mellan 15 och 45 procent (se avsnitt 3.2.2.2). Utöver detta finns ett antal ytterligare åtgärder som kan vidtas i syfte att minska utsläppen från jordbrukets arbetsmaskiner. Dessutom ligger en potential i att byta ut fossila drivmedel mot förnybara.

4.3.2.1 Minska bränsleanvändningen i arbetsmaskiner

Det finns ett antal åtgärder som har potential men vars effekt och klimatnytta är svår att fastställa.

- Forskning kring och förmedling av information rörande
 - bruksmetoder för minsta möjliga diesel-/drivmedelsåtgång.
 - grödor för minsta möjliga diesel-/drivmedelsåtgång.
 - äta klimatsmart för minsta möjliga diesel-/drivmedelsåtgång ur odlings-synvinkel.
 - infrastruktur/arrondering för minsta möjliga diesel-/drivmedelsåtgång.
- Tydliga instrument som visar på sparsam och slösande körning.
- Stöd till maskinringar som har energisåla och anpassade maskiner att erbjuda för olika arbetsmoment.
- Stöd till lantbrukare som delar maskinpark med andra, för att kunna hålla fler energisåla och anpassade maskiner för olika arbetsmoment.

4.3.2.2 Ersätt diesel med förnybara drivmedel

En potential ligger i att ersätta diesel i befintliga motorer med något förnybart alternativ. Dock är tillgången på denna typ av bränsle mycket begränsad och det råder konkurrens med transportsektorn som vill använda samma bränslen. Däremot ser vi att det finns en större tillgång på etanol och biogas, men det finns idag inga motorer som använder dessa bränslen och få signaler från tillverkarna om att de kommer att tillhandahålla denna typ av motorer.

Trafikverket har skattat att användningen av förnybara bränslen i arbetsmaskiner kan öka med åtgärder (vilka har inte beskrivits) så att 870 GWh biobränsle används år 2030 och 1 080 GWh år 2050 (muntlig uppgift, Magnus Lindgren Trafikverket). Omvandlat till CO₂-ekvivalenter motsvarar detta 0,29 Mton, under förutsättning att hela mängden ersätter diesel, emissionsfaktorerna från tabell 5 används för diesel och växthusgasutsläppen vid användning av förnybara drivmedel sätts till 0.

4.3.3 Sammanlagd effekt av åtgärder riktade mot utsläpp av växthusgaser från direkt energianvändning

Åtgärderna riktade mot stationär energianvändning skattas kunna ge en energibesparing på 710 GWh. Resultatet bör snarare ses som ett räkneexempel än en faktisk potential. Beräkningarna är förknippade med stora osäkerheter, men det är svårt att skatta hur stor osäkerheten är och därmed ge ett spann på möjlig effekt.

Den största effekten ligger i att öka användningen av spillvärme i växthus och om denna åtgärd genomförs fullt ut blir effekten på växthusgasutsläppen av att bygga nya effektiva växthus mindre. Den totala minskning som enligt dessa beräkningar kan uppnås uppgår därmed till maximalt 0,05 Mton CO₂-ekvivalenter per år (tabell 10), vilket motsvarar 50 procent av de skattade utsläppen från stationär energianvändning inom jordbruket år 2050 (se avsnitt 3.2.2.1).

Dieselförbrukningen minskas redan i referensscenariot till år 2050 och det är svårt att skatta potentialen av ytterligare effektiviseringsåtgärder. Ett utbyte mot förnybara drivmedel kan dock minska växthusgasutsläppen från arbetsmaskiner med i storleksordningen 0,29 Mton CO₂-ekvivalenter (tabell 10), vilket motsvarar 60–95 procent av de skattade utsläppen från bränsleanvändningen i arbetsmaskiner inom jordbruket år 2050 (se avsnitt 3.2.2.2).

Åtgärderna bedöms vara lönsamma för lantbrukaren och således är föreslagna styrmedel information och rådgivning, kompletterat med forskning och utveckling som behövs för att ytterligare skärpa incitamenten att minska energiåtgången. För att öka användningen av förnybara drivmedel i arbetsmaskiner har inga styrmedel föreslagits utan Trafikverket har endast gjort bedömningen att åtgärden inte kommer att komma till stånd utan styrmedel (muntlig uppgift, Magnus Lindgren, Trafikverket).

Tabell 10. Effekter av olika åtgärder för att minska utsläppen av växthusgaser från energianvändning inom jordbruket.

Utsläppskälla	Åtgärd	Underåtgärd	Energi- besparing (GWh)	Effekt (Mton CO ₂ -ekv)	Kommentar
Stationär energi- användning	Öka använd- ningen av spill- värme i växthus		330	0,05	
	Energieffektivi- sera	Bygg nya effektiva växthus	200	0,02/ 0,003	
		Ha bara naturlig ventilation	60	0	Elanvändning antas inte ge upphov till utsläpp av växthus- gaser 2050
		Minska energi- åtgång vid spann- målstorkning	90	0,003	
		Energieffektivisera gödselhantering	0	0	Ingår redan anta- gande om ökad produktivitet i refe- rensscenariot
		Minska energi- användningen vid mjölkning	30	0	Elanvändning antas inte ge upphov till utsläpp av växthus- gaser 2050
Bränsleanvänd- ning i arbets- maskiner		Minska bränsle- användningen i arbetsmaskiner		X	Svårt att skatta potential och effekt
		Ersätt diesel med förnybara driv- medel		0,29	
Summa			710	0,36	

4.4 Åtgärder och styrmedel för att minska utsläpp av koldioxid från markanvändning

4.4.1 Öka kolinlagringen i mark och vegetation

4.4.1.1 Öka kolinlagringen i åkermark

Åtgärd

Vid intensiv jordbearbetning minskar markens kollager. Detta kan i sin tur leda till att markens produktionsförmåga minskar (om markens kolinnehåll minskar från 2 till 1 procent minskar avkastningen med i storleksordningen två ton per hektar), denna minskning kan inte fullt ut kompenseras av en ökat tillförsel av mineralgödselkväve (Hedlund, 2012). Jordbruket kan anpassas så att markens kollager istället ökar genom exempelvis användning av täckgrödor, en ökad nedplöjning av halm och restprodukter eller spridning av slam, rötresten och stallgödsel (Hedlund, 2012). Vidare skulle en utveckling av perenna spannmålsgrödor kunna ge en ökad kolinlagring i marken²⁰. Om perenner ersätter ettåriga grödor kan dessutom behovet av kvävetillförsel minska samt även jordbrukets dieselanvändning (eftersom plöjningen minskar).

De totala utsläppen från åkermark på mineraljord skattades år 2010 till 0,10 Mton

²⁰ Scientific American, december 2011

CO₂ (Naturvårdsverket, 2012a). Åtgärder borde kunna vidtas så att mineraljordarna år 2050 i genomsnitt befinner sig i balans.

Styrmedel

Investering i ökad kolinlagring betalar sig på 10–20 år (Hedlund, 2012). Vilka åtgärder som är lönsamma påverkas dock av bland annat företagets produktionsinriktning och geografiska placering. Det kan också lokalt finnas målkonflikter, till exempel ökad förbränning av halm (se avsnitt 4.5.1.2) kontra ökad nedplöjning av halm. Med informationsåtgärder bör de totala koldioxidutsläppen från nedbrytning av organiskt material i åkermark på mineraljord kunna vara noll till 2050. Investeringar i kolinlagring påverkar dock inte lantbrukarens inkomster positivt på kort sikt. Det kan därför vara av intresse att öka incitamenten för investeringar i kolinlagring med exempelvis investeringsstöd. Här behövs dock ytterligare forskning om vilka åtgärder för kolinlagring som är effektiva för svenska förhållanden och vilka kostnader som är knutna till dessa.

4.4.1.2 Öka kolinlagringen i naturbetesmark

Åtgärd

Naturbetesmarker i Sverige binder in kol, i storleksordningen totalt 0,40 Mton CO₂ per år i marken (Naturvårdsverket, 2012a). Globalt sett finns en stor kollagringspotential i betesmarker (FAO, 2009). Det är dock svårt att se några åtgärder som skulle kunna öka kolinlagringen i magra svenska naturbetesmarker utan att samtidigt äventyra naturvärdena.

Kolinlagringen i långliggande vall är högre än i naturbetesmark (Kätterer m.fl., 2008). Därmed skulle det kunna finnas en potential i permanenta gräsmarker. Mer kunskap behövs dock om hur mycket av kollagret som går förlorat när vallen bryts och sås om samt hur denna förlust kan minimeras. Soussana m.fl. (2007) redovisar exempel på såväl kraftiga nettoförluster som på ackumulering, om än i dämpad takt, också under år då vallen bryts och sås om.

4.4.1.3 Ha fler träd och buskar på jordbruksmark

Åtgärd

Träd i jordbruksmark lagrar kol. Möjligheterna att öka antalet träd i mark som betas har diskuterats (Jordbruksverket, 2011g). För jordbruksmark med ett stort trädinslag har virkesproduktionen antagits vara 2 m³sk per hektar och år (Jordbruksverket, 2011g).

Vi antar att det totala virkesförrådet på jordbruksmark som används för bete kommer att öka med totalt i snitt 25 m³sk per hektar (detta kan jämföras med medelförrådet för svensk skog som ligger på 170 m³sk per hektar). Om vi använder densiteten för björk (650 kg per m³), ansätter ett kolinnehåll på 50 procent och antar att hälften av biomassen finns i andra delar av trädet än stammen ger detta ett totalt kolinnehåll på 16,25 ton kol per hektar. Fördelat jämnt över 40 år (dvs. fram till 2050) ger detta en koldioxidinlagring på 1,49 ton CO₂ per hektar och år. Därefter sker ingen ytterligare kolinlagring (under förutsättning att virkesförrådet inte blir ännu större). Virkesförrådet måste dessutom behållas på denna nivå, annars ska minskningen av kolförrådet i träd räknas som en koldioxidavgång från jordbruksmark.

Det antal djur som beräknas finnas i referensscenariot till 2050 räcker endast till att hålla 340 000 hektar naturbetesmark i hävd (se avsnitt 3.1.2). Miljökvalitetsmålet Ett rikt odlingslandskap handlar om att odlingslandskapets och jordbruksmarkens värde för biologisk produktion och livsmedelsproduktion ska skyddas samtidigt som den biologiska mångfalden och kulturmiljövärdena bevaras och stärks. Arealen naturbetesmark som behövs till detta har skattats till 450 000 hektar²¹. Om antalet djur som beräknats finnas i Sverige år 2050 ska räcka till för att hålla 450 000 hektar naturbetesmark i hävd kan ett alternativ vara att kombinera bete med lövträdsproduktion på den resterande arealen jordbruksmark som används för bete (dvs. kulturbetesmarker och åkerbete). Lövträdsproduktion på triviala kulturbetesmarker kan i sig bidra till biologisk mångfald, men den extensivare markanvändningen betyder också att större arealer behöver användas vilket innebär att djur i viss mån kan flyttas från kulturbetesmark till naturbetesmark.

I betesmark med över 100 träd per hektar beräknas den årliga betesproduktionen uppgå till mellan 0,5 och 1 ton torrsbstans per hektar, dvs. i medeltal i storleksordningen 60 procent av produktionen i betesmarker utan träd (Jordbruksverket, 2011g). Om antalet träd skulle ökas i 275 000 hektar av kulturbetesmarkerna eller i andra betesmarker med måttliga biologiska värden skulle nya arealer behöva tas i anspråk för att djuren skulle få det foder de behöver. Om dessa djur flyttades till naturbetesmark skulle ytterligare 110 000 hektar naturbetesmark komma i hävd.

En ökning av antalet träd med 25 m³sk per hektar på 275 000 hektar permanent betesmark skulle leda till en kolinbindning på totalt 0,41 Mton CO₂ per år under 40 års tid.

För att träden ska få stå kvar krävs dock att det finns andra värden kopplade till betesmarker med fler träd än en ökad kolinlagring. I vissa betesmarker kan ett ökat lövträdsinslag gynna den biologiska mångfalden (Jordbruksverket, 2011g), och det är endast i sådana (eller i triviala marker där det är ekonomiskt lönsamt att kombinera bete och lövträdsproduktion) som åtgärden bör vidtas. Om den årliga avverkningen efter de 40 åren ligger i nivå med den årliga inbindningen kan ytterligare klimateffekt erhållas om biomassan används i långlivade produkter (och därmed hamnar i ett annat kollager) eller om den används för energiändamål och ersätter fossila bränslen.

Styrmedel

Det finns EU-regler för hur jordbruksmark ska vara beskaffad för att vara stödberättigad²². EU:s revisionsrätt²³ har också ställt upp rekommendationer för hur många trädstammar som får finnas per hektar naturbetesmark. Sverige har fått som villkor att det maximalt får finnas 60 trädstammar per hektar för att marken ska vara berättigad till gårdsstöd. För naturbetesmarker med många träd (>100) och med särskilda miljövärden i trädskiktet kan en förhöjd miljöersättning kompensera för det uteblivna gårdsstödet.

Om definitionen av naturbetesmark ändras finns det ökade incitament för en mer extensivt skött betesmark. Det är dock inte i naturbetesmarker som åtgärden

²¹ www.miljomal.nu

²² Rådets förordning 1122/2009 om EUs direktstöd för jordbrukare

²³ AGRI/60363/2005

kommer att bli aktuell, utan i kulturbetesmark eller åkermark som används för bete. Det finns redan möjlighet att ge stöd till agri-silvo-pastorala brukningssystem²⁴. Det skulle emellertid sannolikt behövas ytterligare incitament för en sådan omläggning, såsom information om biologiska mångfaldsvärden och ekonomi i agri-silvo-pastorala brukningssystem.

4.4.1.4 Tillför biokol

Vid förbränning av biomassa under syrefattiga förhållanden (så kallad pyrolys eller termisk förgasning) produceras en gas, bestående av bland annat vätgas, metan och kolmonoxid, samt en stabil kolform. Den stabila kolformen kallas biokol.

Biokol som återförs till jordbruksmark kan förbättra jordens fysikaliska och biologiska egenskaper, och därmed främja tillväxten av jordbruksgrödor, samt minska läckage av näringsämnen från marken (se referenser i Lehmann m.fl., 2006). Dessutom är biokol svårt att bryta ned och skulle därmed kunna bidra till att långsiktigt öka markens kollager. Spridning av biokol på jordbruksmark har därför föreslagits som en åtgärd som skulle kunna binda in atmosfäriskt koldioxid till marken och samtidigt ge positiva effekter för jordbruket. Åtgärden kan även ge upphov till minskade emissioner av metan och lustgas från marken (se referenser i Lehmann m.fl., 2006).

Effekterna av att sprida biokol på svensk jordbruksmark är dåligt kända och mer kunskap behövs.

4.4.2 Minska koldioxidavgången från mark

4.4.2.1 Återför organogen mark till våtmark

Återföring av organogen jordbruksmark till våtmark diskuteras som en åtgärd för att minska jordbrukets klimatpåverkan (IPCC, 2007). Utsläppen av växthusgaser från våtmarker anlagda på organogen mark är dåligt kända (Alm m.fl., 2007). Det finns olika typer av organogen mark som antagligen reagerar olika på återföring till våtmark, och vars utsläpp i brukat tillstånd varierar. Endast ett par studier tycks ha gjorts av växthusgasflöden från våtmarker som anlagts på organogen mark (Hendriks m.fl., 2007; Ström m.fl., 2007). En jämförelse kan göras med orörda myrar, och näringsrika myrar är nettosänkor på i storleksordningen 0,5 ton koldioxid per hektar och år (Saarnio m.fl., 2007). Kolinbindningen, som uppmättes i den anlagda våtmarken är betydligt större (Hendriks m.fl., 2007), men eftersom ett jämviktsstillstånd uppstår förr eller senare är det rimligare att i beräkningarna ansätta koldioxidinbindningen för näringsrika myrar.

Metanavgången från bördiga myrar är i storleksordningen 165 kg per hektar och år (Nilsson m.fl., 2001), och är i samma storleksordning som den som uppmätts från en våtmark som anlagts på organogen mark (Ström m.fl., 2007). Detta motsvarar nära 3,5 ton CO₂-ekvivalenter per hektar och år.

Träda och vall på organogen mark beräknas avge nära 12 ton CO₂ per hektar och år (Naturvårdsverket, 2012a).

Ett räkneexempel kan göras baserat på antagandena ovan. Om hela den areal som

²⁴ Rådets förordning nr 1698/2005 artikel 44

utgörs av vall och träda på organogen mark (85 000 hektar) skulle omvandlas till våtmark skulle koldioxidavgången från jordbruksmark kunna minska med drygt 1 Mton CO₂ per år. Samtidigt skulle utsläppen från de anlagda våtmarkerna kunna ligga på i storleksordningen 0,25 Mton CO₂-ekvivalenter per år, förutsatt att utsläppen av växthusgaser på sikt ligger i samma storleksordning som från orörda myrar. Åtgärden skulle därmed medföra en skattad minskning av växthusgasutsläppen med totalt 0,77 Mton CO₂-ekvivalenter per år.

En höjning av vattennivån på den organogena åkermarken innebär också att omkringliggande mark påverkas. Därmed kan åtgärden leda till att i storleksordningen lika mycket åkermark på mineraljord kan komma att tas ur produktion. Om vi antar att utsläppen av metan från dessa är lika stora som från våtmarker anlagda på organogen mark tillkommer ytterligare utsläpp på i storleksordningen 0,25 Mton CO₂-ekvivalenter per år. Nettoeffekten av åtgärden blir då en minskning på 0,52 Mton CO₂-ekvivalenter per år.

En alternativ åtgärd till att återföra organogen mark till våtmark är att maximera produktionen givet de utsläpp som ändå sker (Berglund m.fl., 2010), och marken bör också vara bevuxen så stor del av året som möjligt. Denna åtgärd har vi inte räknat på eftersom det är svårt att skatta hur mycket utsläppen per producerad enhet i så fall skulle kunna minskas.

Styrmedel

Möjliga styrmedel och kostnader diskuteras i avsnitt 4.2.3.3. Kostnaden per ton CO₂ skattas uppgå till runt 3 100 kronor med det föreslagna styrmedlet. Om både minskningen i lustgas- och koldioxidavgång inräknas blir kostnaden runt 1 900 kronor per ton CO₂-ekvivalenter.

4.4.2 Minska odlingsintensiteten på organogen mark

Åtgärd

Ofta antas att koldioxidavgången från marken påverkas av bruksintensiteten. I en studie presenteras att avgången ökar från 5 till 30 ton kg koldioxid i ordningen betesmarker < vall < ettåriga grödor < radsådda grödor (Berglund, 1989). Detta samband används bland annat i Sveriges nationella rapportering av växthusgaser (Naturvårdsverket, 2012a). Nya mätningar indikerar dock att tidigare funna samband kanske snarare är ett resultat av att olika marktyper och dräneringssystem används för olika ändamål än användningen i sig (Lundblad m.fl., 2009). En övergång från exempelvis potatisodling till flerårig vall skulle snarare kunna öka koldioxidavgången från systemet (Lundblad m.fl., 2009). Något entydigt samband mellan vad som odlas och koldioxidavgången har inte heller setts i finska studier (Maljanen m.fl., 2001; Maljanen m.fl., 2004). Därmed behövs mer kunskap innan åtgärder kan föreslås som syftar till att minska odlingsintensiteten på organogen mark.

4.4.3 Sammanlagd effekt av åtgärder riktade mot att minska utsläpp av koldioxid från markanvändning

Den totala kolinlagring som kan uppnås med de åtgärder som föreslagits är 1,03 Mton CO₂-ekvivalenter per år (tabell 11). Nettoutsläppet av växthusgaser från jordbruksmark år 2050 har i referensscenariot skattats till 1,13 Mton CO₂-

ekvivalenter (se avsnitt 3.2.3). Detta innebär att åtgärderna nära kompenserar för utsläppen av växthusgaser från markanvändning.

Kolinlagringen skulle kunna öka ytterligare om större satsningar gjordes på att öka kolinlagringen i mark. Även åtgärder som leder till fler träd i jordbruksmark, skulle ge en större kolinlagring. Resonemanget bygger dock på vad som bedöms vara rimligt att uppnå med dagens kunskap.

Både en ökad kolinlagring i mark och fler träd i betesmarker antas vara åtgärder som kan fås till stånd på ett kostnadseffektivt sätt. De potentiella effekterna av att återföra organogen mark till våtmark är fortfarande relativt okända. Om effekten som anges i räkneexemplet skulle kunna uppnås bedöms kostnaden för åtgärden ligga runt 3 100 kronor per ton CO₂-ekvivalenter (eller 1 900 kronor om även minskningen i lustgasavgång räknas in), vilket är i samma storleksordning som de som syftar till att minska utsläppen av metan och lustgas från jordbruket (se avsnitt 4.2.1).

Tabell 11. Effekter av olika åtgärder för att minska koldioxidutsläpp från markanvändning.

Åtgärd	Underåtgärd	Effekt (Mton CO ₂ -ekv)	Kommentar
Öka kolinlagringen i mark	Öka kolinlagringen i åkermark	0,10	
	Öka kolinlagringen i naturbetesmark	0	Svårt att se möjligheterna att öka i svenska förhållanden
	Ha fler träd och buskar på jordbruksmark	0,41	
	Tillför biokol		Effekterna dåligt kända
Minska koldioxidavgången från mark	Återför organogen mark till våtmark	0,52	
	Minska odlingsintensiteten på organogen mark		Effekterna osäkra och koldioxidavgången kan till och med öka
Summa		1,03	

4.5 Åtgärder och styrmedel för att öka bioenergiproduktionen

Jordbruket kan utöver livsmedel bidra med bioenergi i form av drivmedel eller biomassa till förbränning. Detta leder till ökade utsläpp från jordbruket, genom ökad användning av kvävegödsel och ökad dieselanvändning, om mark som annars skulle ha legat i träda istället används för odling av grödor för energiändamål. Ett försök har gjorts att skatta dessa effekter.

I beräkningarna av indirekta lustgasutsläpp via kväveläckage från mark har vi antagit att all jordbruksmark, även den som ligger i träda, läcker kväve (se bilaga 2). Därmed ökar inte dessa utsläpp om marken istället används för produktion av grödor för energiändamål. Ökningen i indirekta utsläpp av lustgas från atmosfärisk deposition (se bilaga 2) har antagits vara försumbara. De direkta utsläppen från en ökad kvävetillförsel har skattats och vi har då antagit att det enbart är mineralgödselkväve tillverkad med BAT som används. För dieselförbrukningen

har vi använt oss av skillnaden i åtgång jämfört med om marken skulle ha legat i träda utifrån data från Baky m.fl. (2010). Den potentiella substitutionseffekten har beräknats utifrån att biodrivmedel ersätter ren diesel och biobränsle ersätter eldningsolja.

I räkneexemplen rörande energigrödor har vi inte gjort några antaganden om ökad produktivitet, så som gjorts för annan jordbruksproduktion. Inte heller har vi räknat med ökad effektivitet i framställningen av biodrivmedel. Detta beror på att produktionspotentialerna är relativt dåligt kända.

4.5.1 Öka användningen av restprodukter för energiframställning

4.5.1.1 Öka produktionen av biogas från gödsel

Åtgärd

Biogas som produceras av gödsel kan ersätta fossila bränslen. Rötning av gödsel för produktion av biogas är dessutom positivt för att det minskar läckaget av metan vid stallgödselhantering (se avsnitt 4.2.2.1) samt ökar tillgängligheten av växtnäring (se avsnitt 4.6.1.2).

Om 0,81 Mton nöt- och svinflytgödsel rötas år 2050 (se avsnitt 4.2.2.1) och biogasproduktioner ligger runt 2 MWh per ton torrsbstans (SGC, 2009) blir den totala biogasmängden 1 620 GWh.

Om all producerad biogas används för att ersätta ren diesel leder det till en minskning av växthusgasutsläppen på totalt 0,44 Mton CO₂-ekvivalenter per år (baserat på emissionsfaktorer från tabell 5).

Styrmedel

Det finns ett investeringsstöd för biogasanläggningar i landsbygdsprogrammet. Ett sådant stöd kan leda till ett ökat intresse för biogasproduktion, och bör behållas i kommande programperioder. Ett kostnadsexempel har tagits fram av Roth m.fl. (2009) för en mindre biogasanläggning för den egna gården. Biogasanläggningen ger en biogasproduktion på mellan 0,5 och 3 GWh. Investeringskostnaden uppskattas uppgå till mellan 4 och 10 miljoner kronor. Om den totala biogasmängden som ska produceras är 1 620 GWh och om vi antar att en genomsnittlig biogasanläggning på motsvarande 3 GWh, behövs det runt 550 anläggningar för att täcka behovet.

Om vi antar en anläggningskostnad på 10 miljoner kronor och att dagens investeringsstöd motsvarande 30 procent av total investeringskostnad behålls, ger det en total kostnad för investeringsstödet på 1,11 miljarder kronor (exklusive administrativa kostnader). Beräkningen har gjorts utifrån att en anläggning håller i 20 år, investering i biogasanläggningar sker jämnt över tiden 2013–2050 (15 anläggningar per år) och en kalkylränta på 4 procent (samma som antas för exempelvis vägbyggen) har använts (anläggningskostnaden har antagits vara konstant över tid). Utöver detta har vi även tagit hänsyn till att det krävs investeringar i nya anläggningar efter det att de använts i 20 år (reinvestering).²⁵

Om all biogas används för att ersätta fossila bränslen skulle kostnaden för de

²⁵ Från år 21 och framåt behöver det byggas 15 nya biogasanläggningar per år för att ersätta de som blivit för gamla (utöver de 15 som byggs varje år).

minskade växthusgasutsläppen uppgå till 130 kronor per ton CO₂-ekvivalenter. Om klimatnyttan av att ersätta mineralgödsel räknas in (se avsnitt 4.6.1.2) sjunker kostnaden med ytterligare 3 kronor per ton CO₂-ekvivalenter. Om även de minskade metanutsläppen som erhålls via rötning adderas (se avsnitt 4.2.2.1) sjunker kostnaden till 110 kronor per ton CO₂-ekvivalenter.

För att åtgärden ska komma till stånd kan också en metanreduceringsersättning krävas (se avsnitt 4.2.2.1). Metanreduceringsersättningen har antagits ligga på 20 öre per kWh och en kalkylränta på 1,5 procent använts²⁶. En kombination av investeringsstöd och metanreduceringsersättning skulle kunna minska utsläppen av växthusgaser (både reduktionen av metanutsläpp från stallgödselhantering och substitutionseffekt av ersättning av fossila bränslen inkluderade) till en kostnad av runt 540 kronor per ton CO₂-ekvivalenter (eller 530 kronor per ton CO₂-ekvivalenter om även klimateffekten av att ersätta mineralgödsel med rötresten räknas in (se avsnitt 4.6.1.2)).

4.5.1.2 Öka användningen av halm till förbränning

Åtgärd

År 2007 användes runt 100 000 ton halm per år i Sverige som bränsle, vilket motsvarar halm från runt 30 000 hektar eller knappt 3 procent av den totala spannmålsarealen (SOU, 2007). Börjesson (2007) skattar den totala mängden bärningsbar halm till 6 000 GWh, baserat på möjlig halmskörd (med dagens teknik) och att bortfall på grund av väderleksvariation, tidsbrist, krav att bevara mullhalten i åkermarken samt att förbrukningen inom djurhållningen räknats bort. Alla dessa variabler kan ändras till 2050, men i våra grova beräkningar utgår vi från att potentialen är densamma 2050.

Om all bärgad halm används för att ersätta eldningsolja leder det till en minskning av växthusgasutsläppen på totalt 1,62 Mton CO₂-ekvivalenter år (baserat på emissionsfaktorer från tabell 5).

Styrmedel

En ökad omfattning av halmbärgning till energiändamål förutsätter att det finns köpare i närheten av där halmen finns (Stenkvist m.fl., 2009). För att få fler intresserade användare, och även lantbrukare som är intresserade av att bärga sin halm, behöver halmens konkurrenskraft förbättras (Stenkvist m.fl., 2009). Det kräver att lagrings- och transportteknik utvecklas så att kostnaden för hantering och transport kan sänkas. Det är också viktigt att utveckla tekniken för bärgning av halmen så att den kommer bort från åkern snabbt och inte stör lantbrukaren i det fortsatta arbetet.

Halm har således en stor potential som värmekälla, men behöver köpare i närheten av produktionen. Med höjda energipriser antas produktionen av bioenergi från halm vara lönsam år 2050, utan ytterligare styrmedel. Konkurrenskraften kan dock förstärkas med stöd till forskning och utveckling och ytterligare informations- och rådgivningsåtgärder. Det kan också finnas behov av att stödja utvecklingen av lokala marknader, speciellt för halm som har höga transportkostnader idag och användning av den värme som uppstår vid rötning av gödsel.

²⁶ Vilket bland annat används i Stern-rapporten.

4.5.2 Öka produktionen av biodrivmedel

4.5.2.1 Öka produktionen av raps till RME

Åtgärd

Totalt skulle oljeväxter kunna odlas på 180 000 hektar (se avsnitt 4.6.2.2), vilket är 95 000 hektar mer än vad som annars enligt modellberäkningarna kommer att användas för odling av oljeväxter 2050 (tabell 2).

För att producera 1 m³ RME behövs 3 ton oljeväxtfrö (Jordbruksverket, 2006). Med den avkastning som skattats 2050 (tabell 7 i bilaga 2) innebär det att runt 1,2 m³ RME kan produceras per hektar, vilket innebär totalt 216 000 m³ från hela arealen. Rapsmjöl, som är en restprodukt från oljetillverkning, kan användas för att ersätta importerat sojafoder, vilket gör att klimatnyttan ökar. Detta diskuteras i avsnitt 4.6.2.2.

Olja behövs även till annat än RME vilket innebär att mängden som finns tillgänglig för drivmedelsproduktion överskattats. Samtidigt kan RME-produktionen komma att effektiviseras fram till år 2050. Vi väljer därför att utgå från denna siffra i de följande beräkningarna.

Det behövs 1,07 liter RME för att ersätta en liter diesel (Jordbruksverket, 2011e). Den totala mängden RME kan således ersätta 202 000 m³ diesel, eller 2 020 GWh förutsatt ett energiinnehåll på 10 kWh per liter (Naturvårdsverket, 2012a). Baserat på emissionsfaktorn för diesel (tabell 5) motsvarar detta 0,55 Mton CO₂-ekvivalenter per år. Av detta förväntas över hälften av rapsen redan odlas i referensscenariot. Den ökade odlingen på 95 000 hektar skulle kunna ge minskade växthusgasutsläpp på 0,29 Mton CO₂-ekvivalenter.

Om 95 000 hektar som annars skulle ha legat i träda används för att odla raps ökar växthusgasutsläppen. Dieselförbrukningen vid odling av oljeväxter har skattats till 60 liter per hektar medan förbrukningen vid träda ligger på 6,5 liter per hektar (Baky m.fl., 2010), vilket innebär en total ökning av dieselförbrukning på 5 100 m³, eller 0,01 Mton CO₂-ekvivalenter per år (baserat på samma antaganden om värmevärde och växthusgasutsläpp vid förbränning som i stycket ovan). Till detta kommer mineralgödselanvändning. Vid en skörd på 3,5 ton per hektar är den rekommenderade kvävetillförsen 130 kg per hektar och år (Jordbruksverket, 2011d). Om samma mängd gödsel antas behövas 2050 innebär det en ökad användning på totalt nära 12 500 ton, vilket motsvarar 0,05 Mton CO₂-ekvivalenter i direkta lustgasutsläpp från mark (ökningen av de indirekta utsläppen bedöms vara försumbar) och 0,04 Mton CO₂-ekvivalenter i form av utsläpp vid tillverkning (förutsatt att all extra tillförd gödsel tillverkas med BAT).

Styrmedel

Ett stöd till odling av proteingrödor skulle kunna öka rapsproduktionen. Ett sådant stöd presenteras i avsnitt 4.6.2.2. Kostnaden för de minskade växthusgasutsläppen vid ersättning av diesel med RME (0,19 Mton CO₂-ekvivalenter sedan de ökade utsläppen från jordbruket subtraherats) skulle därmed uppgå till drygt 1 000 kronor per ton CO₂-ekvivalenter. Om även effekten av att ersätta importerat foder med inhemskt rapsmjöl räknas in (se avsnitt 4.6.2.2) skulle kostnaden kunna ligga runt 740 kronor per ton CO₂-ekvivalenter.

4.5.2.2 Öka användningen av spannmål för etanolproduktion

Åtgärd

Sverige exporterar (netto) årligen 722 000 ton spannmål (Jordbruksverket, 2011a). Om samma produktion och inhemsk konsumtion antas för 2050 skulle denna mängd kunna finnas tillgänglig för etanolproduktion. För enkelhets skull antar vi att allt spannmål är vete.

210 000 m³ etanol kan produceras från biomassa från 100 000 hektar²⁷. Med en medelavkastning på drygt 5 ton vete per hektar (tabell 7 i bilaga 2) innebär detta runt 2,5 ton vete per m³ etanol. Om hela den mängd som exporteras används för etanolproduktion blir det nära 290 000 m³.

Det behövs 1,4 liter etanol för att ersätta en liter diesel (Jordbruksverket, 2011e). Den totala mängden etanol kan således ersätta nära 210 000 m³ diesel, eller 2 100 GWh förutsatt ett energiinnehåll på 10 kWh per liter (Naturvårdsverket, 2012a). Baserat på emissionsfaktoren för diesel (tabell 5) motsvarar detta 0,57 Mton CO₂-ekvivalenter per år.

Produktion av etanol ger också upphov till restprodukten drank som kan användas som foder. Detta ökar ytterligare klimatnyttan eftersom dranken kan ersätta proteinfoder med högre klimatpåverkan. Vi har dock inte räknat på denna effekt i föreliggande rapport eftersom avsättningen är osäker (SOU, 2007).

Att använda den spannmål som annars skulle ha exporterats leder inte till ökade växthusgasutsläpp från svensk produktion. Eftersom vi inte kan anta att spannmålskonsumtionen minskar i världen är den förväntade effekten av åtgärden på de globala växthusutsläppen dock liten, då samma mängd behöver produceras i andra länder. Positiva effekter på växthusutsläppen kan dock uppstå om Sverige år 2050 har konkurrensfördelar i produktionen av etanol från spannmål jämfört med andra länder.

4.5.2.3 Öka odlingen av vall till biogas

Åtgärd

När vall används för biogasproduktion blir utbytet 2,6 MWh per ton torrsubstans (SGC, 2009). Avkastningen från vall för biogasproduktion kan uppgå till 10 ton torrsubstans per hektar (muntlig uppgift Charlott Gisén, SLU). Om 100 000 hektar, som annars skulle ligga i träda, används till odling av vall för biogasproduktion, skulle det ge 2 600 GWh.

Om all producerad biogas används för att ersätta diesel leder det till en minskning av växthusgasutsläppen på totalt 0,71 Mton CO₂-ekvivalenter år (baserat på emissionsfaktorer från tabell 5).

När träda ersätts med vall ökar utsläppen av växthusgaser. Kvävegivan för vall för biogasproduktion ligger på 80 kg per hektar (muntlig uppgift Charlott Gisén, SLU). Om allt kväve kommer från mineralgödsel motsvarar detta en direkt lustgasavgång på totalt 0,03 Mton CO₂-ekvivalenter från de 100 000 hektaren (se bilaga 2 för beräkningsmetod). Till detta kommer utsläpp från gödseltillverkning på 0,02 Mton CO₂-ekvivalenter (under förutsättning att all gödsel är tillverkat med BAT, se

²⁷ www.agroetanol.se

avsnitt 3.2.5.3), samt en ökning av indirekta utsläpp av lustgas (se bilaga 2) som vi dock antar är försumbar i denna beräkning. Ofta kan emellertid rötslam eller andra kvävekällor användas och blandvallar med vitklöver och gräs. Vidare förbrukas runt 40 liter mer diesel per hektar vid vallodling jämfört med träda (Baky m.fl., 2010). Detta innebär en ökning med totalt 4 000 m³ diesel. Förutsatt ett energiinnehåll på 10 kWh per liter (Naturvårdsverket, 2012a) och utsläpp av växthusgaser vid användning av diesel från tabell 5 innebär detta ökade växthusgasutsläpp med 0,01 Mton CO₂-ekvivalenter per år.

Den erhållna rötresten kan användas för att ersätta mineralgödselkväve (Ahlgren, 2009). Denna effekt diskuteras i avsnitt 4.6.1.3.

Styrmedel

Med ökade energipriser antas produktionen av grödor för energiändamål bli lönsam ur ett företagsekonomiskt perspektiv, utan ytterligare styrmedel. För nya grödor eller odlingssystem finns ännu inte etablerade marknader, vilket innebär att lönsamheten blir lägre än den annars skulle ha varit. Det innebär också en osäkerhet för odlarna. Tillsammans med att det kan vara svårt att ge sig in på en odling som man inte tidigare har hållit på med skapar detta ett motstånd hos lantbrukarna och ökar deras krav på lönsamhet. Därför kan man inte förutsätta att arealen med grödor som odlas för energiändamål kommer att öka utan åtgärder, även om det är lönsamt. Lönsamheten innebär att det inte behövs något ekonomiskt stöd för att få till stånd åtgärden. Däremot kan det vara av intresse att stödja forskning och utveckling rörande vad som är mest lönsamt på en given areal år 2050 då lönsamheten påverkas av faktorer som efterfrågan, jordkvalitet och klimat. Vidare behövs informations- och rådgivningsinsatser för att öka odlarnas intresse för alternativa grödor samt för att maximera produktiviteten av bioenergi gröda, på en given areal. På liknande sätt som för bioenergiproduktion av restprodukter så kan det dessutom finnas behov av att stödja utvecklingen av lokala marknader, för att minimera transportkostnaderna.

4.5.3 Öka produktionen av energigrödor

Enlig modellberäkningarna med SASM finns totalt 910 000 hektar som ligger i träda eller används för energi- eller industrigrödor år 2050 (tabell 2). Arealerna som används för energi- och industrigrödor är i referensscenariot liten och har ansetts vara försumbar i beräkningarna.

Genom olika föreslagna åtgärder minskar trädesarealen. Ytterligare 100 000 hektar behöver tas i anspråk för att kunna tillföra en gödselmängd under dagens rekommenderade nivå (se avsnitt 4.2.3.1). Om 72 500 hektar vall på organogen mark ska återföras till våtmark behöver denna areal ersättas om den totala produktionen ska vara densamma som nu (se avsnitt 4.2.3.3). För att den organogena marken ska bli vattentäckt blir den totala arealen på vilken grundvattennivån måste höjas betydligt större, vi antar att den extra arealen som tas ur produktion är ungefär lika stor som våtmarksarealen. 95 000 hektar behöver enligt beräkningarna användas för odling av oljevaxter (se avsnitt 5.5.2.1) och 100 000 hektar används för vallodling för biogasproduktion (se avsnitt 5.5.2.3). Mellan 50 000 och 150 000 hektar måste nog fortsatt kunna klassas som träda. Detta eftersom den arealen används som exempelvis stubbträda/halvträda i växtföljden, inför täckdikning och liknande arbeten, eller på besvärliga odlingsmarker (nära bebyggelse, vattensjuka marker,

små skiften, etc.), eller på nyligen exproprierad mark samt på viss mark som ägs av icke aktiva brukare. Kvar finns då knappt 400 000 hektar träda som kan användas för odling av ytterligare energigrödor.

Beräkningarna görs inte utifrån ekonomisk lönsamhet i odlingarna 2050 utan enbart på teoretisk möjlig odlingsareal.

4.5.3.1 Öka odlingen av energigräs

Öka odlingen av rörflen på organogen mark

Åtgärd

Rörflen, som är det energigräs som används mest idag, trivs på organogen mark (Pahkala m.fl., 2003). Det är en flerårig energigröda, som skördas årligen. Avkastning ligger runt 5 till 7 ton torrsubstans per hektar och år (se referenser i SOU, 2007). Biomassan under jord i rörflensodling har i ett försök skattats vara 2–7 gånger högre jämfört med andra jordbruksgrödor (Xiong och Kätterer, 2009). I dessa beräkningar antar vi att koltillförsel kompenserar för nedbrytningen så att markens kollager behålls.

Odling av ettåriga grödor på organogen mark skattas ge upphov till koldioxidutsläpp på i storleksordningen 17 ton CO₂ per hektar och år (Naturvårdsverket, 2012a). Om vi antar att tillförseln av kol till marken vid odling av rörflen kan kompensera för den bortodlade mängden blir det inga nettoutsläpp av koldioxid. En ersättning av ettåriga grödor med rörflen skulle i så fall leda till att koldioxidavgången från mark minskade med 17 ton per hektar.

I Norrbotten, Västerbotten, Jämtland och Västernorrland odlas ettåriga grödor på i storleksordningen 1 000 hektar. I Dalarna och Gävleborg finns nära 2 000 hektar odling av ettåriga grödor på organogen mark. Om hela denna areal skulle användas till odling av rörflen istället, och spannmålsodlingen flyttas till mineraljord, skulle utsläppen av växthusgaser minska med totalt 0,05 Mton CO₂ per år.

Värmevärdet för rörflen ligger runt 4,5 MWh per ton torrsubstans (muntlig uppgift Bo Larsson, Glommers Miljöenergi AB). Med en skörd på 5 ton torrsubstans per hektar skulle detta innebära ett totalt bidrag från rörflensodling på 67 500 MWh. Om all rörflen ersätter eldningsolja skulle utsläppen av växthusgaser från samhället minska med 0,02 Mton CO₂-ekvivalenter per år (se tabell 5 för emissionsfaktorer).

Om dieselförbrukningen antas vara 40 liter högre per hektar för vall jämfört med träda (Baky m.fl., 2010) skulle odling av 3 000 hektar rörflen innebära en bränsleförbrukning på 120 m³. Förutsatt ett energiinnehåll på 10 kWh per liter (Naturvårdsverket, 2012a) och utsläpp av växthusgaser vid användning av diesel från tabell 5 innebär detta ökade växthusgasutsläpp med runt 300 ton CO₂-ekvivalenter per år.

Kvävebehovet hos rörflen är relativt litet och ligger på runt 40 kg per hektar på organogen mark (Glommers Miljöenergi AB, 2008). Detta innebär totalt i storleksordningen 450 ton CO₂-ekvivalenter från direkta lustgasutsläpp och 360 ton från tillverkning av mineralgödsel (se bilaga 2 och avsnitt 3.2.3.3 för beräkningsmetod).

Åtgärden skulle innebära att ytterligare 3 000 hektar mineraljord fick tas i anspråk på annat håll. Utsläppen från denna odling ingår dock redan i beräkningarna av de totala utsläppen från åkermark.

Styrmedel

Fleråriga grödor med lång omloppstid kan vara en mer riskfylld satsning (exempelvis om odlingen angrips av patogener), jämfört med ettåriga spannmålsgrödor (SOU, 2007). Lantbrukarna kan också vilja behålla den flexibilitet som ettåriga grödor innebär och ytterligare ett problem med fleråriga grödor är att de försämrar lantbrukarens likviditet. Vanligtvis hanterar lantbrukare risker genom att tillämpa en hög räntesats, vilket ytterligare försämrar de ekonomiska kalkylerna (SOU, 2007). För rörflen finns ännu ingen etablerad marknad och många värmeverk ser energigräs som ett besvärligt bränsle. Detta ökar ytterligare osäkerheten och minskar därmed lantbrukarnas intresse för att odla grödan.

Trots att odling av energigrödor bedöms bli företagsekonomiskt lönsamt behövs sannolikt styrmedel för att få till stånd en ökande areal energigräs. Det handlar då om information och rådgivning samt forskning och utveckling liksom för ökad odling av vall för biogasproduktion (se avsnitt 4.5.2.3). Det antas inte behövas extra styrmedel för ökad odling av energigräs på organogen mark jämfört med odling på mineraljord, eftersom produktiviteten är högre på sådan mark.

Öka odlingen av energigräs på träda

Åtgärd

Vi vet inte vilka energigräs som kan vara aktuella i framtiden, eller vilken avkastning de kan komma att ha. Rörflen är idag främst ett alternativ till energiskog i norra Sverige. Där kan det dessutom ge ett extra värde genom att landskapet hålls mer öppet. Vi utgår i dessa beräkningar från att situationen kommer att vara densamma 2050.

Av den totala trädesarealen 2050 ligger 157 000 hektar i LFA-område 1–4, och då nästan hela denna areal i område 4 (Jonasson, 2011). Vi antar att halva denna areal (80 000 hektar) används för odling av rörflen. Om vi antar ett värmevärde för rörflen på 4,5 MWh per ton torrsubstans (muntlig uppgift Bo Larsson, Glommers Miljöenergi AB) och en skörd på 5 ton torrsubstans per hektar skulle detta innebära att rörflensodling totalt bidrar med på 1 800 GWh per år. Om all rörflen ersätter eldningsolja skulle utsläppen av växthusgaser från samhället minska med 0,49 Mton CO₂-ekvivalenter per år (se tabell 5 för emissionsfaktorer för olika bränslen).

Samtidigt ökar utsläppen från jordbruket eftersom 80 000 hektar som annars skulle ha legat i träda tas i bruk. Om diesel förbrukningen antas vara 40 liter högre per hektar för vall jämfört med träda (Baky m.fl., 2010) skulle detta innebära en ökad bränsleförbrukning på 3 200 m³. Förutsatt ett energiinnehåll på 10 kWh per liter (Naturvårdsverket, 2012a) och utsläpp av växthusgaser vid användning av diesel från tabell 5 innebär detta ökade växthusgasutsläpp med runt 0,01 Mton CO₂-ekvivalenter per år.

Kvävebehovet hos rörflen ligger på runt 40 kg per hektar på mineraljord (Glommers Miljöenergi AB, 2008). Detta innebär totalt i storleksordningen 0,01 Mton

CO₂-ekvivalenter från direkta lustgasutsläpp och 0,01 Mton från tillverkning av mineralgödsel per år (se bilaga 2 och avsnitt 3.2.3.3 för beräkningsmetod).

Styrmedel

Se diskussion om styrmedel av avsnitt om att öka odling av rörflen på organogen mark.

4.5.3.2 Öka odlingen av energiskog

Åtgärd

Vi antar att resterande trädesareal, runt 300 000 hektar, kan användas för odling av energiskog. Om vi antar en medeltillväxt på 10 ton torrsbstans per hektar och år, och ett effektivt värmevärde på 4,4 MWh per ton torrsbstans, innebär detta en produktion på 44 MWh per hektar eller totalt 13 TWh per år.

Om all biomassa ersätter eldningsolja skulle utsläppen av växthusgaser från samhället minska med 3,50 Mton CO₂-ekvivalenter per år (se tabell 5 för emissionsfaktorer).

Samtidigt ökar utsläppen från jordbruket eftersom 300 000 hektar som annars skulle ha legat i träda tas i bruk. Om dieselförbrukningen vid odling av energiskog antas vara 25 liter högre per hektar jämfört med träda (Baky m.fl., 2010) skulle detta innebära en ökad bränsleförbrukning på 7 500 m³. Förutsatt ett energiinnehåll på 10 kWh per liter (Naturvårdsverket, 2012a) och utsläpp av växthusgaser vid användning av diesel från tabell 5 innebär detta ökade växthusgasutsläpp med runt 0,02 Mton CO₂-ekvivalenter per år.

Gödlingsrekommendationer har tagits fram för salix och dessa anger att en engångsgiva två år efter skörd på 160 kg kväve är att rekommendera (Jordbruksverket, 2011d). Med i medeltal fyra år mellan skördetillfällena motsvarar detta 40 kg mineralgödselkväve per år. Detta innebär totalt i storleksordningen 0,05 Mton CO₂-ekvivalenter från direkta lustgasutsläpp och 0,04 Mton från tillverkning av mineralgödsel per år (se bilaga 2 och avsnitt 3.2.3.3 för beräkningsmetod).

Styrmedel

Se diskussion om styrmedel av avsnitt om att öka odling av rörflen på organogen mark (avsnitt 4.5.3.1).

4.5.4 Sammanlagd effekt av åtgärder för att öka produktion av bioenergi

Om runt 600 000 hektar som annars skulle ligga i träda används för produktion av grödor för energiändamål och restprodukter i större utsträckning används för produktion av bioenergi skulle jordbruket kunna bidra till samhällets energiförsörjning, utöver matproduktion, med runt 28 TWh (tabell 12). Om all bioenergi användes för att ersätta diesel eller eldningsolja skulle detta innebära en minskning av växthusgasutsläppen från energianvändning i Sverige med 7,64 Mton CO₂-ekvivalenter per år (under förutsättning att utsläppen från biobränslen vid förbränning sätts till 0).

År 2050 skattas den totala stationära bränsleanvändningen inom jordbruket uppgå till 3,9 TWh (tabell 5) och dieselanvändningen till mellan 1,2 och 2,0 TWh (se

avsnitt 3.2.2.2). Enligt föreliggande potentialberäkningar skulle jordbruket därmed kunna bli självförsörjande på energi, och därtill påtagligt bidra till energiförsörjningen för samhället i övrigt.

Om areal som annars skulle ligga i träda istället används för produktion av grödor för energiändamål skattas dieselförbrukningen öka med i storleksordningen 20 000 m³. Till 2050 antas effektiviseringar uppstå (se avsnitt 3.2.2.2) och om vi antar en 40-procentig effektivisering innebär det istället en dieselförbrukning på 12 000 m³, vilket motsvarar ökade utsläpp av växthusgaser på 0,03 Mton CO₂-ekvivalenter per år (förutsatt ett energiinnehåll på 10 kWh per liter (Naturvårdsverket, 2012a) och utsläpp av växthusgaser vid användning av diesel från tabell 5).

Till detta kommer ökade lustgasutsläpp från mark, som ett resultat av ökad tillförsel av kvävegödsel på i storleksordningen 0,14 Mton CO₂-ekvivalenter per år (tabell 13). Även utsläppen i andra länder vid produktionen av det extra mineralgödselkvävet skattas öka med i storleksordningen 0,11 Mton CO₂-ekvivalenter per år.

De flesta åtgärder bedöms bli lönsamma med ökade energipriser och antas därmed kunna komma till stånd med information och rådgivning samt forskning. För att få till stånd en ökad biogasproduktion bedöms dock ett investeringsstöd till biogas-anläggningar och en metanreduceringsersättning behövas. Vidare tros inte arealen som odlas med raps kunna öka i någon större utsträckning utan stöd till odling av proteingrödor.

Tabell 12. Möjlig bioenergiproduktion inom jordbruket. Om inte annat anges är enheten Mton CO₂-ekvivalenter.

Åtgärd	Substrat	Energi (GWh)	Substitutionseffekt	Dieselanvändning (m ³)	Direkta lustgasutsläpp	Tillverkning av handelsgödsel
Öka användningen av restprodukter för energiframställning	Gödsel	1 600 drivmedel	0,44			
	Halm	6 000 värme	1,62			
Öka produktionen av biodrivmedel	Oljevaxter	1 100 drivmedel	0,29	5 100	0,05	0,04
	Spannmål	2 100 drivmedel	0,57			
	Vall	2 600 drivmedel	0,71	4 000	0,03	0,02
Öka produktionen av energigrödor	Energigräs ¹	1 800 värme	0,51	3 300	0,01	0,01
	Energiskog	13 000 värme	3,50	7 500	0,05	0,04
Summa		28 200	7,64	19 900	0,14	0,11

¹ Koldioxidavgången från marken minskar med 0,05 Mton CO₂-ekvivalenter per år om rörfen ersätter spannmål på 3 000 hektar organogen mark.

4.6 Åtgärder och styrmedel för att minska utsläpp av växthusgaser vid produktion av insatsvaror

4.6.1 Minska utsläpp av växthusgaser från produktion av mineralgödsel

4.6.1.1 Använd mineralgödsel som tillverkats med BAT

Åtgärd

Mängden mineralgödselkväve som enligt modellberäkningen kommer att användas år 2050 är 82 000 ton (se avsnitt 3.1.2). Om inte åtgärder vidtas antas 25 procent av mineralgödseln importeras från Ryssland 2050, där tillverkningen skattas ge upphov till utsläpp på runt 8 ton CO₂-ekvivalenter per ton mineralgödselkväve (jämfört med europeiskt tillverkat gödsel där utsläppen förväntas ligga runt 3 ton CO₂-ekvivalenter per ton mineralgödselkväve) (se avsnitt 3.2.5.3). Om all mineralgödsel som används istället tillverkas med BAT skulle utsläppen från tillverkning minska med 0,10 Mton CO₂-ekvivalenter.

Styrmedel

Ett styrmedel för att få till stånd åtgärden skulle kunna vara att reglera användningen av mineralgödsel i Sverige så att endast mineralgödsel producerad enligt av EU definierad BAT är godkänt. Den troliga ekonomiska effekten är att det blir en mindre kostnadsökning för mineralgödseln per ton producerad vara, men att det är vanskligt att kostnadsberäkna detta då ett framtida pris på BAT-mineralgödsel är svårt att spekulera i.

4.6.1.2 Öka användningen av rötad gödsel

Åtgärd

Vid rötning av stallgödsel får rötresterna en större andel ammoniumkväve, jämfört med orötad stallgödsel. Eftersom kvävet då blir mer växttillgängligt minskar behovet av att komplettera med mineralgödselkväve.

En generell siffra på rötning av all typ av stallgödsel är att andelen ammoniumkväve ökar med 10 procent (se referenser i Naturvårdsverket, 2009). Detta innebär en möjlig ytterligare minskning av tillförseln av kompletterande mineralgödselkväve med 0,3 kg mineralgödselkväve per ton rötad stallgödsel (Naturvårdsverket, 2009). Dock innebär den ökade andelen ammonium i kombination med högt pH att riskerna för förluster vid spridning ökar om inte rätt teknik används. Om en fukthalt på 90 procent antas motsvarar det en ersättning av 3 kg mineralgödselkväve per ton torrsubstans gödsel som rötas.

Baserat på de antaganden som gjorts i avsnittet om ökad rötning av gödsel (se avsnitt 4.2.2.1) kommer 0,81 Mton torrsubstans stallgödsel att rötas år 2050. Detta skulle motsvara en minskning av mängden mineralgödsel med 2 500 ton, vilket motsvarar nära 0,01 Mton CO₂-ekvivalenter (se avsnitt 3.2.5.3).

Styrmedel

Eftersom rötresten är en restprodukt från framställning av biogas diskuteras möjliga styrmedel i avsnitt 4.2.2.1 och 4.5.1.1.

4.6.1.3 Öka mängden rötresten genom rötning av vall

Åtgärd

Vall kan användas för att producera biogas (se avsnitt 4.5.2.3) och rötresterna kan användas som gödselmedel. Vall antas innehålla 23 procent kväve per ton torrsustans och 70 procent av kvävet som går in till biogasanläggningen antas finnas i rötresten.

Om 100 000 hektar som annars skulle ligga i träda skulle odlas med vall för biogasproduktion och avkastningen från vall för biogasproduktion år 2050 skattas till 10 ton torrsustans per hektar (se avsnitt 4.5.2.3) skulle detta innebära att 1 Mton vall skulle rötas. Utifrån antagandena om kväveinnehåll skulle detta innebära att rötresten skulle kunna ersätta runt 14 000 ton mineralgödselkväve. Baserat på de antaganden som görs för utsläpp vid produktion av mineralgödsel (se avsnitt 3.2.5.3) skulle effekten bli totalt 0,04 Mton CO₂-ekvivalenter om all ersatt mineralgödsel producerats med BAT och 0,06 om 25 procent av mineralgödseln importeras från Ryssland.

Styrmedel

Eftersom rötresten är en restprodukt från framställning av biogas diskuteras möjliga styrmedel i avsnitt 4.5.2.3.

4.6.1.4 Optimera gödsling

Åtgärd

I modellberäkningarna antas att vi blir bättre på det vi gör och att effektiviteten ökar (se bilaga 1). Därmed skulle det sannolikt innebära en dubbelräkning att även inkludera effekten av optimerad gödsling som en åtgärd.

4.6.1.5 Tillför gödselgiva under dagens rekommenderade nivå

Åtgärd

Gödsling under ekonomiskt optimum diskuteras under åtgärden anpassa kvävetillförseln (se avsnitt 4.2.3.1). Behovet av mineralgödselkväve skattas kunna minska med 12 000 ton. Baserat på de antaganden som görs för utsläpp vid produktion av mineralgödsel (se avsnitt 3.2.5.3) beräknas effekten bli totalt 0,04 Mton CO₂-ekvivalenter om all ersatt mineralgödsel producerats med BAT och 0,05 om 25 procent av mineralgödseln importeras från Ryssland.

Styrmedel

Möjliga styrmedel diskuteras i avsnitt 4.2.3.1.

4.6.2 Minska utsläpp av växthusgaser från produktion av foder

4.6.2.1 Optimera fodertillförsel

Åtgärd

I modellberäkningarna antas att vi blir bättre på det vi gör och att effektiviteten ökar (se bilaga 1). Därmed skulle det sannolikt innebära en dubbelräkning att även inkludera effekten av optimerad utfodring som en åtgärd.

4.6.2.2 Använd foder med lägre klimatpåverkan

Åtgärd

År 2010 användes drygt 1 000 000 ton foderspannmål och ca 600 000 ton proteinfoder (Jordbruksverket, 2011c). Av proteinfoder dominerar raps (305 000 ton) följt av soja (231 000 ton).

Klimatpåverkan av olika foder varierar. En sammanställning av klimatpåverkan av konventionella fodermedel finns framtagen²⁸ och förslag på hur foderstatens klimatpåverkan skulle kunna minskas presenteras i Cederberg (2009). Det foder som ger störst klimatpåverkan är importerad soja; år 2010 importerades drygt 270 000 ton soja (Jordbruksverket, 2011c).

Importerad soja kan ersättas av rapsmjöl: 1 kg rapsmjöl (ExPro) ersätter 0,89 kg sojamjöl (se referenser i Cederberg, 2009). Vid beräkning av växthusgasutsläpp från framtagande av rapsmjöl har en ekonomisk allokering gjorts vilket innebär att 72 procent av påverkan allokeras till oljan och 28 procent till proteinfodret. Detta leder till att klimatpåverkan vid produktion av ett kg rapsmjöl är 460 g CO₂-ekvivalenter. Sojamjöl ligger på runt 600 g CO₂-ekvivalenter per kg (exklusive inverkan av förändrad markanvändning). Baserat på växtföljdsrestriktioner förväntas maximalt 180 000 hektar kunna användas för rapsodling (se Börjesson, 2007 och referenser däri). Detta innebär att 234 000 ton rapsmjöl skulle kunna produceras i Sverige, om 1,3 ton rapsmjöl produceras per hektar (Börjesson, 2007).

Enligt modellberäkningarna kommer 85 000 hektar att odlas med oljeväxter 2050 (tabell 2). Därmed tillkommer en ytterligare potential på 95 000 hektar, på vilka 123 500 ton rapsmjöl skulle kunna produceras och användas för att ersätta nära 110 000 ton sojamjöl. Med en produktivitetsökning till 2050 (se tabell 7 i bilaga 2) skulle drygt 150 000 ton rapsmjöl kunna produceras på arealen. Det skulle kunna ersätta 134 000 ton sojamjöl. Detta skulle innebära en minskning av utsläppen i andra länder från odling av soja som importeras till Sverige med 0,08 Mton CO₂-ekvivalenter. Samtidigt skulle utsläppen i Sverige öka till följd av en ökad odling av raps, om alternativet hade varit att arealen låg i träda. Detta diskuteras i avsnitt 4.5.2.1.

Inhemsk odling av åkerbönor och ärter, där utsläpp av växthusgaser vid odling ligger i intervallet 210–240 g CO₂-ekvivalenter per kg (Flysjö m.fl., 2008), kan också ersätta sojaimport. Det är dock svårt att skatta potentialen. LRF (2011) har angivit att det under 2011 odlades 132 000 hektar oljeväxter, ärter och åkerböna i Sverige. Om arealen maximerades med hänsyn till växtföljdsrestriktioner och till att den inte får inkräkta på vallarealen skulle odlingen kunna öka med 146 000 hektar och Sverige skulle då kunna vara självförsörjande med avseende på proteinfoder (LRF, 2011).

Styrmedel

Ett nytt stöd till proteingrödor skulle krävas för att öka produktionen i Sverige. Det har tidigare (under perioden 2004–2010) funnits ett stöd till proteingrödor. Detta låg på runt 500 kronor per hektar. Stödet gav inte önskad effekt. Därför behöver stödnivån troligen vara betydligt högre. Anta att stödet fördubblas till 1 000 kronor per hektar, och betalades ut för odling på 200 000 hektar, vilket ger en total stöd-kostnad på 200 miljoner kronor per år. Detta motsvarar 2 500 kronor per ton CO₂-

²⁸ www.sikfoder.se

ekivalenter genom ersättning av importerat proteinfoder. Om även effekten av att ersätta diesel med RME räknas in (se avsnitt 4.5.2.1) skulle kostnaden kunna ligga runt 740 kronor per ton CO₂-ekivalenter. (En ökad odling av ärter och åkerböna skulle öka den totala stödkostnaden men också den totala effekten.) Stödet skulle kunna finansieras inom landsbygdsprogrammet och inte utformas produktspecifikt.

4.6.3 Sammanlagd effekt av åtgärder riktade mot att minska utsläpp av växthusgaser vid produktion av insatsvaror

Den totala minskningen av utsläpp av växthusgaser som kan uppnås genom åtgärder skattas uppgå till 0,30 Mton CO₂-ekvivalenter (tabell 13). En stor potential ligger i att endast mineralgödsel tillverkad med BAT får användas. BAT kommer sannolikt att innebära minskade växthusgasutsläpp i samband med tillverkning över tid, vilket gör att effekten kan bli ännu större. Om denna åtgärd antas ske får vi räkna med den lägre effekten på tillförsel av gödselgiva under ekonomiskt optimum, eftersom den högre effekten bygger på att den del av mineralgödseln som används ger upphov till större utsläpp i samband med produktion (se avsnitt 4.6.1.5). Åtgärderna kan därmed, enligt föreliggande beräkningar, ge upphov till en minskning av växthusgasutsläppen från importerat mineralgödsel med 0,19 Mton CO₂-ekvivalenter per år, vilket motsvarar drygt 50 procent av de skattade totala utsläppen från tillverkning av mineralgödselkväve som används i Sverige år 2050 (se avsnitt 3.2.5.3).

Det ligger också en stor potential i att minska utsläppen från importerat foder. Utsläppen skattas kunna minska med i storleksordningen 0,08 Mton CO₂-ekvivalenter per år, vilket motsvarar runt 30 procent av de skattade totala utsläppen från tillverkning av foder som importeras i Sverige år 2050 (se avsnitt 3.2.5.2).

Medan kostnaden för att införa krav på att enbart mineralgödsel med låg klimatpåverkan bedöms vara svår att skatta kan kostnaden för minskade växthusgasutsläpp kopplade till en ökad ersättning av importerad soja med inhemskt proteinfoder uppgå till i storleksordningen 2 500 kronor per ton CO₂-ekivalenter.

Tabell 13. Effekter av olika åtgärder för att minska utsläppen av växthusgaser från importerade insatsvaror till jordbruket.

Åtgärd	Underåtgärd	Effekt (Mton CO ₂ -ekv)	Kommentar
Minska utsläpp från mineralgödsel	Använd mineralgödsel som tillverkats med BAT	0,10	
	Öka användningen av rötad gödsel	0,01	
	Öka mängden rötresten genom ökad rötning av vall	0,04/0,06	
	Optimera gödning	0	Ingår redan antaganaden om ökad produktivitet i referensscenariot
	Tillför gödselgiva under dagens rekommenderade nivå	0,04/0,05	
Minska utsläpp från foder	Optimera fodertillförsel	0	Ingår redan antaganaden om ökad produktivitet i referensscenariot
	Använd foder med lägre klimatpåverkan	0,08	
Summa		0,30	

4.7 Åtgärder för att minska livsmedelskonsumtionens klimatpåverkan

4.7.1 Underlätta klimatsmart livsmedelskonsumtion

Åtgärd

Konsumtionen kan delas upp i privat och offentlig konsumtion. Av de växthusgasutsläpp som den svenska konsumtionen ger upphov till orsakas drygt 80 procent av privat konsumtion och knappt 20 procent av offentlig konsumtion (Naturvårdsverket, 2008). Av den privata konsumtionen är drygt 25 procent av utsläppen kopplade till aktiviteten att äta (Naturvårdsverket, 2008). Val av livsmedel är således en viktig åtgärd för att minska klimatpåverkan.

Klimatmärkning av livsmedel är en möjlig väg att gå. Ett system har tagits fram²⁹, men det är svårt att skatta effekten till 2050.

4.7.2 Minska köttkonsumtionen

Åtgärd

Hur mycket och vilket kött vi äter är en av fem centrala aktiviteter som har stor betydelse för hur vi ska kunna minska växthusgasutsläppen kopplade till konsumtion (Naturvårdsverket, 2008). Det går i Sverige åt i genomsnitt 85 kg kött per person och år, räknat i slaktkroppsvikt. Direktkonsumtionen av rent kött uppgår till 48 kg per person och år (Jordbruksverket, 2013). Till detta kommer charkuterivaror och frysta produkter som innehåller kött.

Växthusgasutsläppen från köttproduktion har skattats i olika studier (se till exempel Jordbruksverket, 2011 g och Cederberg m.fl., 2009a). Storleken på utsläppen beror av vilka antaganden man gör och var gränserna dras för vilka utsläpp som inkluderas. I Cederberg m.fl. (2009a) har utsläppen av växthusgaser för svensk köttproduktion beräknats från ett livscykelperspektiv, vilket innebär att även utsläppen från insatsvaror (mineralgödsel och foder) samt utsläpp från direkt energianvändning ingår. Beräkningsmetoden skiljer sig från den som använts i föreliggande rapport, vilket gör att siffrorna inte blir jämförbara. Eftersom vi antar en ökad effektivitet till 2050 borde dessutom växthusgasutsläppen per producerad enhet vara lägre än de som skattats för 2005. Vi använder oss dock ändå av de av Cederberg m.fl. (2009a) skattade utsläppen i beräkningarna.

Om vi, som ett räkneexempel, antar att svenskarnas nöt- och grisköttkonsumtion skulle minska med 25 procent, skulle utsläppen av växthusgaser uppskattningsvis minska med i storleksordningen 0,91 Mton CO₂-ekvivalenter (tabell 14). Om hälften av den minskade köttmängden kompenserades med kyckling, skulle utsläppen från kycklingkonsumtion öka med i storleksordningen 0,10 Mton CO₂-ekvivalenter. Detta skulle ändå leda till en nettominskning av konsumtionens växthusgasutsläpp på 0,81 Mton CO₂-ekvivalenter per år.

²⁹ <http://www.klimatmarkningen.se/>

Tabell 14. Utsläpp av växthusgaser från produktion av kött.

Djurslag	Ton växthusgasutsläpp per kg kött (vara med ben)	Producerad köttmängd 2005 (kg)	Totala utsläpp (Mton CO ₂ -ekv)
Griskött	3,4	275 130	0,94
Kyckling	1,9	98 600	0,19
Nötkött	19,8 ¹	135 900	2,69

1 För nötkött har en allokering av utsläppen gjorts mellan kött- och mjölkproduktion.

Rent teoretiskt kan emellertid en minskad efterfrågan på kött i Sverige på marginalen pressa ner världsmarknadspriserna och i förlängningen medföra ökad köttkonsumtion i andra delar av världen.

Styrmedel

För att kunna påverka konsumtionen behövs, enligt forskningen, flera olika styrmedel som drar åt samma håll. Naturvårdsverket framhåller därför att det kan vara värdefullt att undersöka möjliga paket av olika styrmedel som tillsammans stegvis drar mot en kost med högre andel vegetabilier (Naturvårdsverket, 2011a).

Styrmedel för att få till stånd en minskad köttkonsumtion diskuteras i en rapport om som tagits fram av Jordbruksverket (2013). Ett lämpligt styrmedel kan vara en beskattning av nötköttkonsumtionen och/eller differentierad moms så att köttåra och färdigrätter eller måltider med högt köttinnehåll beläggs med en högre moms.

Ett annat möjligt styrmedel kan vara subventionerad klimat- eller miljömärkning av livsmedel. Klimatmärkning bedöms inte ha särskilt goda förutsättningar att ensamt vara ett kostnadseffektivt styrmedel, eftersom konsumenten generellt sett har begränsad förmåga att inväga kollektiva nyttor i olika köpbeslut (Jordbruksverket, 2009d). Det kan däremot ses som ett komplement till mer kraftfulla styrmedel.

Klimatinformation är ett styrmedel som redan idag tillämpas och som subventioneras av staten. Arbetet syftar till att öka kunskapen om klimatförändringarnas orsaker och konsekvenser, sprida den senaste kunskapen från forskningen, öka förståelsen för de samhällsomställningar som på sikt är nödvändiga för en hållbar utveckling och visa på möjligheter att minska utsläppen av växthusgaser. Med information, utbildning och kunskap ökar förståelse och acceptans för förändring. Information är inte ensamt tillräckligt för att få till stånd större minskningar av köttkonsumtionen, men kan utgöra en pusselbit i arbetet.

Som styrmedel är offentlig upphandling direkt underordnat den politiskt styrda delen av ekonomin och därmed möjlig att påverka för samhället. De offentliga måltiderna inom till exempel skola, hälsovård samt i olika sociala omsorger har en potential att påverka människors konsumtionsbeteenden och ge signaler om vilken mat som tillgodoser hållbarhetskriterier. I samband med upphandling kan kriterier sättas för exempelvis en lägsta frekvens vegetariska dagar, eller maximal köttmängd per genomsnittlig serverad portion. En klimatbaserad styrning av offentlig upphandling kan i förlängningen påverka konsumentbeteenden och ge signaler till leverantörer att klimatanpassa produkter.

Avslutningsvis kan kampanjer – så som köttfria dagar och liknande – bidra till en minskad köttkonsumtion.

4.7.3 Minska matsvinnet

Åtgärd

Matsvinnet är den del av livsmedelsavfallet som utgörs av livsmedel som skulle kunna användas för konsumtion om det hanterats annorlunda, men som istället slängs. Den samhällsekonomiska kostnaden för matsvinn ökar ju längre fram i livsmedelskedjan vi rör oss. Transporter, vidareförädling, lagring, kylförvaring och hantering bidrar till att öka miljöpåverkan ytterligare innan varan når hushållen. Det betyder att nyttan av att minska livsmedelsavfallet är större per kg hos hushållen än hos livsmedelsproducenten – den samhällsekonomiska kostnaden som uppstår när hushållen slänger ett kg kött är större än när slakteriet slänger ett kg kött. Livsmedelsavfallet kan förbrännas, behandlas biologiskt eller säljas som djurfoder. En del av livsmedelens energiinnehåll kan då utvinnas och miljöpåverkan blir mindre. Vinsten är dock mindre i jämförelse med att helt enkelt inte producera det som slängs. Minskat svinn medför alltså både miljömässiga och företagsekonomiska vinster.

Den totala mängden livsmedelsavfall för hela livsmedelskedjan, exklusive livsmedelsavfall i primärproduktionen (som bedöms vara litet), har i Sverige skattats till 1 850 000 ton per år, vilket motsvarar 35 procent av den mängd som produceras (Naturvårdsverket, 2011b). I begreppet livsmedelsavfall ingår även oundvikligt avfall som till exempel ben, tepåsar och apelsinskal. Det är idag svårt att säga hur stor del av den totala mängden livsmedelsavfall som är att betrakta som matsvinn. För hushållen – som står för den största andelen av livsmedelsavfallet (17 procentenheter) – står oundvikligt avfall för runt 60 procent av mängden och onödigt för 40 procent (Naturvårdsverket, 2011b). En målsättning som diskuterats är att minska livsmedelsavfallsmängden med 20 procent fram till 2015.

Totalt har 22 Mton CO₂-ekvivalenter skattats släppas ut från den svenska matkedjan och livsmedelsavfallet beräknas utgöra ca 3,5 Mton av dessa, dvs. 16 procent (Naturvårdsverket, 2011b). Det framgår inte hur beräkningen har gjorts och vilka växthusgasflöden som inkluderas och det är därför svårt att dra några slutsatser om hur minskat matsvinn kan påverka utsläppen av växthusgaser från jordbruket – men nivån är betydande.

Vi antar att 17 procent av allt livsmedel som produceras inom det svenska jordbruket blir livsmedelsavfall hos konsumenterna år 2050. Vidare antas 40 procent vara onödigt avfall. Om detta istället hade ätits upp, hade livsmedelsproduktionen kunnat minskas, utan att födointaget påverkats. Ett räkneexempel kan baseras på 1 kg potatis där 170 g blir livsmedelsavfall hos konsumenten. Av detta hade 68 g kunnat ätas medan 102 g utgjordes av skal. För att få 68 g mer ätbar potatis måste 72 g potatis produceras (eftersom 6 procent av produkten oundvikligen blir livsmedelsavfall). Vi ansätter samma antaganden för hela livsmedelsproduktionen. Växthusgasutsläppen i Sverige från jordbruket (metan och lustgas från jordbruk, direkt energianvändning och koldioxid från markanvändning) skattas uppgå till 8,86 Mton CO₂-ekvivalenter år 2050 (se avsnitt 3.2.6). Om matsvinnet ligger på 6,8 procent och detta helt upphör skulle produktionen kunna minskas med 7,2 procent utan att födointaget påverkas. Detta skulle innebära en minskning av jordbrukets utsläpp av växthusgaser på i storleksordningen 0,64 Mton CO₂-ekvivalenter per år. Det finns emellertid ingen självklar koppling mellan minskat livsmedelssvinn och minskad svensk produktion.

Styrmedel

Vid utformning av styrmedel finns det sannolikt en fördel med att rikta in sig på en viss typ av matavfall. Exempelvis är kött förknippat med de största samhälls-ekonomiska kostnaderna. Efterfrågan på köttprodukter är också priskänsligare än på andra produkter (Jordbruksverket, 2009b). Vidare skulle tänkbara styrmedel kunna baseras på att matsvinn från industri, restauranger och storkök, handel och hushåll avgiftsbeläggs på ett mer effektivt sätt (Dahlén, 2009; Schmidt m.fl., 2012). Krav på att kommuner ska tillhandahålla insamlingssystem för matavfall om det inte är tekniskt eller samhällsekonomiskt orimligt har föreslagits av Avfallsutredningen (SOU, 2012). Livsmedelsförpackningar bör vara möjliga att utforma så att de i högre grad bevarar matens kvalitet. Dessutom ökar optimal förvaring produktens livslängd. En översyn av datummärkning behövs. Med bättre förpackningar och förvaring kan hållbarheten för vissa varor vara betydligt längre än tidigare vilket även bör avspeglas i datummärkning. Informationsinsatser är exempel på styrmedel som myndigheter, industri och handel initierat för att minska på svinnet. En generell höjning av matpriserna skulle sannolikt också minska matsvinnet.

Jämnt fördelat över hela livsmedelskedjan, men exklusive primärproduktionen, beräknas den samhällsekonomiska nyttan av avskaffat matsvinn till 12–23 miljarder kronor (Naturvårdsverket, 2011b). Åtgärderna är därmed sannolikt alltid samhällsekonomiskt lönsamma.

4.7.4 Sammanlagd effekt av åtgärder för att minska konsumtionens klimatpåverkan

Det är svårt att skatta potentialen av åtgärder riktade mot konsumtion eftersom de ofta blir oprecisa och det är svårt att utforma styrmedel som ger önskad effekt. Det finns dock en stor potential i förändrade konsumtionsmönster. Om nöt- och grisköttkonsumtionen skulle minska med 25 procent, varav halva köttmängden kompenseras med kyckling, skulle exempelvis växthusgasutsläppen orsakade av vår köttkonsumtion (metan och lustgas från jordbruk, direkt energianvändning samt växthusgasutsläpp från insatsvaror) kunna minska med i storleksordningen 0,81 Mton CO₂-ekvivalenter (se avsnitt 4.7.2). Och om allt matsvinn upphörde skattas det kunna leda till att produktionen kunde minskas med 7,2 procent vilket skulle minska utsläppen av växthusgaser (metan och lustgas från jordbruk, direkt energianvändning och koldioxid från markanvändning) med i storleksordningen 0,64 Mton CO₂-ekvivalenter per år (se avsnitt 4.7.3).

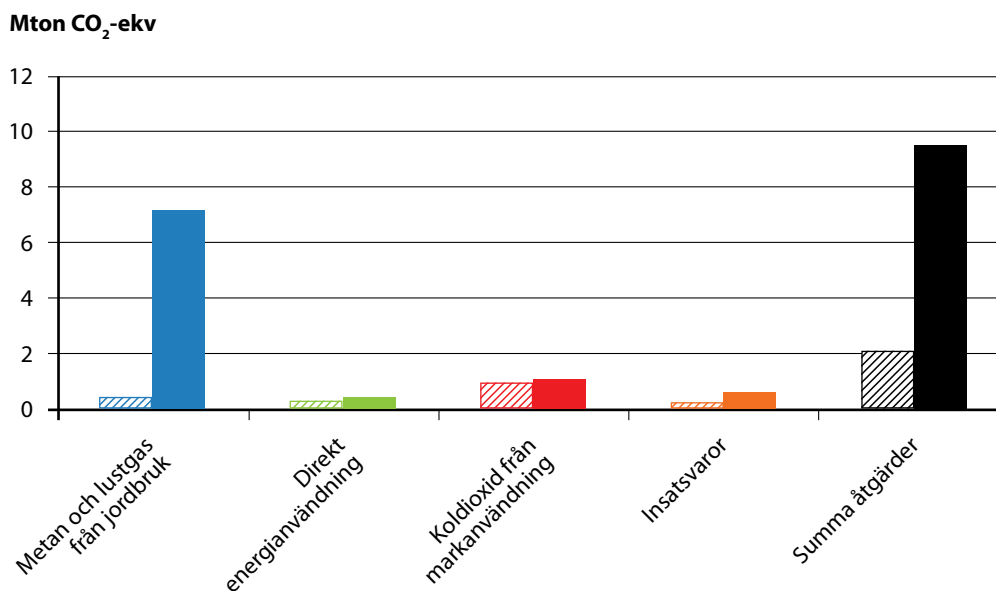
4.8 Sammanlagt effekt av åtgärder

Relevanta åtgärder bedöms i föreliggande rapport kunna minska utsläppen av metan och lustgas från jordbruket med 0,48 Mton CO₂-ekvivalenter (se avsnitt 4.2.4). Utsläppen skattas annars uppgå till 7,23 Mton CO₂-ekvivalenter år 2050 vilket innebär en minskning på nära 7 procent. Forskning och utveckling skulle kunna leda till att nya grödor och ny teknik tas fram som ytterligare kan minska utsläppen av växthusgaser. Eftersom människor för sin överlevnad är beroende av att det finns en livsmedelsproduktion är det dock svårt att få till stånd mer omfattande utsläppsminskningar (se avsnitt 8).

Energieffektiviseringsåtgärder i kombination med en ytterligare övergång till förnybara energikällor skattas kunna minska växthusgasutsläppen från direkt energianvändning år 2050 med 60–90 procent (se avsnitt 4.3.3). Utsläppen från direkt energianvändning skattas i referensscenariot uppgå till 0,4–0,6 Mton CO₂-ekvivalenter år 2050 (se avsnitt 3.2.2), och bedöms med ytterligare åtgärder kunna minskas till 0,1–0,3 Mton CO₂-ekvivalenter. Jordbrukets direkta energianvändning skattas därmed stå för en relativt liten del av jordbrukets växthusgasutsläpp år 2050 redan i referensscenariot. Dessa utsläpp bedöms dock möjliga att ytterligare minska betydligt.

I referensscenariot skattas utsläppen av koldioxid från markanvändning uppgå till 1,13 Mton CO₂ år 2050 (se avsnitt 3.2.3). Åtgärder bedöms kunna leda till att koldioxidavgången minskar med 1,03 Mton CO₂ per år (se avsnitt 4.4.3). Detta innebär att åtgärder riktade mot markanvändning kan bidra till att jordbruket (som ett netto mellan utsläpp och upptag) endast släpper ut små mängder koldioxid.

Utsläppen av växthusgaser i Sverige från jordbruket år 2050 (utsläpp av metan och lustgas från jordbruk, direkt energianvändning och koldioxid från markanvändning) skattas uppgå till 8,86 Mton CO₂-ekvivalenter och åtgärder inriktade mot utsläpp av metan och lustgas från jordbruket, direkt energianvändning och koldioxid från markanvändning skattas kunna minska utsläppen med 1,85 Mton CO₂-ekvivalenter (figur 7). Om även utsläppen vid produktion av importerade insatsvaror inkluderas uppgår de beräknade utsläppen år 2050 till 9,49 Mton CO₂-ekvivalenter och av åtgärderna till 2,12 Mton CO₂-ekvivalenter (figur 7).



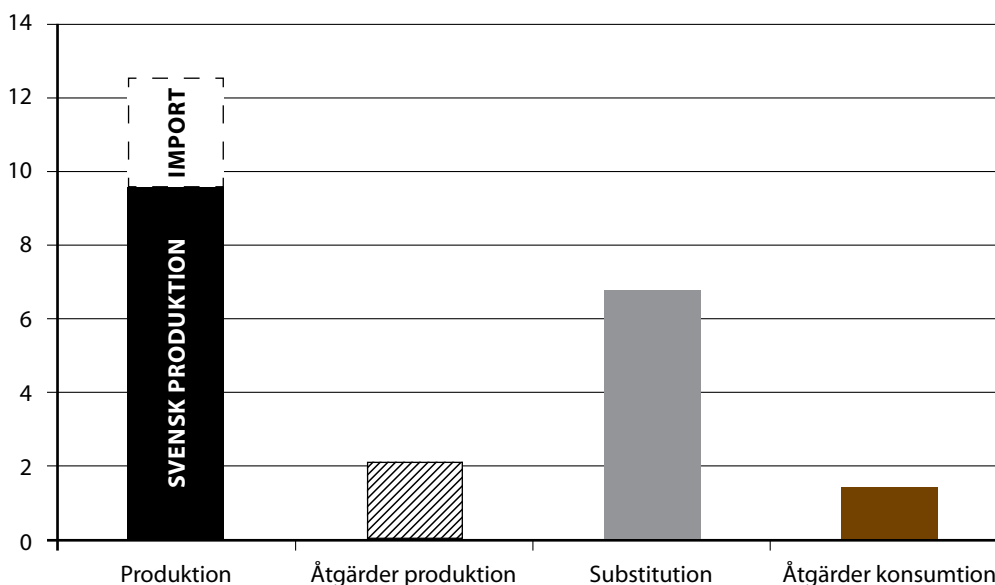
Figur 7. En sammanställning av den potentiella effekten av de olika åtgärderna. De fyllda staplarna visar de skattade växthusgasutsläppen år 2050 och de randiga staplarna effekten av olika åtgärder.

En stor potential ligger i att jordbrukets produktion av bioenergi kan öka (figur 8). Om runt 600 000 hektar av den mark som enligt modellberäkningen skulle ligga i träda år 2050 används för produktion av grödor för energiändamål och restprodukter i större utsträckning används för bioenergiproduktion skattas jordbruket

kunna producera i storleksordningen 28 TWh, varav drygt 7 TWh drivmedel (se avsnitt 4.5). Skattningen av den ökade odlingen av grödor för energiändamål har inte baserats på någon ekonomisk analys, eller någon behovsanalys, utan är endast en teoretisk skattning utifrån arealer och genomsnittlig avkastning. Detta skulle även leda till att utsläppen av lustgas från jordbruk, den direkta energianvändningen och växthusgasutsläppen vid produktion av insatsvaror som importerats till Sverige ökade, men att samhällets utsläpp av växthusgaser minskade.

Förändrade matvanor kan leda till minskade växthusgasutsläpp, eftersom olika livsmedel har mycket olika klimatpåverkan. Åtgärder riktade mot konsumtion är komplicerade så till vida att kopplingen till minskad produktion är osäkra. En minskad nöt- och grisköttkonsumtion på 25 procent, där halva köttmängden kompenseras med kyckling, skulle exempelvis kunna minska utsläppen av växthusgaser (metan och lustgas från jordbruket, direkt energianvändning och växthusgasutsläpp vid produktion av insatsvaror) med uppskattningsvis 0,81 Mton CO₂-ekvivalenter och om allt matsvinn upphörde skulle produktionen kunna minskas med i storleksordningen drygt 7 procent vilket skulle kunna minska utsläppen (metan och lustgas från jordbruk, direkt energianvändning och koldioxid från markanvändning) med runt 0,64 Mton CO₂-ekvivalenter (se avsnitt 4.7). De ligger således en stor potential i åtgärder riktade mot konsumtion, även om dess effekter är svåra att skatta (figur 8).

Mton CO₂-ekv



Figur 8. Utsläpp av växthusgaser från produktion och potential av åtgärder. Den nedre delen av produktionsstapeln är utsläpp från svensk jordbruksproduktion (summa åtgärder i figur 7). Den övre delen är skattade utsläpp från produktion av kött, mejeriprodukter och ägg som importerats till Sverige. Åtgärder produktion är den sammanlagda effekten av åtgärder (summa åtgärder i figur 7). Stapeln substitution visar på de minskningar i växthugsasutsläpp som kan ske genom substitution av fossila bränslen med bioenergi från jordbruket. Stapel Åtgärder konsumtion visar på en potentiell effekt (skattade utifrån att nöt- och grisköttkonsumtionen minskar med 25 procent och halva köttmängden kompenseras med kyckling samt att den totala jordbruksproduktionen minskas med drygt 7 procent som ett resultat av att allt matsvinn upphörde).

Utsläppen från svensk import och konsumtion av några animaliska livsmedel skattas kunna ge upphov på utsläpp på i storleksordningen 3 Mton CO₂-ekvivalenter i de länder där varorna produceras och har skattats utifrån data från 2005 (se avsnitt 3.2.5.1). Det finns stora osäkerheter i beräkningarna om inverkan av import och siffrorna bör endast ses som ett grovt försök att inkludera effekten (figur 8). Åtgärder riktade mot konsumtion kompliceras av att inte bara är svensk produktion behöver beaktas. Om utsläppen vid produktion av livsmedel i andra länder minskar, eller om importen ökar, kan utsläppen från svensk konsumtion av importerade livsmedel bli betydligt lägre eller högre.

4.9 Åtgärder och styrmedel för att hantera jordbrukets klimatpåverkan på ett övergripande sätt

4.9.1 Ekologisk odling

Ekologisk odling lyfts ibland fram som en möjlighet att minska jordbrukets klimatpåverkan, bland annat genom att mineralgödselkväve inte används och markens mullhalt värdesätts högre. Mindre kvävegivor bedöms ge lägre utsläpp av växthusgaser per hektar än mer intensiv odling, men också lägre skördar per hektar (Jordbruksverket, 2010c). Därför är inte ekologisk odling per definition mer klimatvänlig än konventionell.

KRAV har infört regler rörande klimatpåverkan³⁰. Detta gör att kopplingen mellan ekologisk produktion och produktion med mindre klimatpåverkan blir starkare. Det finns emellertid även klimatomärkning för konventionellt produktion³¹.

I en rapport om ekologisk produktion (Jordbruksverket, 2012) anges ekologisk produktion medföra en viss, men osäker, positiv klimateffekt genom lägre utsläpp av växthusgaser. Detta beror på att den ekologiska växtodlingen domineras av vall och att ekologisk produktion medför ökad recirkulering av kväve. Jordbruksverket anser dock att klimateffekter inte utgör en avgörande faktor vid en effektjämförelse mellan de två olika odlingssystemen.

Vi har därför valt att inte skilja på olika produktionssystem i föreliggande rapport.

4.9.2 Koldioxidskatt

4.9.2.1 Gemensam skattenivå inom EU

Sektorsövergripande skatter såsom koldioxidskatten är kostnadseffektiva både på kort och på lång sikt (Naturvårdsverket och Energimyndigheten, 2006). Aktörerna antas vidta de åtgärder som de anser vara billigast först och får långsiktiga incitament att anpassa produktion och konsumtion. För globala miljöeffekter såsom koldioxidutsläpp måste skatten vara relativt lika för olika länder, annars finns det risk för att en höjd koldioxidskatt i Sverige medför att produktion flyttas till andra länder eller importen ökar.

EU:s energiskattedirektiv³² reglerar minimiskattenivåer på energiprodukter och elektricitet. Minimiskattenivån fastställs idag utifrån volym och beaktar inte

³⁰ www.krav.se

³¹ www.klimatmarkningen.se

³² Direktiv 2003/96/EG

bränslets energiinnehåll och koldioxidutsläpp. Den är inte heller koordinerad med EU:s handelssystem med utsläppsrätter. Därför ska EU revidera direktivet och det finns ett förslag från 2011 som diskuteras. I förslaget ingår att skatterna ska baseras på koldioxidhalt och energiinnehåll men det finns inget förslag på en separat skatt för koldioxid som vi har i Sverige, Danmark och Finland³³. Förhoppningsvis beslutas det nya direktivet under 2013.

Enligt EU:s färdplansarbete behöver priset på koldioxid höjas inom EU för att få önskad konsekvens. Sveriges koldioxidskatt (se avsnitt 2.3.2) ligger högre än de nivåer som fanns med i kommissionens ursprungliga förslag till energiskatte-direktiv.

4.9.2.2 Effekter på jordbruket av en koldioxidskattehöjning

Regeringen har tittat på konsekvenserna av ändringarna i energibesiktningen 2011–2015 (Regeringen, 2009b). Det som avgör hur stor effekten av höjd koldioxidskatt blir är hur fossilbränsleintensiv produktionen är samt i vilken grad företagen kan byta till andra bränslen, minska sin bränsleanvändning eller föra över kostnaden så att lönekostnaden reduceras eller så att de ökade kostnaderna blir till prisökningar på slutprodukten som betalas av köparen. Det är oftast lättare att byta från fossila bränslen till biobränslen när det gäller uppvärmning jämfört med när det används i processer. Detta innebär att en skattehöjning troligen påverkar fossilbränsleintensiva företag som verkar på en konkurrensutsatt internationell marknad mest, särskilt om de har begränsad möjlighet att föra över kostnaden på köparen. Det har också betydelse hur reglerna för koldioxidutsläpp ser ut i de konkurrerande företagens länder.

Regeringen bedömde att den minskade återbetalningen av koldioxidskatten för dieselolja i jord- och skogsbruksmaskiner (se avsnitt 2.3.2) inte kommer att minska utsläppen mer än marginellt. Höjningen av koldioxidskatt på uppvärmningsbränslen samt förslaget om energiskatt per energiinnehåll för fossila uppvärmningsbränslen bedöms bidra till en viss minskning av utsläppen.

Effekterna av en höjning av koldioxidskatten för jordbruket (i form av att skattekostnaden tas bort) har studerats (Byman m.fl., 2007). Byman m.fl. (2007) menar att lantbrukarna har relativt god möjlighet att byta till förnybara bränslen (såsom spannmål, halm och flis) för uppvärmning, men det är svårare att byta ut eller minska användningen av diesel i arbetsmaskiner. Priserna på insatsvaror har stigit mer i Sverige än i konkurrensländerna (medeltal för Danmark, Tyskland, Frankrike, Irland, Nederländerna, Finland och Storbritannien) och denna skillnad skulle förstärkas ytterligare av en höjd koldioxidskatt. Ökade kostnader kan för en del jordbruk som redan idag har svårt att klara konkurrensen med utländska leverantörer medföra utslagning. De som ligger i riskzonen är framförallt mindre jordbruk som har svårt att investera i energieffektivare eller biobränslebaserade uppvärmningssystem. De företag som har möjlighet att investera kan i framtiden få en konkurrensfördel om oljepriset stiger kraftigt.

Den internationella konkurrensen för den svenska växthusnäringen är hård och priserna pressas från ett fåtal stora grossisthandlare (Byman m.fl., 2007). Förmånliga skattelättnader i andra länder ger konkurrenterna möjlighet till energieffektiva investeringar. Den svenska växthusnäringen bedöms riskera att konkurreras ut

³³ www.europaportalen.se

(också eftersom de är förhållandevis små). Svenska tomatodlare har dock visat sig vara snabba på att ställa om till förnybar energi (Jordbruksverket, 2011f), vilket skulle kunna innebära en mindre känslighet för ökat koldioxidskatt.

4.9.3 Handel med utsläppsrätter

4.9.3.1 Europeisk utsläppsrättshandel

Handel med utsläppsrätter kan vara en effektiv åtgärd för att hantera klimatproblemet i samhället som helhet. Systemets effektivitet ökar ju fler sektorer, i synnerhet sådana med stora utsläpp, som ansluts till det. En viktig förutsättning för att handelssystemet ska fungera tillfredsställande är att de totala utsläppsmängderna fastställs till en nivå som signalerar knapphet. I annat fall blir priset på utsläppsrätter för lågt för att ge incitament till utsläppsreduktioner.

EU:s system för handel med utsläppsrätter rör främst koldioxid³⁴ (från 2013 inkluderar flera växthusgaser). Den europeiska utsläppshandeln, EU ETS, omfattar utsläpp av koldioxid från anläggningar för produktion av el och värme, raffinaderier, anläggningar som producerar järn, stål, glas och glasfiber, cement och keramik, samt papper och pappersmassa. Utsläppen från vissa industribranscher, till exempel verkstadsindustrin, är delvis med i utsläppshandeln, delvis utanför. Från 2012 har även utsläpp från delar av flygsektorn inkluderats och från 2013 tillkommer aluminiumindustri och delar av kemiindustrin (bland annat produktion av mineralgödsel). I Sverige utgjorde utsläppen från den utsläppshandlande sektorn runt 33 procent av de samlade utsläppen i landet under perioden 2005–2007.

Att inkludera jordbruket i systemet skulle bli problematiskt (DG Environment, 2008). Bakgrunden är bland annat att utsläppshandel kräver att den totala mängden utsläpp kan beräknas för att sedan kunna fördelas på antalet företag som ingår i systemet. Vidare är det svårt att mäta utsläpp och utsläppsförändringar från varje gård, eftersom utsläppen kan variera mycket mellan gårdar. Ett system med individuella utsläppsrätter baserade på varje gårds faktiska utsläpp skulle således vara behäftat med höga transaktionskostnader och stor osäkerhet. EU-kommissionen har därför bedömt att ett system med utsläppshandel inte utgör en kostnadseffektiv lösning för att reducera jordbrukets utsläpp av växthusgaser. I dagsläget finns heller inga planer på att i framtiden inkludera jordbruket i handelssystemet.

Utsläpp från sektorer utanför systemet för handel med utsläppsrätter kommer från en rad olika källor. I Sverige står transportsektorn för den största andelen följd av utsläpp från jordbrukssektorn. Det ankommer på medlemsländerna i EU att svara för minskade utsläpp från dessa sektorer. Åtgärder inom respektive sektor utanför handelssystemet har hittills i hög grad hanterats var för sig, även om det gemensamma målet varit att minska utsläppen av växthusgaser. Möjligheter finns dock att genom projektbaserade mekanismer kombinera åtgärder inom och utanför handelssystemet (se avsnitt 4.9.4).

4.9.3.2 Nya Zeelands system för handel med utsläppsrätter

Systemet för handel med utsläppsrätter i Nya Zeeland kommer att från och med 2015 omfatta alla sektorer i ekonomin och samtliga växthusgaser som täcks av

³⁴ Inom EU beräknades 2006 utsläppen av koldioxid svara för 82 procent av de totala utsläppen av växthusgaser

Kyotoprotokollet, inklusive metan och lustgas. Jordbruket är den sektor i Nya Zeelands ekonomi som svarar för de största utsläppen av växthusgaser – uppskattningsvis 48 procent av utsläppen beräknas härröra från jordbruket. Under senare år har utsläppen fortsatt att öka. Från och med 2015 kommer jordbruket att behöva betala för sina utsläpp av växthusgaser, men fram till dess tillämpas inga andra prisbaserade styrmedel på området. Lantbrukarna har från och med 2011 frivilligt rapporterat in sina utsläpp. Denna rapportering blev obligatorisk 2012 för att därigenom förbereda kontroll- och rapporteringsrutinerna inför ikraftträdandet 2015³⁵. Under en övergångsperiod 2010–2012 kan berörda aktörer köpa utsläppsrätter av staten till ett administrativt fastställt pris motsvarande 25 NZ dollar (runt 140 SEK). Under samma period kan en utsläppsrätt berättiga till utsläpp av 2 ton koldioxidkvivalenter och kostnaden för utsläppsrätterna uppgår således till 70 kronor per ton CO₂. Efter denna övergångsperiod kommer priserna på utsläppsrätter att fastställas av marknaden.

Handeln kommer att omfatta förädlingsindustrin inom mjölk och köttsektorerna, äggproducenter, exportörer av levande djur samt tillverkare och importörer av mineralgödsel. Även trädgårdsnäringen inkluderas i handelssystemet vad avser produktionen av tomater, gurka, paprika och rosor. Dessutom kommer systemet från och med 2013 att omfatta allt matavfall. Alla lantbrukare behöver inte anmäla sig till eller delta i handeln med utsläppsrätter. Den nya zeeländska regeringen har emellertid flexibiliteten att i framtiden besluta att handeln ska ske på gårdsnivå om det går att lösa ett antal praktiska frågor, till exempel hur man säkerställer minskade utsläpp och att brukarna följer regelverket.

Den nationella målsättningen är att landets totala växthusgasutsläpp till 2020 ska reduceras till 10–20 procent under 1990 års nivå och till 2050 till 50 procent under 1990 års nivå. Genom införandet av handelssystemet bedömer landets regering att det skapas incitament för jordbruket att minska utsläppen av växthusgaser. Utsläppen förväntas minska genom bland annat ökad effektivitet i sektorn, utökad trädplantering, effektivare användning av mineralgödsel, utvecklad hantering av stallgödsel och genom förbättrad teknik. Bland mer eller mindre försumbara makroekonomiska effekter av handelssystemet förväntas en mindre höjning av energipriserna.

Handelssystemet administreras av det nya zeeländska Naturvårdsverket Environmental Protection Authority och är kopplat till den internationella marknaden för utsläppsrätter. Denna koppling motverkar prissvängningar på inhemska marknaden för utsläppsrätter. I den händelse en aktör missbrukar eller missköter sin roll i handelssystemet, kan dryga bötesbelopp utdömas.

I en tidigare jämförande analys av EU:s och Nya Zeelands handelssystem (Holcim Ltd, 2009) konstaterades att det nya zeeländska handelssystemet är mer ambitiöst vad det avser antalet täckta sektorer i ekonomin. Vidare noterades att EU-systemet, med hänvisning till riskerna för utsläppsläckage, i högre grad erbjuder fri tilldelning av utsläppsrätter till inhemska producenter och importörer.

4.9.4 Projektbaserade mekanismer

Handelssystemet för utsläppsrätter täcker endast runt 40 procent av EU-ländernas utsläpp. Genom så kallade projektbaserade mekanismer är det dock möjligt att

³⁵ <http://www.climatechange.govt.nz/emissions-trading-scheme/participating/agriculture/obligations/>

kombinera åtgärder inom och utanför handelssystemet³⁶. Det handlar om konkreta projekt som minskar utsläpp av växthusgaser i olika anläggningar och verksamheter. Utföraren erhåller projektkrediter som betalning för insatsen och dessa är möjliga att omsätta på marknaden med utsläppsrätter. De projektbaserade mekanismerna baseras på samarbetsmodeller inom ramen för FN:s klimatkonvention (Joint Implementation, JI och Clean Development Mechanism, CDM). Tillämpningar i Danmark (se avsnitt 4.9.4.1) och Norge (se avsnitt 4.9.4.2) ger exempel på olika sektorsövergripande åtgärder.

4.9.4.1 Danmarks Nationale Klimaprojekt

Danmark har som en del av landets övergripande klimatstrategi utvecklat ett instrument benämnt Nationale klimaprojekt (Energistyrelsen, 2011). De klimatprojekt som prövas, verifieras och ersätts av danska staten till ett på förhand bestämt pris. Samtliga växthusgaser omfattas av denna mekanism. Reduktionerna blir en del av statens samlade räkenskaper och redovisning av växthusgasutsläpp enligt landets förpliktelser under Kyotoprotokollet. Styrmedlet är fortfarande under utveckling, för närvarande pågår två pilotprojekt, och inriktas på åtgärder inom transport- och jordbrukssektorerna samt på delar av industrin.

Då Danmark på nationell bas kan fastställa krav och kriterier för Nationale Klimaprojekt, bedömer danska Energistyrelsen att projekten och procedurerna för att godkänna dem blir enklare. Enligt danska undersökningar finns en stor reduktionspotential som inte realiserats på grund av bristande lagstiftning eller för att reduktionerna inte är ekonomiskt lönsamma. Det är denna potential som projekten fokuserar på. De enda begränsningarna är att projekten inte får avse industri-sektorer som redan täcks av EU:s handelssystem och inte heller får projekten användas för att tillmötesgå gällande lagkrav inom berörd sektor.

4.9.4.2 Norge – Lokale klimatililtak

Norge deltar sedan 2009 i EU-ländernas utsläppshandel. I landet har etablerats ett finansieringsprojekt kallat KLOKT – klimakutt lokalt gjennom kommunale tiltak – där syftet är att etablera en marknad för lokala utsläppsminskningar (Civitas, 2011). Det norska kommunförbundet har initierat en ordning där kommunerna redovisar konkreta klimatåtgärder vilka granskas av norska staten. Kommunerna kan därigenom sälja utsläppsminskningar till staten med ersättning i form av krediter. Utsläppsminskningarna måste kunna bidra till att Norge uppfyller internationella förpliktelser under Kyotoprotokollet. KLOKT är därför utformat så att samma regler ska gälla för lokala klimatåtgärder som för internationellt godkända projekt. Endast sådana projekt som inte skulle ha kommit till stånd utan KLOKT får finansieras.

KLOKT är under utveckling och i en första version av beräkningsverktyget har

36 Genom Artikel 24a i EUs reviderade direktiv om utsläppshandel (2009/29/EC) introducerades möjligheten för EUs medlemsländerna att lämna utsläppsrätter eller krediter till projekt som avser sektorer utanför handelssystemet. Mekanismen är inte kopplad till regelverket i Kyotoprotokollet men möjlig att implementera på nationell nivå i EU:s medlemsländer. I samband med att direktivet antogs 2009, uttrycktes förhoppningar om att mekanismen skulle initiera ytterligare utsläppsreduktioner. Än så länge är det dock för tidigt att bedöma om den kommer att bli operativ och i vilken grad marknadsaktörer och beslutsfattare kommer att svara på de möjligheter som öppnas genom Artikel 24a. Det är också oklart om mekanismen kommer att fortleva efter 2012, dvs. efter utgången av Fas 2 (2008–2012) enligt Kyotoprotokollet.

underlagen fokuserat på avfallssektorn och transporter. Det pågår också arbete med att utveckla underlag för jordbruk och för stationär energiproduktion. Vidare undersöks förutsättningarna för att inkludera ett konsumentorienterat beräkningsverktyg. Inom jordbrukssektorn har finansieringsprojektet identifierat totalt 22 olika klimatåtgärder.

4.9.4.3 *Australiens Carbon Farming Initiative*

Som en del av Australiens klimatpolitik³⁷ introduceras under 2012 ett särskilt jordbruksrelaterat program, Carbon Farming Initiative (CFI), vilket bygger på ett frivilligt deltagande av berörda intressenter³⁸. Arrangemanget erbjuder en möjlighet för lantbrukare och markägare att erhålla projektkrediter som betalning för olika insatser som minskar utsläppen av växthusgaser. Exempel på klimatåtgärder som kan ge projektkrediter är återbeskogning, minskade utsläpp från boskap, gödsel och organiskt avfall och koldioxidutsläpp från mark. Projektkrediter kan säljas till aktörer som önskar klimatkompensation för olika typer av växthusgasutsläpp (i Australien berörs runt 500 företag av åtagandet att betala eller kompensera för sina utsläppsätter). Projektkrediter ges från och med juli 2012 enligt ett på förhand bestämt administrativt pris.

CFI syftar också till att ge incitament för landsbygdskommuner och andra intressenter att stödja insatser för ett uthålligt jordbruk. Krediterna kan även köpas av enskilda personer eller av frivilligorganisationer som önskar kompensera för sina utsläpp. Utsläppshandeln under CFI är länkad till internationella marknader som etablerats för handel enligt Kyotoprotokollet.

4.9.5 **Kvotplikt och drivmedelscertifikat**

För att klara EU-målet att minst 10 procent av drivmedlen ska vara förnybara 2020 har Sverige skattebefrielse för förnybara drivmedel upp till 6,5 volymprocent för låginblandning i bensin upp till 5 volymprocent i diesel. Denna skattebefrielse kommer troligen att upphöra 2014 och därefter måste Sverige hitta nya sätt för att nå våra mål såsom 10 procent förnybara drivmedel 2020, en fossiloberoende fordonsflotta 2030 och ett klimatneutralt Sverige 2050.

Regeringen avser nu att införa ett kvotpliktssystem under 2014. Tanken med kvotpliktsystemet är att låginblandningen ska öka till 10 volymprocent etanol i bensin och sju volymprocent biodiesel (FAME) i diesel³⁹. Enligt EU:s lagstiftning får medlemsländerna inte ha två styrmedel för samma åtgärd och införs ett kvotpliktsystem kan de berörda drivmedlen inte skattebefrias⁴⁰.

Möjligheten att införa drivmedelscertifikat har diskuterats (SOU, 2004). Grunden i ett certifikatsystem är att det skapas en artificiell marknad för certifikat (elektroniska dokument). Utbudet kommer av att den produktion som man vill stödja (för-

37 Australiens målsättning är att till 2020 reducera växthusgasutsläppen med 25 procent jämfört med nivåerna år 2000. Till 2050 är målsättningen att reducera utsläppen med 80 procent i relation till år 2000. Detta under förutsättningen att en ambitiös global klimatöverenskommelse kan nås. Landet har beslutat att från 2013 införa en skatt på växthusgasutsläpp och från 2015 ett handelssystem för utsläppsätter.

38 www.cleanfuture.gov.au

39 www.regeringen.se

40 www.regeringen.se

nybara drivmedel) tilldelas certifikat som producenterna kan sälja och efterfrågan kommer av att konsumtionen måste matchas med innehav av certifikat, vilket kan ses som en kvotplikt. Certifikaten redovisas till staten och annulleras vid bestämd tidpunkt. I systemet ingår en sanktionsavgift för dem som har för få certifikat i förhållande till sin konsumtion. Skillnaden mellan kvotplikt och ett system med certifikat är förenklat bara avsaknad av certifikat.

Energimyndigheten har kommit fram till att det 2009 fanns tolv aktörer som producerade eller importerade etanol, FAME/RME och biogas och alltså skulle kunna tilldelas certifikat (Energimyndigheten, 2009). De som skulle kunna komma ifråga för en kvotplikt är de som är skattskyldiga för motorbensin och dieselbränsle som inte försetts med märk- eller färgämnen. Inga lantbrukare skulle tilldelas certifikat eller beläggas med kvotplikt enligt Energimyndighetens förslag.

Hur högt priset blir per certifikat beror på utbud och efterfrågan i den konstruerade marknaden. Stora aktörer har möjlighet att i viss mån påverka priset genom att hålla på certifikaten eller vänta med sina inköp. Kostnaden för certifikaten förs över till konsumenterna. Storleken på de ökade bensin- och dieselpriserna har inte beräknats eftersom de beror på priset på certifikatmarknaden. Även i ett kvotpliktssystem utan certifikat ökar kostnaderna för bensin- och dieselleverantörerna då de ska uppfylla kvotplikten vilket också förs över till konsumenterna.

Hur framtida kvotpliktssystem eller eventuella drivmedelscertifikat kommer att påverka svenska lantbrukares konkurrenskraft i form av ökade priser, beror på när och hur andra länder inför regler eller system för att öka andelen förnybara drivmedel.

5 Ekonomiska avvägningar

5.1 Ramar och antaganden

De åtgärder vi föreslår i denna rapport för att minska utsläppen av växthusgaser inom jordbruket är i stor utsträckning baserade på vad som är tekniskt möjligt, dock utan att ligga i den yppersta teknologiska fronten. Aspekter vi inte har tagit hänsyn till i någon större utsträckning är sådana som rör bland annat lantbrukarens beslutssituation, framtidsutsikter, administrativ börda mm. Frågor som inte heller diskuteras är varför lantbrukarna väljer att inte satsa på energigrödor i större utsträckning, eller vad som krävs för att de ska göra det i framtiden, liksom vilka svårigheter som kan uppkomma i utformning, implementering och administration av styrmedel.

Dessa frågor är dock av stor vikt och diskuteras nedan. Våra resonemang utgår från ett antal grundläggande förutsättningar, bland annat att lantbrukaren är en rationell individ, vilket då innebär att kollektivet i genomsnitt beter sig som vinstmaximerare och att lantbrukaren baserar sina odlingsbeslut på ekonomiska, socioekonomiska och agronomiska grunder. Exempel på sådana grunder är erfarenhet av tidigare odling, grödans historiska och även prognosticerade framtida avkastning, grödornas relativpriser och beslutets tidshorisont. Vi antar även att konsumenten är rationell och därmed agerar på prisförändringar utifrån att en given andel av dennes inkomst allokeras till livsmedel⁴¹ och att de i sina beslut uppträder som nytto-maximerare. Vi har inte för avsikt att ta diskutera eventuella fördelningspolitiska-, näringspolitiska- och regionalpolitiska effekter.

För att uppnå de i denna rapport föreslagna utsläppsmålen krävs sannolikt förändrade relativpriser. De priser som främst är intressanta är priset på mat och priset på energi. För att uppnå de prisförändringar som krävs måste förändringar ske både på utbuds- och efterfrågesidan. För att efterfrågan på exempelvis nötkött ska minska krävs att priset på nötkött stiger (se avsnitt 4.7.2). Ett dyrare nötkött gör sannolikt att även svinnet på detta livsmedel minskar.

Ekonomiska och incitamentsbaserade samt kommunikativa styrmedel kan fungera som ömsesidigt stödjande instrument för att påverka konsumtionsmönster och bidra till att minska konsumtionens klimatpåverkan (tabell 8). Staten har möjlighet att genom direkt styrande skatter och subventioner uppnå bestämda miljömål och skulle kunna använda sig av dessa medel för att rätt prissätta klimatvänliga alternativ och öka deras andel av totalt utbud. En punktskatt på animalieprodukter liksom en differentierad momsbeskattning skulle kunna ge incitament för minskad konsumtion av exempelvis köttprodukter (se avsnitt 4.7.2). Statliga subventioner till forskning och till olika former av klimatinformation kan också bidra till att dessa styrmedel får ökat genomslag på konsumtionsmönstren (se avsnitt 4.7.2). Klimatinformation kan även vara ett viktigt styrmedel för att stimulera hushåll, industri, storkök och handel att minska matavfall och matsvinn (se avsnitt 4.7.3). Vidare har stat och kommun vid offentlig upphandling en beslu-

⁴¹ Antagandet om konstant livsmedelsandel av disponibel inkomst följer inte helt vad vi ser empiriskt.

Enligt Jordbruksverket (2009b) har hushållens utgifter för mat ändrats från cirka 19 procent under 1980-talet till cirka 13 procent 2006. Samtidigt har den disponibla inkomsten ökat med cirka 60 procent under samma tidsperiod (Jordbruksverket, 2009c) vilket sammantaget styrker valet av antagande.

tande roll som kan aktiveras i syfte att minska konsumtionens klimatpåverkan. Offentlig upphandling kan ge signaler till leverantörer att klimatanpassa sina olika produkter och dessutom påverka konsumentbeteenden mot mer klimatsmarta alternativ. Ett lagreglerande styrmedel som ransonering kan visserligen ge ett säkert utfall i form av exempelvis minskad köttkonsumtion, men har, förutom tung byråkrati, nackdelen att helt sätta marknadsmekanismen ur spel för att styra en omställning mot klimatvänliga konsumtionsmönster.

5.2 Styrmedel för att anpassa konsumtionens klimatpåverkan

På en perfekt marknad löses resursfördelningen via prismekanismen. De samhällsekonomiska effekterna av exempelvis växthusgasutsläpp från köttproduktion avspeglas dock inte i marknadspriserna, vilket bidrar till ett ineffektivt resursutnyttjande. På grund av att priset inte reflekterar den faktiska kostnaden för samhället innebär exemplet en indirekt subvention av produktionen som leder till att det skapas en överkonsumtion. Det finns inget som idag tyder på att marknaden själv kan reglera detta. Negativa externa effekter som till exempel utsläpp av växthusgaser kan motivera avsteg från rent marknadsekonomiska lösningar. För att närma sig en samhällsekonomiskt optimal lösning kan endera en korrigerande skatt införas eller så kan produktion och konsumtion begränsas kvantitativt, genom till exempel ransoneringsåtgärder. Vid en beskattning kommer efterfrågan att minska samtidigt som ett högre pris på exempelvis nötkött sannolikt skulle bidra till bättre hushållning och minskat matsvinn. Hur stor en sådan prisförändring bör vara är svårt att bedöma men den bör vara så stor att konsumenten de facto väljer att antingen avstå från att köpa matvaran eller substituerar varan mot annan typ av matvara med lägre klimatpåverkan. För att möjliggöra en minskning av matsvinnet krävs troligen en generell höjning av priset på alla matvaror (se avsnitt 4.7.3). Ju högre pris en vara har desto större sannolikhet att konsumenten värderar varan högre och därmed är noggrannare i sin hantering av densamma. Vid utformning av sådana styrmedel som kan motverka matsvinn är det troligen effektivt att rikta in sig på köttvaror eftersom dessa förknippas med de största samhällsekonomiska kostnaderna (se avsnitt 4.7.3) och också är den varugrupp där priskänsligheten är som störst.

Det finns få studier som försökt värdera kvantitativa effekter på konsumentpriser och växthusgasutsläpp av en köttskatt. En studie av Wirsenius m.fl. (2010) bedömer att en koldioxidskatt på EU-nivå motsvarande 60 € per ton kan väntas höja priset på nötkött med runt 16 procent (cirka 1,40 € per kg), vilket på svensk marknad kan motsvara en höjning av konsumentpriset med 12–20 kronor per kg. Till följd av skatten väntas konsumtionen av nötkött minska på EU-nivå med runt 15 procent jämfört med nuvarande konsumtion. Översatt till svenska förhållanden 2010 skulle konsumtionsminskningen endast motsvara runt 4 kg per person och år. Enligt Wirsenius m.fl. (2010) reduceras utsläppen av växthusgaser inom EU därmed med runt 7 procent. Det är svårt att översätta effekten till växthusgasutsläpp från svensk produktion eftersom drygt 50 procent av det nötkött som konsumeras i Sverige utgörs av import.

Analysen indikerar emellertid att en konsumtionsminskning med 25 procent (som ingår i räkneexemplet i avsnitt 4.7.2) sannolikt skulle kräva betydligt högre skatt

än den ovan skisserade. För att rätt avväga skattesatsen krävs information om bland annat priselasticiteter och data om respektive varas klimatpåverkan. Dessutom bör skatten utifrån samhällsekonomisk effektivitet inte vara högre än för andra sektorer med motsvarande växthusgasutsläpp, exempelvis industrins kostnader för utsläppsätter.

SIKA⁴² beräknade 2008 vilken koldioxidskatt som skulle krävas för att vägtrafiken skulle uppnå EU:s dåvarande krav om 80 procent av nivån 1990 för utsläpp av koldioxid år 2020 (SIKA, 2008). De fann att det skulle krävas en bensinpris på runt 27 kronor per liter från och med 2008 och framåt, vilket var mer än en fördubbling av då rådande bensinpris. Om vi överför dessa resultat på diskussionen om nivån på en köttskatt ovan, och med beaktande av att egenpriselasticiteten för kött är högre än den för drivmedel, finner vi att en sådan skatt bör ligga på en nivå som medför ett konsumentpris som ligger lägre än en fördubbling av köttpriset.

5.2.1 Administrativa konsekvenser vid beskattning av köttkonsumtion och av andra animaliska produkter

En skatt på animalieprodukter skulle medföra administrativa merkostnader för staten och aktörerna på marknaden. I ett initialt skede kommer ett regelverk att behöva utformas.

En första fråga gäller om den indirekta beskattningen avser en punktskatt på utsläppen av olika växthusgaser eller om skatten ska tas ut i form av differentierad mervärdesskatt (moms). Här antas tills vidare att skatten utformas som en punktskatt. Punktskatter påförs inte i alla led i produktions- och distributionskedjan, vilket är fallet för momsen. Punktskatterna tas normalt bara ut i ett led, vanligen hos producenten. EU:s medlemsländer kan införa punktskatter, men skatterna får inte användas för att diskriminera varor från andra EU-länder. En punktskatt som tas ut på import och inhemsk produktion behöver därför utformas och hanteras så att den är konkurrensneutral. Ändå kan det inte uteslutas att andra medlemsländer kan invända mot en sådan skatt och hävda att den skulle slå mot landets export till Sverige.

Vid utarbetandet av ett regelverk handlar det bland annat om gränsdragningsfrågor, dvs. frågor om vilka råvaror och färdigvaror som ska omfattas av beskattningen, om minimigränser vad avser beskattningsbara varor. Vidare behöver det avgöras hur beskattningsunderlaget ska bestämmas. Skatten bör differentieras och baseras på hur mycket ett kg nötkött, ett kg griskött osv släpper ut. Här behöver schabloner fastställas, vilket inte är oproblemiskt. Detta eftersom utsläppen kan variera beroende på uppfödningssystem och köttets ursprung. För sammansatta och bearbetade livsmedel uppstår frågan om beskattning ska utgå från insatt råvarumängd vid tillverkningen eller om skatten ska tas ut baserat på innehållet i den färdiga produkten. Vidare behöver avgöras vilken information i form av deklARATIONER som behöver inhämtas från producent/importör vad avser varans beskaffenhet och sammansättning. Frågan kan kompliceras om producenten/importören åberopar sekretess ifråga om tillverkningsreceptet och därför är ovillig att lämna en deklARATION för produkten.

Det löpande arbetet kan komma att kräva en brett upplagd information till alla berörda aktörer. För skattepliktiga företag och importörer behöver också nya han-

⁴² Statens institut för kommunikationsanalys – idag benämnt Trafikanalys

teringsrutiner införas vad avser den ekonomiska redovisningen men även den fysiska hanteringen av skattepliktiga varor kan komma att påverkas genom till exempel krav på att lagerhållning hålls avskild för skattepliktiga produkter. Även andra kontrollaspekter behöver vägas in och kontrollorganens verksamhet får en avgörande betydelse för möjligheten att upprätthålla en fungerande punktbeskattning. Erfarenheterna så här långt från införandet i Danmark år 2011 av en fettskatt tyder på att skatten gett incitament till ökad gränshandel. Om gränshandeln blir omfattande till följd av en köttskatt, finns risk för att effekterna urholkas innebärande att en produktionsnedgång i Sverige kompenseras av ökad produktion utanför landets gränser. Gränshandelseffekten kan i sin förlängning även påverka inhemsk sysselsättning genom minskad produktion, styckning och förädling i regioner som gränsar till andra länder.

En beskattning inriktad på endast nötkött skulle underlätta den administrativa belastningen, men sannolikt ändå möjliggöra en minskning av växthusgasutsläppen.⁴³

Bland tänkbara styrmedel har också diskuterats möjligheten av att differentiera momsens på ett sätt så att köttprodukter beläggs med en högre moms än den gällande 12-procentiga skattesatsen (se avsnitt 4.7.2). En eventuell differentiering av momsens mellan klimatpåverkande animalieprodukter och andra livsmedel skulle teoretiskt kunna göras så att momsens på kött höjs till 25 procent medan momsens på andra livsmedel behålls vid 12 procent. En differentiering skulle i och för sig också kunna uppnås genom att momsens för övriga livsmedel sänks till 6 procent, men behålls vid 12 procent för till exempel köttvaror. Ytterligare ett alternativ skulle vara 25 procent för klimatpåverkande animalieprodukter och 6 procent för livsmedel i allmänhet.

5.2.2 Indirekta effekter av en konsumtionsskatt

En konsumtionsskatt kan förväntas ha en viss dynamisk effekt genom att konsumenterna i ökande grad uppmärksammas på sambanden mellan konsumtion och klimat. Effekten kan möjligen förstärkas ytterligare av påverkan från samhällets klimatinformation och klimatmärkning.

En konsumtionsskatt ger inte direkt köttproducenter incitament för att anpassa produktionen i mer klimatvänlig riktning och kan därför behöva kompletteras med åtgärder som stimulerar köttproducenterna att minska utsläppen per producerad enhet. Enligt principen förorenaren betalar bör tvingande regler vara den typ av styrmedel som används i första hand. Subventioner kan vara försvarbara i de fall då åtgärder är praktiskt svåra att införa via principen att förorenaren betalar.

I räkneexemplen rörande minskad köttkonsumtion (se avsnitt 4.7.2) förväntas konsumenterna minska konsumtionen av nötkött och griskött och ersätta den helt eller delvis med kyckling eller andra livsmedel. Analyser visar att när priserna stiger på köttprodukter så är fjäderfäkött en mycket vanlig substitutvara. Konsumentreaktionerna kan variera och även innebära att konsumtionen av svenskt nötkött i viss utsträckning ersätts av billigare importerat nötkött. Ett sådant scenario skulle i klimatsammanhang innebära att utsläppen istället flyttas utomlands.

⁴³ Enligt Wirsenius m.fl. (2010) bedöms effekten av att bara beskatta nötkött uppgå till nära 80 procent av den som skulle uppstå vid beskattning av kött, ost, smör och ägg.

På produktionssidan skulle en beskattning beröra runt 21 000 producenter av nötkött i Sverige liksom slakterier, övriga förädlingsled och foderleverantörer. De flesta svenska nötköttsproducenter är småskaliga och har denna produktion som en bisyssla till annan jordbruksproduktion, främst mjölkproduktion. För den enskilde köttproducenten kan en konsumtionskatt innebära ett inkomstbortfall som kan vara svårt att kompensera på kort sikt. Vidare kommer betesmarker att överges och efterfrågan på foder och andra insatsvaror/tjänster kan väntas minska. Om produktionen är tillräckligt konkurrenskraftig kan en fortsatt köttproduktion finna avsättning på exportmarknader. I klimatsammanhanget skulle det dock innebära oförändrade utsläpp globalt.⁴⁴

Allt i diskussionen om dynamiska effekter pekar på betydelsen av att styrmedlen bör koordineras mellan sektorer och länder och inte minst koordineras inom hela EU.

5.3 Styrmedel för att öka jordbrukets produktion av bioenergi

En utgångspunkt bör vara att förändra vår konsumtion från bränslen med stort klimatavtryck till bränslen med lägre avtryck. Mer specifikt, vi bör i större utsträckning använda biobränslen och minska konsumtionen av fossila bränslen.

Det finns idag skatter på bränslen med högt klimatavtryck (koldioxidskatt, se avsnitt 4.9.2) och rapporten inriktar sig därför på åtgärder för att stimulera produktionen av bioenergi från jordbruket (se avsnitt 4.5). I och med att det idag finns en koldioxidskatt korrigeras bränslepriserna för samhällets faktiska kostnader, enligt principen att förorenaren betalar. Det vill säga, de samhällsekonomiska effekterna av konsumtionen av bränslen avspeglas idag i marknadspriserna. Med utgångspunkten att vi behöver substituera bränslen med stort klimatavtryck mot bränslen med lägre avtryck så finns det också ett intresse att öka utbud och efterfrågan av biobränslen på kort och lång sikt. Idag används främst koldioxidskatten och stöd till produktion i detta syfte men också regleringar som andel modifierade vegetabiliska oljor i biodiesel och regleringar av markanvändning för bioenergi kan vara aktuella på sikt. När olika styrmedel är effektiva eller inte och vilka administrativa kostnader som är behäftade med dessa styrmedel diskuteras vidare i Jordbruksverket (2010a).

Dagens politik och demografiska utveckling indikerar att efterfrågan på jordbruksprodukterna mat och bioenergi ökar både på kort och lång sikt och att politiska åtgärder för att stimulera efterfrågan och utbudet av bioenergi leder till en ökad produktion av bioenergi.

När odling av grödor för energiändamål ökar återspeglas detta i en ökning av alternativkostnaden på potentiell jordbruksmark, det vill säga högre markpriser. På kort sikt är dessutom produktionen av jordbruksprodukter (mat) oelastisk, vilket har en påverkan på markpriset.⁴⁵

⁴⁴ Alternativen är en minskning av produktionen av kött, dito men en ökad produktion med annan inriktning eller nedläggning av verksamheten.

⁴⁵ Vi har valt att förenkla markanvändningen till att gälla mat kontra bioenergi, i viss mån även foder. Annan användning av marken såsom kolsänka (våtmark), skog mm påverkar också alternativkostnaden.

Med högre alternativkostnad på jordbruksmark och ett oelastiskt utbud av jordbruksprodukter på kort sikt påverkas företagarens förväntade resultat av jordbruksaktivitet (Rathmann m.fl., 2009). Det förväntade resultatet är direkt relaterat till högsta möjliga avkastning givet bland annat jordkvalitet, lokalisering och marknadsaspekter. Förutom en ökning av priset på jordbruksprodukter kan introduktionen av ytterligare en prispåverkansfaktor leda till en ökning i prisvolatilitet på kort och lång sikt. En sådan prisvolatilitet påverkar i sin tur säkerligen företagarens kalkylränta vid investeringar och odling av perenna grödor. Redan idag värderar lantbrukare ettåriga energigrödor högre än perenna. De vill ha runt 1 200 kronor mer per hektar och år vid odling av grödor med 20-årig omloppstid (exempelvis salix) relativt en ettårig gröda (Paulrud och Laitila, 2007).

Givet att lantbrukarens beslut påverkas av förväntad avkastning kan incitamenten öka för att bruka jordbruksmark som för närvarande ligger i träda alternativt är extensiv vall.

För att sammanfatta så konkurrerar jordbruksprodukterna mat och bioenergi på kort sikt med högre produktpriser och faktorpris (markpris) som följd. Konkurrerande produktion med samma produktionsfaktor kan leda till volatilitet i produktpriset och ökad efterfrågan på produktionsfaktorn. Effekter på lång sikt är mer osäkra och beror i stort på tillgången till produktiv jordbruksmark och faktorer som är kopplade till forskning och utveckling såsom produktivitet, nya grödor och lönsam bioenergi produktion från cellulosa. Åtgärder på produktion bör därför förutom att stimulera utbudet av bioenergi från jordbruket också minimera konkurrensen om jordbruksmark på kort och medellång sikt, givet att matpriserna inte påverkas i någon högre utsträckning av ökad odling av grödor för energiändamål.

Bioenergi från restprodukter (gödsel, halm och diverser andra skörderester) är ett komplement till jordbruksprodukten mat men kan indirekt påverka efterfrågan av jordbruksmark då förväntad avkastning för en given mark kan antas öka. En ökad produktion av bioenergi från restprodukter ökar utbudet av jordbruksprodukterna mat och bioenergi. Påverkan på priset kommer dock vara marginell då det är troligt att efterfrågan av båda produkterna kommer att öka på kort och lång sikt.

Produktion av bioenergi som inte baseras på användning av restprodukter kräver att odlingsmark som annars skulle kunna användas för livsmedelsproduktion tas i anspråk för odling av grödor för energiändamål. Det finns då en risk för att det uppstår en konkurrens mellan livsmedel och energigrödor. För att minska denna konkurrens behövs forskning och utveckling för ökat produktivitet och inte minst lönsam bioenergiproduktion av cellulosa. Det finns dock sannolikt tillräckligt med potentiell produktionsmark i Europa för att stabilisera priserna på medellång sikt (Turpin m.fl., 2009).

6 Åtgärdernas inverkan på övriga miljö kvalitetsmål

6.1 Övergripande genomgång av de svenska miljö kvalitetsmålen

Miljö kvalitetsmålet om begränsad klimatpåverkan kan inte hanteras för sig utan att övriga miljö kvalitetsmål beaktas. Även generationsmålet måste i detta sammanhang tas i beaktande. Generationsmålet ska vara vägledande för allt miljöarbete och innebär att till nästa generation lämna över ett samhälle där de stora miljöproblemen i Sverige är lösta, utan att orsaka ökade miljö- och hälsoproblem utanför landets gränser.

Vi bedömer att de åtgärder som föreslagits i denna rapport har positiva eller negativa effekter för ett flertal andra miljö mål. I tabell 15 gör vi en bedömning av direkta samband mellan våra åtgärdsförslag och de nationella miljö kvalitetsmålen. Vi har arbetat utifrån förutsättningen att utsläppen i andra länder inte ska öka genom de föreslagna åtgärderna. De miljö kvalitetsmål som är starkast kopplade till jordbruket är Ett rikt odlingslandskap, Ingen övergödning och Giftfri miljö, men även Ett rikt växt- och djurliv kan anses vara starkt kopplat till jordbruksproduktionen. Sambanden mellan våra åtgärdsförslag och Ett rikt odlingslandskap respektive Ett rikt växt- och djurliv är ofta mer indirekta än för övriga miljö kvalitetsmål och kommenteras därför mer utförligt i nedanstående avsnitt.

6.2 Hur ser möjligheterna ut att uppnå miljö kvalitetsmålen Ett rikt odlingslandskap och Ett rikt växt-och djurliv i referensscenariot?

I detta avsnitt behandlas påverkan av jordbrukets generella utveckling fram till 2050. Enligt modellberäkningarna, där samma livsmedelsproduktion som i dag antagits, men med en högre produktivitet, beräknas stora arealer komma att ligga i träda (tabell 2). Vidare kommer inte betesdjuren att räcka till för att hålla mer än 343 000 hektar av naturbetesmarken i hävd. Eftersom ett livskraftigt jordbruk i hela landet är en förutsättning för att kunna uppfylla miljö kvalitetsmålen Ett rikt odlingslandskap och Ett rikt växt- och djurliv – och speciellt de delarna av målen som hänger samman med bibehållen hävd av betesmark – kommer möjligheterna att nå dessa mål att minska, om utvecklingen följer den i referensscenariot.

På grund av gräsmarkernas betydelse för den biologiska mångfalden kommer det med stor sannolikhet att krävas särskilda åtgärder för att behålla ett öppet landskap med betesdrift, exempelvis genom alternativa skötselmetoder eller andra typer av betesdjur än nötkreatur. Sannolikt blir andra lösningar för att behålla ett varierat och delvis öppet landskap, i någon större omfattning, och utan draghjälp av en fortsatt jordbruksproduktion, mycket kostsamt. Genomförs inte kompletterande åtgärder är det troligt att odlingslandskapets karaktär kommer att förändras i grunden och risk finns att habitat och arter helt slås ut. Ängs- och naturbetesmarker har redan under 1900-talet minskat kraftigt vilket har medfört förluster av

Tabell 15. De i rapporten föreslagna åtgärdernas inverkan på andra miljö kvalitetsmål, positiv effekt (+), negativ effekt (-), liten eller ingen effekt (=).

Miljö kvalitetsmål	Effekt	Kommentar
Begränsad klimatpåverkan	+	Åtgärderna minskar jordbrukets utsläpp av växthusgaser och ger en ökad tillgång på förnybar energi.
Skyddande ozonskikt	=	
Grundvatten av god kvalitet	+	Åtgärder som minskar överskott av kväve i marken minskar såväl avgång av lustgas som läckage till vatten.
Ett rikt odlingslandskap	Se avsnitt 6.2–6.3	Jämfört med referensscenariot innebär vissa åtgärder att större arealer odlas.
Frisk luft	=	
Säker strålmiljö	=	
Hav i balans samt levande kust och skärgård.	+	Åtgärder som minskar överskott av kväve i marken minskar såväl avgång av lustgas som läckage till vatten.
Storslagen fjällmiljö	=	
Bara naturlig försurning	+	Åtgärder som minskar överskott av kväve i marken kan leda till minskade utsläpp av ammoniak.
Ingen övergödning	+	Åtgärder som minskar överskott av kväve i marken minskar såväl avgång av lustgas som läckage till vatten. Vidare kan återföring av organogen mark till våtmark minska växtnäringsläckage från jordbruket beroende på utformning och placering.
Myllrande våtmarker	+	Åtgärden återföring av organogen mark till våtmark ökar antalet anlagda våtmarker. I de fall detta innebär ett återskapande av våtmarker som idag är utdikade har åtgärden en positiv effekt för våtmarkernas natur- och kulturvärden i ett landskapsperspektiv.
God bebyggd miljö	=	
Giftfri miljö	-	Om föreslagna åtgärder leder till färre djur innebär det att det blir en ensidigare spannmålsodling vilket i sin tur leder till ett större behov av växtskyddsmedel.
Levande sjöar och vattendrag	+	Åtgärder som minskar överskott av kväve i marken minskar såväl avgång av lustgas som läckage till vatten.
Levande skogar	=	
Ett rikt växt- och djurliv	Se avsnitt 6.2–6.3	Jämfört med referensscenariot innebär vissa åtgärder att större arealer odlas.

biologisk mångfald. Ytterligare minskningar är inte förenligt med Sveriges åtaganden enligt EU:s Art och habitatdirektiv eller de svenska miljömålen.

Även arealen åkermark kommer att bli svår att upprätthålla om utvecklingen följer den i referensscenariot. En lösning för att kunna bevara ett öppet och varierat landskap med oförändrad jordbruksareal, när den nödvändiga arealen för livsmedelsproduktion minskar, är att få odling av energigrödor eller odling av grödor för energiproduktion att bli lönsam. Detta gäller särskilt för skogs- och mellanbygder där redan idag nedläggning av jordbruksmark är en utmaning i arbetet för att bevara ett varierat landskap samt arter och habitat kopplade till jordbrukslandskapet.

6.3 Hur påverkar åtgärderna möjligheten att uppnå miljökvalitetsmålen Ett rikt odlingslandskap och Ett rikt växt- och djurliv?

Vissa av de föreslagna åtgärderna inverkar positivt på möjligheterna att uppnå Ett rikt odlingslandskap och Ett rikt växt- och djurliv, andra har en negativ inverkan. De flesta av de åtgärder som behandlar effektivare produktionsmetoder, till exempel effektivare gödselhantering och effektivare energianvändning, har dock liten påverkan på miljömålen Ett rikt odlingslandskap och Ett rikt växt- och djurliv.

Genomförs även sådana åtgärder som handlar om förändrad produktionsinriktning är det sannolikt att odlingslandskapets karaktär kommer att förändras i grunden. Konsekvenserna för kulturmiljön är i ett par fall möjliga att lindra beroende på vilka styrmedel som används. För att till fullo klargöra återgårdens inverkan på kulturmiljön är det nödvändigt att ta fram noggranna konsekvensbeskrivningar.

Ett ökat antal lövträd på jordbruksmark leder till att betesdjuren räcker längre för att hålla naturbetesmarksarealerna i hävd (se avsnitt 4.4.1.3). Samtidigt är det viktigt att de tillkommande lövträden hamnar rätt i landskapet och på rätt typ av marker. Åtgärden att ha fler lövträd och buskar i jordbruksmark för att lagra kol kan ibland innebära en förändring av landskapets karaktär i riktning mot ett igenväxande landskap.

Om odlingarna av energigrödor placeras rätt i landskapet har en ökad odling (se avsnitt 4.5.3) förutsättning att öka den biologiska mångfalden. Men det har även betydelse vilken gröda som odlas om effekterna på den biologiska mångfalden blir negativa eller positiva. En ökad odling av grödor för energiändamål bidrar till att öka jordbrukets konkurrenskraft och därigenom möjligheterna att behålla ett livskraftigt jordbruk i hela landet. Å andra sidan kan en ökad produktion av energigrödor på åkern förändra jordbrukslandskapet genom att nya grödor introduceras samt att floran och faunan förändras.

Åtgärden att öka produktionen av energigrödor genom att öka odlingen av energiskog (se avsnitt 4.5.3.2) kan påverka målet om Ett rikt odlingslandskap negativt eftersom det kan leda till att delar av det öppna landskapet förloras. Odlingen av energiskog kan dessutom bli ett problem för de många fornlämningar som ligger i eller under dagens åkrar. Dessa riskerar att skadas av trädens rotsystem eller bli förstörda i samband med att energiskogen skördas. Effekterna av detta kan lätt lindras om energiskogen placeras på åkrar som inte innehåller fornlämningar.

En fortsatt utveckling med anläggning av mer våtmarker (se avsnitt 4.2.3.3) är positivt för den biologiska mångfalden, men det blir viktigt att de våtmarker som etableras placeras väl. Återskapandet av våtmarker kan även ha en positiv effekt för kulturmiljön om anläggandet styrs till platser som är utdikade och tidigare varit våtmarker.

Den åtgärd som kan få kraftig negativ påverkan på de belysta miljökvalitetsmålen är kraven på minskad nötköttkonsumtion (se avsnitt 4.7.2). Om denna åtgärd utformas så att nötkreaturen minskar i Sverige minskar behoven av både betes- och slåttervallar samt naturbetesmarker. Betydande arealer gräsmarker kommer

att behöva hävdas på andra sätt än genom den hävd som erhålls genom traditionell köttproduktion om vi ska kunna undvika förlust av biologisk mångfald. Utan kompenserande skötselinsatser kommer även det minskande antalet nötkreatur att ha en negativ inverkan på kulturmiljön eftersom stora delar av det öppna landskapet kommer att växa igen. Ett minskat antal djur minskar också behovet av byggnader och hägnader som tillhör djurskötseln. Detta har en negativ effekt eftersom delar av det kulturella, historiska och arkitektoniska arvet då riskerar att förloras. Därmed förändras odlingslandskapets karaktär.

När det gäller begränsningar i nötköttkonsumtionen, och därmed en minskning av nötköttproduktionen, bör även påverkan på generationsmålet om miljöpåverkan utanför Sverige beaktas. Redan idag ligger en stor påverkan av vår inhemska produktion i andra länder, men den påverkan kan minska genom den föreslagna åtgärden om ökad odling av proteingrödor inom Sverige (se avsnitt 4.5.2.1). En ännu större påverkan, än den som fås av importerade foder, sker genom vår konsumtion av importerade animaliska livsmedel (se avsnitt 3.2.5.1).

7 Alternativ utveckling av utsläpp från jordbruket 2050 med åtgärder

Åtgärderna tillsammans med lämpliga styrmedel och effekt har satts samman till olika åtgärdspaket. Endast de åtgärder som påverkar utsläppen från svenskt jordbruk har inkluderats, och således inte åtgärder som syftar till att minska växthusgasutsläpp vid tillverkning av importerade insatsvaror. Åtgärdspaketet har tagits fram utifrån målområde, dvs. om åtgärderna är riktade mot att minska utsläppen av metan och lustgas från jordbruk, minska växthusgasutsläppen från direkt energianvändning, minska utsläppen av koldioxid från markanvändning, öka jordbrukets produktion av bioenergi eller riktas mot ändrade konsumtionsmönster. Åtgärder som presenteras i rapporten men som inte har bedömts vara kostnadseffektiva, antagits ge förhållandevis liten effekt eller är svårbedömda på grund av bristande kostnadsunderlag har exkluderats. Vidare ingår inte befintliga styrmedel som förväntas ha gett effekt redan i referensscenariot. Exempelvis ökar kväveeffektiviteten redan i referensscenariot och reglering, rådgivning och information rörande kvävetillförsel antas därmed redan ha gett effekt och ingår därmed inte i åtgärdspaketet.

7.1 Åtgärdspaket för att minska utsläpp av metan och lustgas från jordbruk och utsläpp av växthusgaser från direkt energianvändning

Av de åtgärder som presenteras för att minska utsläpp av metan och lustgas från jordbruket (tabell 9) är det endast två som ingår i åtgärdspaketet. Flera av åtgärderna ger en relativt liten effekt och har därför inte inkluderats. Andra åtgärder och styrmedel är fortfarande för outvecklade för att dess potentiella effekt ska kunna bedömas. Vidare utredningar behövs av möjligheterna att införa ett system för inköpsrätter för mineralgödsel (se avsnitt 4.2.3.1).

Av de åtgärder som diskuterats för att minska växthusgasutsläppen från direkt energianvändning (tabell 10) gav de flesta relativt liten effekt varför de utelämnades. De två effektivaste åtgärderna är dock båda med i åtgärdspaketet.

Den totala effekten av åtgärderna i paketet uppgår till 0,75 Mton CO₂-ekvivalenter (tabell 16). Detta motsvarar nära 10 procent av de totala utsläppen av metan och lustgas från jordbruk och växthusgasutsläpp från direkt energianvändning. Annorlunda uttryckt kan åtgärdspaketet minska de skattade utsläppen av metan och lustgas från jordbruket år 2050 med knappt 6 procent och växthusgasutsläppen från energianvändning med nära 70 procent. Åtgärden att återföra organogen mark till våtmark minskar dessutom utsläppen av koldioxid från markanvändning med i storleksordningen 0,52 Mton CO₂-ekvivalenter per år (se avsnitt 4.4.2.1), vilket blir en positiv bieffekt av åtgärdspaketet.

Tabell 16. Åtgärder för att minska utsläppen av metan och lustgas från jordbruk samt växthusgasutsläppen från direkt energianvändning inom jordbruket.

Åtgärd	Styrmedel	Effekt (Mton CO ₂ -ekv)
Öka rötningen av gödsel	Metanreduceringsersättning, investeringsstöd för biogas, informationsinsats	0,10
Återför organogen mark till våtmark	Investeringsstöd kopplade till anläggning av våtmark, ersättning för skötsel av våtmark samt ersättning för utebliven produktion	0,31
Öka användningen av spillvärme i växthus	Forskning och utveckling av användning av spillvärme i växthus och informationsåtgärder. Vid behov kan incitamenten för lokala avtal om spillvärme förstärkas av subventioner, som investeringsstöd.	0,05
Ersätt diesel med förnybara drivmedel	Styrmedel gemensamma för alla arbetsmaskiner ¹	0,29
Öka användningen av rötad gödsel och vall		X ²

¹ Trafikverket anger att åtgärder behövs men beskriver inte vilka; ²Sannolikt är utsläppen av lustgas lägre från rötat material än orötat men effekten är svår att skatta (se avsnitt 5.2.3.2)

Kostnaderna förknippade med ökad rötning av gödsel och återföring av organogen mark till våtmark är relativt höga: 2 900 kronor per minskat ton CO₂-ekvivalenter i metanutsläpp om den sammanlagda kostnaden för investeringsstöd och metanreduceringsersättning läggs samman eller 540 kronor om även substitutions-effekten av att biogasen ersätter fossila bränslen räknas in respektive 5 100 kronor per minskat ton CO₂-ekvivalenter i form av minskad lustgasavgång från marken eller 1 900 kronor om även den minskade koldioxidavgången inkluderas. Ökad användning av spillvärme i växthus kan uppnås med informations- och rådgivningsinsatser samt forskning och utveckling. Det är svårt att skatta samhällets kostnader för dessa åtgärder. Styrmedel för att få till stånd en ökad användning av förnybara drivmedel i arbetsmaskiner har inte föreslagits, även om Trafikverket bedömt att sådana behövs.

7.2 Åtgärds paket för att minska utsläppen av koldioxid från markanvändning

Det saknas i stor utsträckning kunskap om hur kollagringen i jordbruksmark ska kunna ökas (se avsnitt 4.4). Beräkningarna av effekterna är därför förknippade med stora osäkerheter. De åtgärder som är aktuella är ökad kolinlagring i mark, fler träd i jordbruksmark samt återföring av organogen mark till våtmark. Dessa skattas tillsammans kunna minska koldioxidavgången med totalt 1,03 Mton CO₂-ekvivalenter (tabell 17), vilket motsvarar nära 90 procent av de skattade totala koldioxidutsläppen från jordbruksmark år 2050. Åtgärds paketet leder dessutom till att utsläppen av lustgas från organogen mark skattas minska med 0,31 Mton CO₂-ekvivalenter.

Samhällets kostnad för att återföra organogen mark till våtmark beräknas uppgå till 3 100 kronor per minskat ton CO₂-ekvivalenter (eller 1 900 kronor om även den minskade lustgasavgången räknas in). De övriga åtgärderna innebär i första hand kostnader i form av forskning och information.

Tabell 17. Åtgärder för att öka minska utsläppen av koldioxid från markanvändning.

Åtgärd	Styrmedel	Effekt (Mton CO ₂ -ekv)
Öka kolinlagringen i åkermark	Informationsåtgärder, forskning om vilka åtgärder för kolinlagring som är effektiva för svenska förhållanden och vilka kostnader som är knutna till dessa.	0,10
Ha fler träd och buskar på jordbruksmark	Information om lönsamhet och biologiska värden.	0,41
Återför organogen mark till våtmark	Investeringsstöd kopplade till anläggning av våtmark, ersättning för skötsel av våtmark samt ersättning för utebliven produktion.	0,52

7.3 Åtgärds paket för att öka jordbrukets produktion av bioenergi

Om runt 600 000 hektar av den areal som annars, enligt modellberäkningarna, kommer att ligga i träda år 2050, skulle användas för produktion av grödor för energiändamål skulle jordbrukets utsläpp av växthusgaser öka på grund av ökad odling. Utsläppen av lustgas från marken beräknas öka med i storleksordningen 0,14 Mton CO₂-ekvivalenter per år, utsläppen från tillverkningen av den ökade mängd mineralgödsel som antas behövas med 0,11 Mton CO₂-ekvivalenter per år och utsläppen från dieselförbrukningen med runt 0,03 Mton CO₂-ekvivalenter per år (se avsnitt 4.5). Samtidigt skulle utsläppen av växthusgaser från samhället minska om bioenergin användes för att ersätta fossila bränslen, totalt i storleksordningen 5,01 Mton CO₂-ekvivalenter per år (tabell 18). Till detta kommer en ökad användning av restprodukter som, förutsatt att den producerade energin ersätter fossila bränslen, kan minska samhällets utsläpp med runt 2,06 Mton CO₂-ekvivalenter per år (tabell 18).

En ökad användning av spannmål som annars skulle exporteras för etanolframställning presenteras också som en åtgärd (se avsnitt 4.5.2.2). Eftersom det inte minskar växthusgasutsläppen i ett globalt perspektiv har denna åtgärd dock inte inkluderats i åtgärds paketet.

Totalt är minskningen av samhällets utsläpp av växthusgaser genom en ökad bioenergiproduktion inom jordbruket av samma storleksordning som jordbrukets skattade utsläpp av metan och lustgas år 2050 (6,79 Mton CO₂-ekvivalenter per år, även sedan de ökade utsläppen från jordbruket vid produktion räknats bort, jämfört med 7,23 Mton CO₂-ekvivalenter per år).

Samhällets kostnader för investeringsstöd till biogasproduktion och metanreduceringsersättning innebär att utsläppsminskningen kan åstadkommas till en kostnad av runt 660 kronor per ton CO₂-ekvivalenter (eller 540 kronor om även den minskade metanavgången läggs till). Kostnaden för ett stöd till proteingrödor skattas leda till en kostnad på drygt 1 000 kronor per ton CO₂-ekvivalenter (alternativt 740 kronor om effekten av att ersätta importerad soja med inhemskt proteinfoder också räknas in). Övriga åtgärder bedöms behöva informations- och rådgivningsinsatser samt forskning och utveckling för att komma till stånd och samhällets kostnader för dessa styrmedel är svårare att skatta.

Tabell 18. Åtgärder för att öka jordbrukets roll som leverantör av bioenergi.

Åtgärd	Styrmedel	Effekt (Mton CO ₂ -ekv)
Öka produktionen av biogas från gödsel	Metanreduceringsersättning, investeringsstöd för biogas, informationsinsats	0,44
Öka användningen av halm till förbränning	Forskning och utveckling samt ytterligare informations- och rådgivningsinsatser	1,62
Öka produktionen av raps till RME	Stöd till proteingrödor	0,29
Öka odlingen av vall till biogas	Forskning och utveckling samt ytterligare informations- och rådgivningsinsatser	0,71
Öka odlingen av energigräs	Forskning och utveckling samt ytterligare informations- och rådgivningsinsatser	0,51
Öka odlingen av energiskog	Forskning och utveckling samt ytterligare informations- och rådgivningsinsatser	3,50

7.4 Åtgärds paket riktade mot konsumtion

Det är svårt att skatta effekten av åtgärder riktade mot konsumtion eftersom kopplingen till produktion är svår att förutse. I föreliggande rapport har vi utgått ifrån ett par räkneexempel rörande potentiell effekt (se avsnitt 4.7). Enligt räkneexemplen kan utsläppen från jordbruket (metan och lustgas från jordbruk, direkt energianvändning, koldioxid från markanvändning samt utsläpp av växthusgaser vid produktion av insatsvaror) minskas med i storleksordningen 1,45 Mton CO₂-ekvivalenter per år (tabell 19), förutsatt att åtgärderna leder till en 25-procentig minskning av nöt- och griskött konsumtionen (varav halva köttmängden kompenseras av kyckling) samt att produktionen totalt sett minskas med drygt 7 procent. Effekterna kan dock uppstå i andra länder och därmed inte minska de beräknade växthusgasutsläppen från svenskt jordbruk.

Samhällets kostnader för att få till stånd en minskad köttkonsumtion har inte skattats. En minskning av matsvinnet anses vara samhällsekonomiskt mycket lönsamt.

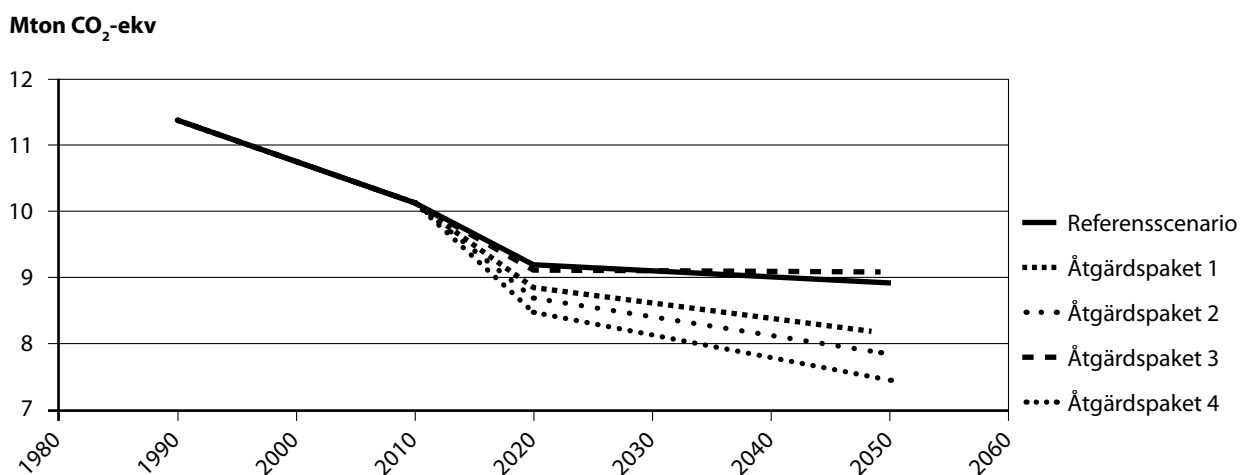
Tabell 19. Åtgärder för att påverka konsumtionen.

Åtgärd	Styrmedel	Effekt (Mton CO ₂ -ekv)
Minska köttkonsumtionen	Beskattning av köttkonsumtion och/eller differentierad moms; subventioner till klimat och miljömärkning; subventioner till klimatinformation; offentlig upphandling (kommuner och landsting); kampanjer typ köttfri dag	0,81
Minska matsvinnet	Beskattning (högre matpriser generellt); ökad sophämtningsavgift baserat på vikt; bättre förpackningar; information bland annat om förvaring; översyn av datummärkning	0,64

7.5 Alternativa utsläppsbanor till 2050 med de olika föreslagna åtgärdspekten

Om de olika åtgärdspekten (1–4, presenterade i avsnitt 7.1–7.4) kommer till stånd beräknas utsläppen av växthusgaser bli lägre än i referensscenariot. De totala utsläppen i Sverige från jordbruket 2050 (metan och lustgas från jordbruk, direkt energianvändning, koldioxid från markanvändning) beräknas uppgå till 8,86 Mton CO₂-ekvivalenter i referensscenariot (figur 9). Med åtgärdspaket 1 beräknas utsläppen istället bli 8,11 Mton CO₂-ekvivalenter (eller 7,59 om bieffekten i form av minskad koldioxidavgång från organogen mark räknas in) och med åtgärdspaket 2 runt 7,83 Mton CO₂-ekvivalenter (eller 7,52 om bieffekten i form av minskad lustgasavgång från organogen mark räknas in) (figur 9). Åtgärdspaket 4 visar en potentiell effekt av åtgärder riktade mot konsumtion. Om minskningen av köttkonsumtionen främst leder till att mängden importerat kött minskar kan det innebära att utsläppen från svenskt jordbruk förblir desamma. En ökad produktion av energigrödor enligt åtgärdspaket 3 ökar de skattade utsläppen i Sverige från jordbruket (lustgasavgång från jordbruksmark och dieselanvändning) med 0,17 Mton CO₂-ekvivalenter jämfört med referensscenariot (tabell 13), men har samtidigt potential att minska samhällets utsläpp av växthusgaser med 7,07 Mton CO₂-ekvivalenter (tabell 18).

Vi har för alla åtgärdspaket antagit en linjär utveckling mellan 2020 och 2050, eftersom det inte finns något underlag för att anta plötsliga utvecklingsprång.



Figur 9. Utsläppsbanor fram till år 2050 med olika åtgärdspaket.

7.6 Forskning

Vi har i arbetet med att ta fram åtgärder och åtgärdspaket utgått ifrån känd teknik och inte antagit några tekniska eller vetenskapliga utvecklingsprång. Några exempel på åtgärder som skulle kunna minska jordbrukets klimatpåverkan är:

- framtagandet av mer kväveeffektiva grödor kan minska behovet av kvävetillförsel.
- utveckling av tvågrödessystem kan göra att marken kan användas mer effektivt.

- förädling kan ge än mer produktiva och anpassade grödor och djur.
- perenna spannmålsgrödor kan öka kolinlagingen i marken och samtidigt minska behovet av körning och gödslning.

Mer kunskap kan också behövas rörande de flesta av åtgärderna som presenteras i rapporten.

- Forskning behövs rörande ökad produktivitet och effektivitet (bland annat för kvävegödsel och energi) inom jordbruket.
- Utveckling av foder (inklusive fodertillsatser) som minskar utsläpp från foder-smältning.
- Mer kunskap om hur växthusgasutsläppen vid stallgödselhantering kan minskas, inklusive information om hur stor lustgasavgången är vid spridning av rötresten.
- Kunskap om ur våtmarker bör anläggas och skötas i syfte att minimera utsläppen av växthusgaser.
- Mer kunskap behövs om koldioxid- och lustgasavgång från organogen åkermark samt effekter av olika bruksintensiteter.
- Metoder som syftar till att öka kollagring i jordbruksmark, samt de erhållna kollagens varaktighet, behöver studeras.
- Utveckling av teknik och sorter behövs för att öka lönsamheten i odling av energigrödor.

8 Hur kan jordbrukets utsläpp av växthusgaser minskas?

Varje människa behöver varje dag få i sig en viss mängd energi, runt 2 000 kcal. Denna föda måste produceras på något sätt. Produktionen kan effektiviseras men inte ske utan utsläpp av växthusgaser. Människor kan avstå från att flyga till avlägsna semesterortar, men vi kan inte avstå från att äta. På det sättet har jordbruket en särställning, eftersom jordbruket behövs för att ta fram den mat vi behöver. Hur mycket det svenska jordbrukets utsläpp av växthusgaser kan minskas beror på hur mycket växthusgasutsläpp produktionen av en viss enhet ger upphov till, hur mycket som produceras och var systemgränserna för jordbruket dras.

8.1 Effektivare produktion

Utsläppen av metan och lustgas från jordbruket kan minska genom att utsläppen per producerad enhet minskar. Den typen av åtgärder som lantbrukarna själva bidrar till att genomföra.

Om vi hade förutsatt att jordbrukets produktion 2050 skulle gå till på samma sätt som idag så skulle utsläppen i referensscenariot ha varit desamma som nu. Istället har vi antagit att produktiviteten och effektiviteten ökar (se bilaga 1), vilket exempelvis medför att mindre kväve behöver tillföras för att erhålla samma produktion. Detta innebär att utsläppen av metan och lustgas från jordbruket fram till 2050 beräknas minska med runt 8 procent (se avsnitt 3.2.6).

Genom de föreslagna åtgärderna kan utsläppen av metan och lustgas minska ytterligare utan att mängden som produceras minskar, men minskningen är ändå bara 7 procent jämfört med referensscenariot (se avsnitt 4.2.4). En kombination av effektivare produktion och de föreslagna åtgärderna leder därmed till en minskning av metan- och lustgasutsläppen från jordbruket till 2050 med runt 14 procent jämfört med dagens jordbruk.

8.2 Förändrad produktion

Genom att upphöra med viss produktion kan väsentliga minskningar uppnås av det svenska jordbrukets utsläpp. För att det ska leda till minskade utsläpp i ett globalt perspektiv krävs att även den inhemska konsumtionen av dessa livsmedel minskar så att en minskad produktion inte enbart leder till en ökad import⁴⁶. Det är således inget som det svenska jordbruket kan förändra utan det bygger på förändrade konsumtionsmönster eller en stark politisk viljetryckning. Några räkneexempel kring detta följer nedan.

Åtgärder för en minskning av utsläppen med 25 procent:

Om dagens mjölkproduktion bibehålls men all övrig nötdjursproduktion upphör och all organogen mark som används för vall eller träda återförs till våtmark skulle utsläppen av metan och lustgas från jordbruksproduktionen kunna minskas med i storleksordningen 25 procent.

⁴⁶ Generationsmålet kräver att ökad import inte resulterar i att miljöpåverkan enbart flyttas till andra länder, om inte produktionen i de andra länderna sker med mindre miljöpåverkan.

Effekten av åtgärden att återföra organogen mark till jordbruksmark finns i avsnitt 4.2.3.3. Skattningen av effekten av en minskad mängd nötdjur bygger på att metanutsläppen från fodersmältning, lustgas- och metanutsläpp från hantering av stallgödsel, lustgasutsläpp från spridning av stallgödsel och lustgas från betesgödsel beräknats på det sätt som beskrivs i bilaga 2⁴⁷. Utsläppen beräknas då uppgå till 2,68 Mton CO₂-ekvivalenter (vilket ska jämföras med 4,34 Mton CO₂-ekvivalenter i referensscenariot).

Över hälften av allt skördat spannmål var fodersäd år 2008 (Jordbruksverket, 2010d). Enligt modellberäkningarna kommer 35 procent av åkermarksarealen att användas för vallodling 2050 (tabell 2). Därmed skulle stora arealer åkermark frigöras om antalet nötdjur minskades. Odlingen av baljväxter som skulle kunna ersätta vårt proteinbehov skulle således kunna ökas avsevärt (utan att de skattade utsläppen av lustgas från mark och användning av diesel år 2050 ökar). En minskning av antalet nötdjur skulle minska tillgången till gödsel och substrat för biogasproduktion (se avsnitt 4.5.1.1). Dessutom minskar kolinlagringen i betesmark och åkermark (se avsnitt 4.4.1.2). Möjligheterna att behålla arealen med naturbetesmarker skulle minska och likaså arealen slåttervallar som betas, vilket kraftigt skulle påverka landskapet och den gröna infrastrukturen.

Om varje djur ger 280 kg kött (Cederberg m.fl., 2009a) och en dryg tredjedel av mjölkorna slaktas årligen (Cederberg m.fl., 2009a) skulle det innebära en årlig nötköttproduktion på drygt 30 000 ton, vilket motsvarar knappt 25 procent av nötköttproduktionen år 2005/2006 (Cederberg m.fl., 2009a).

Åtgärder för en minskning av utsläppen med 50 procent:

Om all nötdjursproduktion upphörde och all organogen mark som används för vall eller träda återförs till våtmark skulle utsläppen av metan och lustgas från jordbruket kunna minskas med drygt 50 procent.

De totala utsläppen av metan och lustgas från fodersmältning, stallgödselhantering och betesmark skattas kunna uppgå till 0,97 Mton CO₂-ekvivalenter årligen om det inte fanns några nötdjur (beräknat på samma sätt som i ovan). Detta innebär en minskning av metan- och lustgasutsläppen på 3,37 Mton CO₂-ekvivalenter per år.

Arealen betesmark som skulle kunna hållas i hävd skulle minska avsevärt. Mycket av jordbruksmarken i skogs- och mellanbygd skulle växa igen. Dessutom minskar kolinlagringen i betesmark och åkermark (se avsnitt 4.4. 1.2) och odlingsmöjligheterna skulle försämrats på sikt. Vi skulle också bli mycket beroende av mineralgödsel eftersom endast lite av näringen (fosfor, kalium, mineraler och organiskt material) i maten skulle komma tillbaka till odlingsjorden. Biogaspotentialen skulle också minska (se avsnitt 4.4.1.2.).

47 I beräkningar av köttkonsumtionens klimatpåverkan anger Cederberg m.fl. (2005) att 38 procent av mjölkorna slaktas årligen och att det därmed behövs nästan lika många kvigor och kalvar (80 procent) som mjölkkor för att bibehålla storleken på besättningen. Detta antogs även i föreliggande rapport. I våra beräkningar av metanavgång från lagring av gödsel antogs hälften av djuren vara kvigor, en fjärdedel kalvar över sex månader och en fjärdedel kalvar under sex månader. I beräkningarna av lustgasavgång från lagring och spridning av stallgödsel samt betesgödsel antogs hälften av djuren vara under 12 månader och hälften över.

En minskning av utsläppen med 85 procent:

Om all svensk köttproduktion upphörde, all organogen mark jordbruksmark återfördes till våtmark och kvävetillförseln minskades (som ett resultat av minskade odlingsarealer till följd av minskat foderbehov och mindre kvävekrävande grödor) med 75 procent skulle utsläppen av metan och lustgas från jordbruket kunna minskas med i storleksordningen 6 Mton CO₂-ekvivalenter. Kväveläckage till vatten och därmed associerade lustgasutsläpp (se bilaga 2) skulle fortsätta liksom bakgrundsläckaget från jordbruksmark på mineraljord (se bilaga 2), även om de på sikt sannolikt skulle minska.

Det jordbrukslandskap som vi idag känner skulle förändras i grunden. Kolinlagringen i kvarvarande åkermark och biogaspotentialen skulle minska. Även med sådana extrema åtgärder skulle emellertid drygt 15 procent av det svenska jordbrukets utsläpp av metan och lustgas kvarstå.

8.3 Förändrade systemgränser

Var gränsen sätts för växthusgasberäkningarna påverkar också möjligheterna för jordbruket att bli klimatneutralt. Det som idag inräknas i sektorn jordbruk är utsläpp av metan- och lustgas från djurhållning och växtodling (figur 6). Det beräknas inga sänkor inom jordbrukssektorn.

Om de minskade utsläpp av växthusgaser som Sverige i sin helhet kan uppnå genom att jordbruket producerar bioenergi som ersätter fossila bränslen får tillgodoräknas jordbruket kan dessa kompensera för utsläppen av metan och lustgas från djurhållning och odling. Substitutionseffekten av att ersätta fossila bränslen med bioenergi från jordbruket (genom att odla grödor för energiändamål på runt 600 000 hektar som beräknas friställas som ett resultat av effektivare produktion, tabell 2, samt öka användningen av restprodukter för energiproduktion) beräknas uppgå till 6,79 Mton koldioxidekvivalenter per år (tabell 18) vilket överskrider de skattade utsläppen av metan och lustgas från jordbruket (se avsnitt 3.2.1).

Redan idag är en stor andel av den mat vi äter i Sverige importerad (se avsnitt 3.2.5.1) vilket betyder att produktion av livsmedel räknas in i de exporterande ländernas klimatrapportering. Den svenska klimatrapporteringen gynnas således av en ökad import och en minskad inhemsk produktion, även om importen skulle innebära att de globala utsläppen av växthusgaser ökar. Det innebär också att en ökad inhemsk livsmedelsproduktion medför att utsläppen från det svenska jordbruket ökar, utan att hänsyn tas till att utsläppen minskar i andra länder. Ett beräkningssystem där produktion med minimala utsläpp av växthusgaser gynnades oavsett var i världen den skedde skulle vara mer rättvisande ur klimatsynpunkt. I de fall där produktionen av de importerade produkterna ger upphov till högre utsläpp än den svenska skulle då även den minskning som uppstår genom att vi har en inhemsk produktion tillgodoräknas det svenska jordbruket.

Vidare räknas den kolinlagring som sker i jordbruksmark inte in i jordbrukssektorn utan i sektorn markanvändning. Detta innebär att åtgärder som ökar mullhalten i marken eller ger fler träd på jordbruksmark inte minskar jordbrukssektorns utsläpp. Så är också fallet för mer extrema åtgärder, som beskogning av åkermark. Om en ökat kolinlagring i jordbruksmark tillgodoräknades jordbruket skulle nettoutsläppen från jordbruket kunna minskas påtagligt.

Bilaga 1

Beräkningar med SASM-modellen

Bakgrundsdata i modellen

Pris

Grunden för scenarierna är den prognos som OECD och FAO har gjort för jordbruket i världen fram till år 2020 (OECD FAO, 2011). Prisutvecklingen för jordbruksprodukter och produktionsmedel har i det framtagna scenariot skrivits fram till 2050.

OECD och FAO har bland annat prognostiserat priserna på EU-marknaden för ett antal jordbruksprodukter fram till år 2020. EU-priserna har sedan omvandlats till svenska marknadspriser proportionellt mot hur de svenska priserna har legat i förhållande till EU-snittet de senaste åren. Svenska priser har då i möjligaste mån hämtats från Jordbruksverkets officiella prisstatistik⁴⁸.

Priserna som räknats fram används sedan i modellberäkningarna för att fastställa priser vid export respektive import av olika jordbruksprodukter. Modellen fastställer därefter priser på regional nivå, varvid hänsyn tas till transportkostnader och regionalt marknadsläge. De priser som genereras på detta sätt kan avvika något från genomsnittet för EU-marknaden.

När det gäller produktionsmedlen finns inte lika tydliga prognoser från FAO och OECD. Prisutvecklingen har då beräknats genom en framskrivning av den prisutveckling som varit de senaste tio åren, justerat efter den påverkan som skett genom förändringar i valutakursen. En komplikation är att det inte finns någon officiell prisstatistik avseende produktionsmedel utan bara prisindex. Prisläget 2010 har därför hämtats från olika källor med koppling till jordbruksmarknaden.

De priser som tagits fram har slutligen räknats om till 2010-års penningvärde med den inflationstakt som ligger med i prognosen från OECD och FAO. Den inflation som används där avser euro. Med de starka kopplingar som finns mellan euron och den svenska kronan kan man dock anta att eventuella skillnader i inflationstakt långsiktigt kommer att vägas upp av ändrad valutakurs. Historiska priser har räknats om med då gällande valutakurs men alla prognostiserade priser har räknats om med den nu gällande valutakursen 9,00 SEK per euro. Inflationstakten förväntas vara mellan 1 och 2 procent per år.

För fosfor och kalium har prisökningen varit mycket stor. Därför gjordes ett undantag för dessa produktionsmedel och prisutvecklingen fram till 2050 begränsades till ett antagande om fördubblat realt pris.

En sammanställning av prisutveckling för olika produkter återfinns Jonasson (2012).

Produktivitetsutveckling

Produktivitetsutveckling innebär minskad förbrukning av insatsmedel per producerad enhet. Inom jordbruket brukar utvecklingen relateras till odlingsarealer och

⁴⁸ Kan laddas ned från www.jordbruksverket.se

antal produktionsdjur och produktivitetens utvecklingen innebär då avkastningsökningar per hektar eller per djur och minskning av produktionsmedel per hektar eller per djur.

Skördeutvecklingen är en av de viktigaste parametrarna vid prognostisering av framtida produktion. Den är viktig för lönsamheten men också avgörande för hur stor volym som kan produceras på en given yta. De årliga skördeökningarna i EU förväntas bli 0,80 procent för vete, 0,92 procent för fodersäd och 1,34 procent för oljeväxter (OECD FAO, 2011). Statistik från Sverige visar att vi haft en lägre takt i skördeökningarna. Det är också rimligt att skördeökningarna i EU främst kommer att åstadkommas i de nya medlemsländerna.

Enligt normskördarna för höstvete, vårkorn och höstraps har skördeökningarna legat kring 0,5 procent per år som ett genomsnitt för de senaste tjugo åren. Tittar man bara de senaste fem åren blir takten lägre för spannmål men högre för oljeväxter. Med ledning av detta har skördeökningen antagits bli 0,5 procent per år för samtliga grödor på åkermark. Permanenta betesmarker antas dock ha oförändrad produktionsnivå.

En annan del är avkastningsökningarna i animalieproduktionen. Här handlar det främst om ökad mjölkproduktion per ko och fler smågrisar per sugga. För EU som helhet beräknas mjölkavkastningen per ko öka med 1 procent per år (OECD FAO, 2011). Enligt svensk statistik har ökningstakten varit högre om man går 20 år bakåt men lägre de senaste tio åren. Med ledning av utvecklingen som varit de senaste fem till tio åren antas avkastningsökningen för mjölk bli 0,5 procent per år.

När det gäller grisar finns inga uppgifter för EU (OECD FAO, 2011). Trenden i Sverige har varit ökning på över 2 procent per år. Eftersom det pågår en snabb omvandling i grisproduktionen antas trenden på 2,32 procent hålla i sig (ett medelvärde för de senaste fem åren). För köttproduktionen antas ingen produktivitetensökning i termer av fler kalvar per ko eller högre slaktvikt per djur. Där ligger produktivitetens utvecklingen istället på kostnadssidan i form av minskad resursinsats per djur.

Ett antagande och förutsättning för modellkörningen var att produktionen av jordbruksprodukter i Sverige år 2050 skulle vara ungefär densamma som idag. För att få till detta finjusterades avkastningsnivåerna. Detta innebar att arbetsinsatsen halverades räknat per hektar eller per djur samt att insatsen av flertalet andra insatsmedel sänktes med 25 procent.

Effektivare användning av inköpta förnödenheter

Det finns inga publicerade uppgifter om beräknad insatsförbrukning på EU-nivå (OECD FAO, 2011). En beräkning utifrån fasta priser av den ekonomiska kalkylen för jordbrukssektorn⁴⁹ (EEA-kalkylen) visar dock på en produktivitetensökning med 1,17 procent per år de senaste tio åren när den producerade mängden ställs i förhållande till mängden inköpta förnödenheter. Eftersom avkastningsökningarna, som låg kring 0,5 procent, är en del av detta blir minskningen av insatsförbrukning per hektar eller per djur 0,67 procent per år. Detta har använts som en generell produktivitetensökning på insatssidan.

⁴⁹ Data från Statistiska Centralbyrån

När EEA-kalkylen bryts ned ser man att förändringarna varit lägre för gödselmedel, växtskydd och fodermedel men mycket högre för förbrukning av diesel. I modellberäkningarna har skillnaden i produktivitet för olika insatsmedel hanterats genom att insatsen av gödselmedel, växtskydd och foder först ökats med avkastningen och därefter sänkts med den generella produktivitetsutvecklingen. Det innebär att insatsen per hektar eller per ko i stort sett blir oförändrad för de produktionsgrenar som har avkastningsökningar. Insatsen av diesel har däremot fått en extra kraftig reduktion genom att insatsen per hektar har räknats ner med 2,5 procent per hektar och år.

Ökad arbetsproduktivitet

Arbetsproduktiviteten i sektorn som helhet kan beräknas genom att ställa den, utifrån fasta priser beräknade, totala produktionsvolymen i EEA-kalkylen mot antalet utförda årsverken i arbetsstatistiken. Det visar sig då att produktionen per timme ökat med 3 procent per år de senaste tio åren (räknat på 15 år blir ökningen 3,6 procent). I modellberäkningarna har produktivitetsökningstakten satts till cirka 3 procent per år.

För dikor och uppfödning av slaktdjur, för vilka ingen produktivitetsökning antas i termer av fler kalvar per ko eller högre slaktvikt per djur, blir ökningen 2,5 procent per år i stället för 3,0. Detta kompenseras dock av att arbetsbehovet i nybyggda stallar beräknas vara tjugo procent lägre jämfört med befintliga stallar fram till år 2020 och i stallar som byggs om antas arbetsbehovet minska med tio procent.

Antaganden i förhållande till de som gjorts för andra sektorer inom färdplansarbetet

Modellberäkningarna med SASM hade genomförts redan innan Naturvårdsverket tagit fram det gemensamma underlaget för scenarioräkningar (Naturvårdsverket, 2012b). Både prisindex för olja och el är högre i SASM-beräkningarna än i det gemensamma underlaget (157 för dessa i SASM jämfört med 138 respektive 140 i det gemensamma underlaget). Prisutveckling, som är ca 1,8 procent per år i det gemensamma underlaget, är 1,6 procent per år i SASM. Teknisksprång, effektivitet och produktivitet skattas i det gemensamma underlaget med GAINS, medan SASM antar en ökning på 2,5 procent.

De antaganden som gjorts påverkar modellresultaten. Emellertid torde effekten vara relativt liten i förhållanden till osäkerheten i andra antaganden.

Bilaga 2

Utsläpp av metan och lustgas från jordbruket

Metan från fodermältning

I den nationella klimatrapporeringen (Naturvårdsverket, 2012a) finns emissionsfaktorer för metanutsläpp vid fodermältning för ett antal djurslag (tabell 1).

Tabell 1. Emissionsfaktorer för fodermältning för olika djurslag från den nationella klimatrapporeringen.

Djurslag	Metanutsläpp (kg/djur och år)
Mjölkkor	132
Biffkor	78
Växande djur (12–24 månader)	50
Kalvar	50
Svin	1,5
Får	8
Getter	5
Hästar	18
Höns	0
Renar	19,9

En ökad produktivitet som antas till 2050, ökar djurens foderbehov. Vidare kan avel, förbättrad hantering av sjukdomar och effektivare utfodring m.m. påverka utsläppen från fodermältning. Utsläppen per djur och år kan således vara såväl högre som lägre år 2050. I beräkningarna nyttjas emellertid befintliga emissionsfaktorer.

SASM utgår från andra indelningar av djurgrupper än de i den nationella klimatrapporeringen. I beräkningarna har emissionsfaktorn för biffkor använts för dikor. För rekryteringskvigor, slaktkvigor och tjuvar över ett år har emissionsfaktorn för växande djur använts och för yngre djur emissionsfaktorn för kalvar.

För får, getter, hästar, höns och renar fås inga uppgifter från SASM. För får, hästar och höns användes medelvärdet från de senaste fem åren (2006 till 2010) från den nationella klimatrapporeringen (Naturvårdsverket, 2012a). Antalet får och lamm uppgick då till 529 000, antalet höns, värp- och slaktkycklingar till 15 941 000, antalet hästar till 347 000, antalet getter till 3 700, antalet killingar till 1 800 och antalet renar till 255 000.

Med utgångspunkt i dessa antaganden beräknades den totala metanavgången 2050 till 2,54 Mton CO₂-ekvivalenter (tabell 2). Motsvarande siffror i den nationella klimatrapporeringen var 3,07 Mton CO₂-ekvivalenter år 1990 och 2,71 Mton CO₂-ekvivalenter år 2010 (Naturvårdsverket, 2012a). Osäkerheten i emissionsfaktorn ligger på 11,2 procent (Naturvårdsverket, 2012a). En känslighetshetsanalys för 2020, baserad på olika antaganden för hur mycket som kommer att produceras (se avsnitt 3.1.3 i rapporten), visar på en variation i metanutsläppen på runt 15 procent (tabell 2).

Tabell 2. Beräknad metanavgång från fodersmältning 1990, 2010 och 2050 samt en känslighetsanalys för 2020 baserad på olika antaganden för produktion. Enhet Mton CO₂-ekvivalenter.

1990	2010	2050	2020 (prod.)	2020 (trend)	2020 (andel)
3,07	2,71	2,54	2,54	2,55	2,88

Metan och lustgas från stallgödselhantering

Metan från hantering av stallgödsel

Mängden metan som avgår från stallgödsel beräknas i den nationella klimatrappor-
teringen baserat på längden på stallperioder, gödselhanteringssystem (fastgödsel, flyt-
gödsel eller ströbädd), hur mycket gödsel djuren producerar (och hur stor andel av
detta som är reaktivt och kan brytas ned till metan), den maximala metanproduktions-
kapaciteten och slutligen en metanöverföringsfaktor, vilken varierar med gödselhante-
ringssystem (Naturvårdsverket, 2012a). Emissionsfaktorer, beräknade på detta sätt,
presenteras för olika djurslag (tabell 3). Uppgifterna i den nationella klimatrappor-
teringen hade inte uppdaterats, så de emissionsfaktorer som används i föreliggande
beräkningar kommer från Jonas Bergström, Statistiska Centralbyrån (muntlig uppgift).

Tabell 3. Emissionsfaktorer för gödsel för olika djurslag från den nationella klimatrappor-
teringen.

Djurslag	Metanutsläpp (kg/djur och år)
Mjölkkko	8,52
Diko	8,93
Stut	9,29
Kviga	6,52
Kalv 6–12 månader	3,76
Kalv 0–6 månader	2,31
Sugga	3,94
Slaktsvin	1,50
Får	0,19
Getter	0,12
Hästar	1,40
Höns	0,08

Sedan 1990 har både stallperioder och gödselhanteringssystem varierat mycket
(Naturvårdsverket, 2012a), stallperioder främst för kött djur, oxar, tjurar, kalvar
och kvigor. För får, getter, hästar, fjäderfä och renar har samma betesperiodslängd
och fördelning på olika gödselhanteringssystem använts för hela perioden. För
mjölkkor har det skett en förskjutning från fastgödselsystem (andelen har minskat
från 0,52 år 1990 till 0,16 år 2010) till flytgödselsystem (andelen har ökat från
0,23 till 0,58 under samma period). Samma trend, med ökad andel flytgödsel-
system, finns för svin för köttproduktion. För andra nötdjur och suggor finns inga
trender utan endast en hög mellanårlig variation. Eftersom det inte finns några
entydiga trender som kan nyttjas för att skatta utvecklingen till 2050 används de
uträknade emissionsfaktorerna från den nationella klimatrappor-
teringen (tabell 3) för att beräkna metanavgången från gödsel.

Antalet mjölkkor, dikor, suggor och slaktsvin fås från modellberäkningar med SASM. För tjurar och kvigor över ett år används emissionsfaktorn för stut respektive kviga (för yngre djur används emissionsfaktorn för kalvar). 60 procent av kalvarna antas i beräkningarna vara yngre än 6 månader (samma antaganden som i den nationella klimatrapporeringen; Naturvårdsverket, 2012a). I övrigt erhöles antalet djur på samma sätt som vid beräkningarna av metanutsläpp från foder-smältning (se ovan).

Med utgångspunkt i dessa antaganden beräknades den totala metanavgången 2050 till 0,27 Mton CO₂-ekvivalenter (tabell 4). Motsvarande siffror i den nationella klimatrapporeringen var 0,23 Mton CO₂-ekvivalenter år 1990 och 0,30 Mton CO₂-ekvivalenter år 2010 (Naturvårdsverket, 2012a). Osäkerheten i emissionsfaktorn ligger på 17,7 procent (Naturvårdsverket, 2012a). En känslighetsanalys för 2020, baserad på olika antaganden för hur mycket som kommer att produceras (se avsnitt 3.1.3 i rapporten), visar på en variation i utsläppen av metan på drygt 10 procent (tabell 4).

Tabell 4. Beräknad metanavgång från stallgödselhantering 1990, 2010 och 2050 samt en känslighetsanalys för 2020 baserad på olika antaganden för produktion. Enhet Mton CO₂-ekvivalenter.

1990	2010	2050	2020 (prod.)	2020 (trend)	2020 (andel)
0,23	0,30	0,27	0,28	0,28	0,31

Lustgas från lagring av stallgödsel

Lustgasavgången från lagring av stallgödsel beräknas i den nationella klimatrapporeringen för varje gödselhanteringssystem och djurslag för sig varefter en summering görs (Naturvårdsverket, 2012a). Formeln är:

$$N_2O = \sum_{\text{gödselsystem}} \left(\sum_{\text{djur}} \text{djurantal}_{\text{djur}} * \text{kväveproduktion}_{\text{djur}} * (365 - \text{betesperiod}_{\text{djur}}) / 365 * MS_{\text{djur,gödselsystem}} \right) * EF_{\text{gödselsystem}} * 44/28$$

där kväveproduktion_{djur} är kväveutsöndringen i gödsel per djur, MS är andelen av gödseln som hamnar i olika gödselhanteringssystem och EF är emissionsfaktorn i enheten procent N₂O-N av kväveförråd (0,1 för flytgödsel, 2 för fastgödsel och 2 för ströbädd). En multiplikation med 44 och division med 28 gör att N₂O-N räknas om till N₂O.

I den nationella klimatrapporeringen finns data på kväveutsöndring per djur (Naturvårdsverket, 2012a). Utsöndringen för mjölkkor ökar med mjölkproduktionen (6, 8 eller 10 kg per djur och år). Uppgifter finns för köttdjur, växande djur, kalvar, suggor, galtar, slaktsvin, griskultingar, får, lamm (satt till 0), getter, kid (satt till 0), hästar, hönor, kalkoner, kycklingar och slaktkycklingar.

Eftersom en ökad produktivitet i mjölkproduktionen antas till 2050 (se bilaga 1) används kväveutsöndringsfaktorn vid den högsta mjölkproduktionen (10 ton per djur och år) för alla kor (medelvärdet 2010 var 8,9 ton per djur och år⁵⁰). I beräkningarna har utsöndringsfaktorn för biffkor använts för dikor. För rekryteringskvigor, slaktkvigor och tjurar över ett år har utsöndringsfaktorn för växande djur

⁵⁰ Naturvårdsverket (2012a)

använts och för yngre djur utsöndringsfaktorn för kalvar. För antalet galtar och kulingar fås inga siffror från SASM varför endast utsöndringsfaktorer för suggor och slaktsvin används.

Antalet nötdjur, suggor och slaktsvin fås från SASM. För får och lamm användes medelvärden för antalet djur under de senaste fem åren (2006 till 2010) baserat på data från den nationella klimatrapporteringen (Naturvårdsverket, 2012a): 253 000 respektive 276 000. Motsvarande siffror användes för fjäderfä och antalet äggläggande hönor var under samma period i medeltal 5 453 000, antalet kycklingar 1 709 000, antalet slaktkycklingar 8 778 000. För antalet kalkoner användes medelvärdet för år 2006 till 2010 från Jordbruksverkets statistik – 115 000⁵¹. För hästar, getter och kid användes samma data som i beräkningarna av metanavgång från fodermältning (se ovan).

Sedan 1990 har både längden på betesperioder och gödselhanteringssystem varierat (Naturvårdsverket, 2012a); stallperioder främst för köttdjur, oxar, tjurar, kalvar och kvigor. I föreliggande beräkningar användes data från 2010. Betesperioden för kvigor användes för växande djur och den för tjurar och oxar nyttjades inte i beräkningarna. I den nationella klimatrapporteringen antas att mjölkorna även är i stall 38 procent av betesperioden (Naturvårdsverket, 2012a), något som också antagits i våra beräkningar.

Med utgångspunkt i dessa antaganden beräknades den totala lustgasavgången 2050 till 0,42 Mton CO₂-ekvivalenter (tabell 5). Motsvarande siffror i den nationella klimatrapporteringen var 0,73 Mton CO₂-ekvivalenter år 1990 och 0,46 Mton CO₂-ekvivalenter år 2010 (Naturvårdsverket, 2012a). Osäkerheten i emissionsfaktorn ligger på 37,7 procent (Naturvårdsverket, 2012a). En känslighetsanalys för 2020, baserad på olika antaganden för hur mycket som kommer att produceras (se avsnitt 3.1.3 i rapporten), visar på en variation på runt 10 procent (tabell 5).

Tabell 5. Beräknad lustgasavgång från lagring av stallgödsel 1990, 2010 och 2050 samt en känslighetsanalys för 2020 baserad på olika antaganden för produktion. Enhet Mton CO₂-ekvivalenter.

1990	2010	2050	2020 (prod.)	2020 (trend)	2020 (andel)
0,73	0,46	0,42	0,42	0,42	0,46

Direkt lustgasavgång från jordbruksmark

Lustgas från tillförsel av mineralgödsel

Lustgasavgången från tillförsel av mineralgödselkväve beräknas i den nationella klimatrapporteringen genom att ammoniakavgången dras bort varefter en emissionsfaktor multipliceras med resterande del (Naturvårdsverket, 2012a). Den andel som avges som ammoniak varierar med gödselmedel, men det är främst AXAN, N26, N27, N28 och NPK som används i Sverige och alla dessa har samma fraktion (0,9 procent). Denna används därför i beräkningarna för allt mineralgödselkväve. Emissionsfaktorn är 0,8 procent N₂O-N av tillfört kväve.

⁵¹ Kan laddas ned från www.jordbruksverket.se

Mängden mineralgödselkväve som används i olika scenarier fås från SASM (se avsnitt 3.1.2 och 3.1.3 i rapporten) och baserat på denna beräknades lustgasavgången år 2050 till 0,32 Mton CO₂-ekvivalenter (tabell 8). En känslighetsanalys för 2020, baserad på olika antaganden för hur mycket som kommer att produceras, visar på en variation på runt 20 procent (tabell 8).

Lustgas från tillförsel av stallgödsel

Lustgasavgången från tillförsel av stallgödsel beräknas i den nationella klimatrapporteringen genom formeln:

$$N_2O = \sum_{\text{djur}} (\text{djurantal}_{\text{djur}} * \text{kväveproduktion}_{\text{djur}} * (365 - \text{betesperiod}_{\text{djur}}) / 365) * (1 - \text{ammoniakförlust}) * EF * 44 / 28$$

där kväveproduktion_{djur} är kväveutsöndring i gödsel per djur, ammoniakförlusten är 0,33 och EF är en emissionsfaktor: 2,5 procent N₂O-N av tillförd kvävemängd (Naturvårdsverket, 2012a). En multiplikation med 44 och division med 28 gör att N₂O-N räknas om till N₂O.

Djurantalet, kväveproduktionen och betesperioden beräknades på samma sätt som vid skattningen av lustgas från hantering av stallgödsel (se ovan).

Lustgasavgången från tillförsel av stallgödsel år 2050 beräknades till 0,70 Mton CO₂-ekvivalenter (tabell 8). En känslighetsanalys för 2020, baserad på olika antaganden för hur mycket som kommer att produceras (se avsnitt 3.1.3 i rapporten), visar på en variation på drygt 15 procent (tabell 8).

Lustgas från kvävefixerande grödor

Lustgasavgången från kvävefixerande grödor beräknas i den nationella klimatrapporteringen genom att arealen av en viss kvävefixerande gröda multipliceras med dess kvävefixering och en emissionsfaktor på 1,25 procent N₂O-N (Naturvårdsverket, 2012a).

Kvävefixeringen beräknas med hjälp av en modell. I föreliggande arbete använder vi modellresultat från 2010, vilka återfinns i tabell 6 (muntlig uppgift Jonas Bergström, Statistiska Centralbyrån).

Tabell 6. Viktade medelvärden för kvävefixering för olika grödgrupper 2010.

Grödgrupp	Kvävefixering (kg N/ha)
Slåttervall	29,0
Betesvall	9,8
Ärtväxter	86,2
Träda	1,8

I den nationella klimatrapporteringen finns data på arealer av olika typ (Naturvårdsverket, 2012a). Slåttervall är summan av slåttervall, vall för fröskörd och grönfoder. Denna uppgår till i medeltal till nära 870 000 hektar under perioden 2001 till 2010. Betesvallsarealen är under samma period i medeltal drygt 180 000 hektar och utgör mellan 15 och 20 procent av den sammanlagda arealen slåttervall, vall för fröskörd, grönfoder och betesvall. Från SASM fås den totala

vallarealen år 2050 och 2020 och i våra beräkningar antas att 17 procent (medlet för 2001–2010) av denna är betesvall.

Arealen ärtväxter är summan av arealen ärter inklusive foderärter, ärter för konservering och bruna bönor. Denna uppgick i medeltal till drygt 37 000 hektar 2001–2010. Eftersom SASM inte levererar arealskattningar för ärter används medelvärdet för den senaste tioårsperioden i beräkningarna. För träda användes modellerade arealer för träda/energigrödor och industrigrödor.

Lustgasavgången från kvävefixerande grödor år 2050 beräknades till 0,17 Mton CO₂-ekvivalenter (tabell 8). En känslighetshetsanalys för 2020, baserad på olika antaganden för hur mycket som kommer att produceras (se avsnitt 3.1.3 i rapporten), visar på en variation på runt 20 procent (tabell 8).

Lustgas från skörderester

I den nationella klimatrapporteringen (Naturvårdsverket, 2012a) beräknas lustgasavgången från växtrester med formeln:

$$N_2O = \sum_{\text{gröda}} (\text{areal}_{\text{gröda}} * \text{normskörd}_{\text{gröda}} * \text{andel skörderester}_{\text{gröda}} * \text{kväveandel i skörderester}_{\text{gröda}}) * (1 - \text{andel av skörderesterna som förts bort från fälten}_{\text{gröda}}) * EF * 44/28$$

Data på andel skörderester, kväveandel i skörderester och andel av skörderester som förs bort från fält finns framtagna för ett antal olika grödor (tabell 7). Emissionsfaktorn är 1,25 procent N₂O-N av tillfört kväve. En multiplikation med 44 och division med 28 gör att N₂O-N räknas om till N₂O.

Genom SASM fås arealen vall, höstsäd, vårsäd, oljeväxter, potatis och sockerbetar. Grödorna för vilka data på mängden skörderester och kväveinnehåll fanns i den nationella klimatrapporteringen (Naturvårdsverket, 2012a) delades in i dessa grupper och den andel av arealen som den specifika grödan upptog beräknades baserat på data från 2001 till 2010 (tabell 7). Medelvärdet användes sedan i beräkningarna av lustgasavgången. För ärter, som inte finns i SASM, användes medelarealen 2001–2010 i beräkningarna (dvs. drygt 28 500 hektar för ärter, foderärter och bönor och drygt 8 800 hektar för ärter för konservering⁵²).

I SASM gjordes antagandet att produktiviteten ökar med 0,5 procent per år. Medelskörden för de olika grödorna 2006–2010 användes som utgångspunkt (baserat på data från Naturvårdsverket, 2012a) varefter avkastningen ökades med 0,5 procent per år fram till åren som används i beräkningarna (tabell 7). För ärter och bönor saknades data på skördad mängd i den nationella klimatrapporteringen varför dessa togs från Jordbruksverkets statistikdatabas⁵³ (skördedata för ärter användes även för bönor). För frövallar och betesvallar ansattes avkastningsdata för slättervallar. Omvandling till torrsubstans gjordes baserat på data från Naturvårdsverket (2012a).

⁵² Kan laddas ned från www.jordbruksverket.se

⁵³ Kan laddas ned från www.jordbruksverket.se

Tabell 7. Antaganden som används i beräkningarna av kvävetillförsel med skörderest.

Gröda	Skörde-rest ¹	Kväve (%) ²	Bortförd skörde-rest ³	Del i gröd-grupp ⁴	Avkastning ⁵ (kg/ha och år)	Avkastning 2020 (kg/ha och år) ⁶	Avkastning 2050 (kg/ha och år) ⁶
Höstvete	0,87	0,51	0,06	0,90 ^a	5 330	5 596	6 502
Vårvete	0,96	0,44	0,06	0,07 ^b	4 231	4 442	5 162
Höstråg	1,08	0,60	0,09	0,07 ^a	4 815	5 056	5 874
Höstkorn	0,87	0,51	0,23	0,03 ^a	4 600	4 830	5 611
Vårkorn	0,83	0,77	0,12	0,51 ^b	3 655	3 838	4 459
Havre	0,89	0,73	0,12	0,32 ^b	3 392	3 561	4 138
Mixad spannmål	0,98	0,67	0,18	0,03 ^b	3 080	3 234	3 757
Rågvete	1,08	0,60	0,06	0,07 ^b	4 692	4 926	5 724
Socketbetor	0,66	2,25	0,09	1,00 ^c	42 319	44 435	51 629
Höstraps	0,47	1,07	0,02	0,53 ^d	2 932	3 079	3 577
Vårraps	0,47	1,07	0,02	0,36 ^d	1 990	2 089	2 428
Höstrybs	0,47	1,07	0,02	0,01 ^d	1 550	1 627	1 891
Vårrybs	0,47	1,07	0,02	0,09 ^d	1 386	1 455	1 691
Matpotatis	0,40	1,10	0	0,73 ^e	6 007	6 307	7 328
Potatis för stärkelse	0,40	1,10	0	0,27 ^g	7 507	7 882	9 158
Slättervall	0,25	1,30	0	0,78 ^f	4 039	4 240	4 927
Vall för fröskörd	0,94	1,30	0,49	0,01 ^f	4 039	4 240	4 927
Grönfoder	0,25	1,30	0	0,04 ^f	4 200	4 410	5 124
Betesvall	0,40	1,30	0	0,17 ^f	3 221	3 382	3 930
Ärter ⁷	1,50	1,42	0,02	1,00 ^g	2 310	2 426	2 819
Ärtor för konservering	1,50	1,42	0	1,00 ^h	2 310	2 426	2 819

1 Skörderest i förhållande till skörd (Naturvårdsverket, 2012a)

2 Kväveinnehåll i skörderest (Naturvårdsverket, 2012a)

3 Andel av skörderesten som förs bort (Naturvårdsverket, 2012a)

4 Andelen av grödan i grödgrupper som modelleras i SASM har beräknats utifrån medelvärdet 2001 till 2010 (baserat på data från Naturvårdsverket, 2012a) a= grupp höstsäd, b=grupp vårsäd, c=grupp sockerbetor, d=grupp oljeväxter, e=grupp potatis, f=grupp vall, g=grupp ärtor (inklusive ärtor för foder) och bönor, h=grupp ärtor för konservering

5 Medelavkastning (kg torrsustans/hektar) 2006 till 2020 har beräknats baserat på data från Naturvårdsverket (2012a) och Jordbruksverkets statistikdatabas.

6 Avkastningen 2020 och 2050 skattades utifrån antagandet om en årlig produktivitetsökning på 0,5 procent.

7 I ärter ingår foderärtor och bönor.

Lustgasavgången från skörderester år 2050 beräknades till 0,38 Mton CO₂-ekvivalenter. En känslighetshetsanalys för 2020, baserad på olika antaganden för hur mycket som kommer att produceras, visar på en variation på runt 30 procent (tabell 8).

Lustgas från organogen mark

I den nationella klimatrapporteringen beräknas lustgasavgången från organogen mark (enbart torvmark, inklusive yttlig torv, räknas som organogen i detta sammanhang) genom att en emissionsfaktor på 8 kg N₂O-N per hektar och år multipliceras med arealen (Naturvårdsverket, 2012a). Arealen jordbruksmark på torvmark

har skattats uppgå till nära 170 000 hektar år 2008 (Berglund m.fl., 2009). Eftersom emissionsfaktorn är densamma oavsett om marken ligger i träda eller används för spannmålsodling spelar det ingen roll för beräkningarna om marken inte nyttjas på samma sätt 2050 som idag.

Den totala lustgasavgången skattas utifrån dessa antaganden till 0,66 Mton CO₂-ekvivalenter per år. Eftersom jordbruksarealen är densamma i alla scenarier är även lustgasavgången från organogen mark det.

Summa direkt avgång av lustgas

Den totala direkta lustgasavgången från åkermark 2050 beräknades till 2,23 Mton CO₂-ekvivalenter (tabell 8). Motsvarande siffror i den nationella klimatrapporteringen var 2,79 Mton CO₂-ekvivalenter år 1990 och 2,48 Mton CO₂-ekvivalenter år 2010 (Naturvårdsverket, 2012a). Osäkerheten i emissionen kopplad till de emissionsfaktorer som används är 65,8 procent (Naturvårdsverket, 2012a). En känslighetshetsanalys för 2020, baserad på olika antaganden för hur mycket som kommer att produceras, visar på en variation på runt 15 procent (tabell 8).

I den nationella klimatrapporteringen beräknas lustgasavgången från slam från avloppsreningsverk genom att emissionsfaktorer multipliceras med den mängd kväve som avgår i form av direkta och indirekta emissioner (Naturvårdsverket, 2012a). I föreliggande beräkningar antas dock bidraget till jordbrukets utsläpp av växthusgaser från användning av slam vara försumbart.

Tabell 8. Beräknad direkt lustgasavgång från mark 1990, 2010 och 2050 samt en känslighetsanalys för 2020 baserad på olika antaganden för produktion. Enhet Mton CO₂-ekvivalenter.

	1990	2010	2050	2020 (prod.)	2020 (trend)	2020 (andel)
Mineralgödsel			0,32	0,43	0,40	0,49
Stallgödsel			0,70	0,73	0,73	0,84
Kvävefixering			0,17	0,15	0,14	0,17
Skörderester			0,38	0,38	0,35	0,46
Organogen mark			0,66	0,66	0,66	0,66
Summa	2,79	2,48	2,23	2,35	2,28	2,62

Lustgas från betesgödsel

Utsläppen av lustgas från betesgödsel beräknas i den nationella klimatrapporteringen (Naturvårdsverket, 2012a) genom formeln:

$$N_2O = \sum_{\text{djur}} ((\text{djurantal}_{\text{djur}} * \text{kväveproduktion}_{\text{djur}} * \text{betesperiod}_{\text{djur}}/365) * (1 - \text{ammoniakavgång})) * EF * 44/28$$

där andelen av det tillförda kvävet som avgår i form av ammoniak är 0,08 och emissionsfaktorn 2 procent N₂O-N. En multiplikation med 44 och division med 28 gör att N₂O-N räknas om till N₂O.

Antaganden för djurantal, kväveutsöndring och betesperiod är desamma som gjorts vid beräkningar av lustgasavgång från hantering av stallgödsel (se ovan).

Med utgångspunkt i dessa antaganden beräknades den totala lustgasavgången

2050 till 0,41 Mton CO₂-ekvivalenter (tabell 9). Motsvarande siffror i den nationella klimatrapporteringen var 0,39 Mton CO₂-ekvivalenter 1990 och 0,41 Mton 2010 (Naturvårdsverket, 2012a). Osäkerheten i emissionsfaktorn ligger på 150 procent (Naturvårdsverket, 2012a). En känslighetsanalys för 2020, baserad på olika antaganden för hur mycket som kommer att produceras, visar på en variation på runt 10 procent (tabell 9).

Tabell 9. Beräknad lustgasavgång från tillförsel av gödsel vid bete 1990, 2010 och 2050 samt en känslighetsanalys för 2020 baserad på olika antaganden för produktion. Enhet Mton CO₂-ekvivalenter.

1990	2010	2050	2020 (prod.)	2020 (trend)	2020 (andel)
0,39	0,41	0,41	0,41	0,41	0,45

Indirekt lustgasavgång från jordbruksmark

Lustgas från atmosfärisk deposition

Lustgasutsläppen kopplade till atmosfärisk deposition av kväve beräknas i den nationella klimatrapporteringen (Naturvårdsverket, 2012a) med formeln:

$$N_2O = (\text{kvävetillförsel}_{\text{mineralgödsel}} * \text{ammoniakförlust}_{\text{mineralgödsel}} + \text{kvävetillförsel}_{\text{stallgödsel}} * \text{ammoniakförlust}_{\text{stallgödsel}} + \text{kvävetillförsel}_{\text{betesgödsel}} * \text{ammoniakförlust}_{\text{betesgödsel}}) * EF * 44/28$$

Kvävetillförsel från mineralgödsel fås från SASM (se avsnitt 3.1.2 och 3.1.3). Mängden stall- och betesgödselkväve beräknas på samma sätt som i avsnittet om lustgas från lagring av stallgödsel respektive avsnittet om lustgas från betesgödsel. Ammoniakförlust_{mineralgödsel} sattes till 0,009 (se resonemang avsnitt om lustgas från tillförsel av mineralgödsel), ammoniakförlust_{stallgödsel} till 0,33 och ammoniakförlust_{betesgödsel} till 0,08 (Naturvårdsverket, 2012a). Emissionsfaktorn (EF) är 1 procent. En multiplikation med 44 och division med 28 gör att N₂O-N räknas om till N₂O.

Utifrån dessa antaganden beräknades lustgasavgången till 0,16 Mton CO₂-ekvivalenter 2050 (tabell 10). En känslighetsanalys för 2020, baserad på olika antaganden för hur mycket som kommer att produceras, visar på en variation på runt 20 procent (tabell 10).

Lustgas från kväveläckage till vatten

I den nationella klimatrapporteringen beräknas kväveläckage med modellen SOIL-N (Naturvårdsverket, 2012a). Modellen styrs av en mängd olika parametrar, exempelvis avrinning, hur mycket kväve som förs bort vid skörd och kvävegödsling. I Johnsson m.fl. (2008) finns data på medelkväveläckage för olika regioner, framtagna genom beräkningar med SOIL-N, och för hela Sverige är medelläckaget 18,1 kg per hektar. Eftersom kvävetillförseln (enligt SASM) minskar och produktiviteten ökar kommer med all sannolikhet medelläckaget att vara annorlunda 2050 (och 2020) än idag. Som en förenkling används dock ändå medelläckaget från Johnsson m.fl. (2008) i beräkningarna.

Medelläckaget multipliceras sedan med jordbruksarealen och en emissionsfaktor på 2,5 procent (Naturvårdsverket, 2012a).

Lustgasavgången beräknas till 0,59 Mton CO₂-ekvivalenter år 2050 (tabell 10). Eftersom åkermarksarealen är densamma i alla scenarier varierar inte de skattade utsläppen med olika antaganden om produktion (tabell 10).

Summa indirekt avgång av lustgas

Den totala direkta lustgasavgången avgången 2050 beräknades till 0,75 Mton CO₂-ekvivalenter (tabell 10). Motsvarande siffror i den nationella klimatrapporeringen beräknades vara 1,13 Mton CO₂-ekvivalenter år 1990 och 0,83 Mton CO₂-ekvivalenter år 2010 (Naturvårdsverket, 2012a). Osäkerheten i emissionen kopplad till de emissionsfaktorer som används är 121,9 procent (Naturvårdsverket, 2012a). En känslighetsanalys för 2020, baserad på olika antaganden för hur mycket som kommer att produceras, visar på en variation på 2 procent (tabell 10).

Tabell 10. Beräknad indirekt lustgasavgång från mark 1990, 2010 och 2050 samt en känslighetsanalys för 2020 baserad på olika antaganden för produktion. Enhet Mton CO₂-ekvivalenter.

	1990	2010	2050	2020 (prod.)	2020 (trend)	2020 (andel)
Deposition			0,16	0,17	0,19	0,19
Läckage			0,59	0,59	0,59	0,59
Summa	1,13	0,83	0,75	0,76	0,78	0,78

Bakgrundsläckage av lustgas från mineraljord

I den nationella klimatrapporeringen beräknas lustgasavgången från åkermark på mineraljord genom att en emissionsfaktor på 0,5 kg N₂O-N multipliceras med arealen (Naturvårdsverket, 2012a). Arealen mineraljord beräknas genom att arealen organogen jordbruksmark (se ovan) dras bort ifrån den totala jordbruksmarksarealen. Detta ger en total lustgasavgång 0,61 Mton CO₂-ekvivalenter (tabell 11). Motsvarande siffror i den nationella klimatrapporeringen var 0,72 Mton CO₂-ekvivalenter 1990 och 0,69 Mton 2010 (Naturvårdsverket, 2012a). Osäkerheten i emissionsfaktorn ligger på 150 procent (Naturvårdsverket, 2012a). Eftersom åkermarksarealen är densamma i alla scenarier blir utsläppen desamma oberoende av antaganden om produktion (tabell 11).

Tabell 11. Beräknat bakgrundsläckage av lustgas från jordbruksmark 1990 och 2010, 2050 samt en känslighetsanalys för 2020 baserad på olika antaganden för produktion. Enhet Mton CO₂-ekvivalenter.

	1990	2010	2050	2020 (prod.)	2020 (trend)	2020 (andel)
	0,72	0,69	0,61	0,61	0,61	0,61

Referenser

- Ahlgren S. (2009) Crop production without fossil fuel. Doctoral thesis no 2009:78, Faculty of natural resources and agricultural sciences, SLU.
- Alm J., Shurpali N.J., Minkkinen K., Laine J. (2007) Emission factors and their uncertainty in Finnish managed peatlands, and need for further research. I: Greenhouse impacts of the use of peat and peatlands in Finland (ed. Sarkkola S.) Report 11a, Ministry of Agriculture and Forestry, Helsingfors.
- Andrén O., Kätterer T., Karlsson T., Eriksson J. (2008) Soil C balances in Swedish agricultural soils 1990–2004, with preliminary projections. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 81:129–144.
- Avfall Sverige (2008) Den svenska biogaspotentialen från inhemska råvaror. Rapport 2008:02, Avfall Sverige, Malmö.
- Baky A., Sundberg M., Brown N. (2010) Kartläggning av jordbrukets energi-användning. Ett projekt utfört på uppdrag av Jordbruksverket. Uppdragsrapport, JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.
- Berglund K. (1989) Ytsänkning på mosstorvjord. *Avdelningsmeddelande* 89:3, Avdelningen för Lantbrukets hydroteknik, SLU, Uppsala.
- Berglund Ö., Berglund K., Sohlenius G. (2009) Organogen jordbruksmark i Sverige 1999–2008. Rapport 12, Institutionen för markvetenskap, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Brentrup F., Pallière C. (2008) GHG emissions and energy efficiency in European nitrogen fertilizer production and use. Yara International ASA, Dülmen.
- Byman K., Grundfelt E., Grönkvist S., Stenkvist M. (2007) Konsekvenser av en höjd koldioxidskatt i den icke handlande sektorn. ÅF-Process, Stockholm.
- Börjesson P. (2007) Produktionsförutsättningar för biobränsle inom svenskt jordbruk. Bilagedel till Bioenergi från jordbruket – en växande resurs, SOU 2007:36, Regeringskansliet, Stockholm.
- Cederberg C. (2009) Utsläpp av växthusgaser i foderproduktionen. Rapport 2009:2, Klimatmärkning för mat.
- Cederberg C., Sonesson U., Henriksson M., Sund V., Davis J. (2009a) Greenhouse gas emissions from Swedish production of meat, milk and eggs 1990 and 2005. Rapport 793, SIK, Göteborg.
- Cederberg C., Flysjö A., Sonesson U., Sund V., Davis J. (2009b) Greenhouse gas emissions from Swedish consumption of meat, milk and eggs 1990 and 2005. Rapport 794, SIK, Göteborg.
- Chadwick D.R. (2005) Emissions of ammonia, nitrous oxide and methane from cattle manure heaps: effect of compaction and covering. *Atmospheric Environment* 39: 787–799.
- Christensen I., Larsson G. (2010) Energianvändning i trädgårdsnäringen. Slutrapport för Jordbruksverkets uppdrag (Dnr 46-9755/09). Grön Kompetens, Alnarp.

- Civitas (2011). Lokale klimatiltak som gir utslippskutt. Civitas, Tromsø.
- Dahlén L. (2009) Viktbaserad renhållningstaxa som styrmedel. Rapport 2009:09, Avfall Sverige, Malmö.
- DG Environment (2008) EU action against climate change
- Edström M., Jansson L.E., Lantz M., Johansson L.-G., Nordberg U., Nordberg Å. (2008) Gårdsbaserad biogasproduktion, system ekonomi, klimatpåverkan. JTI-rapport Kretslopp & Avfall 42, JTI, Uppsala.
- Energimyndigheten, Statistiska Centralbyrån (2008) Energianvändning inom jordbruket 2007. Statistiska centralbyrån, Stockholm.
- Energimyndigheten (2010) Energikartläggning av de areella näringarna. Redovisning av Energimyndighetens, Skogstyrelsens, Jordbruksverkets, Fiskeriverkets och Sametingets regeringsuppdrag Jo 2009/1596 enligt regeringsbeslut 10 genom jordbruksdepartementet. ER 2010:12, Energimyndigheten, Eskilstuna.
- Energimyndigheten (2009) Kvotepliktsystem för biodrivmedel. ER 2009:27, Energimyndigheten, Eskilstuna.
- Energistyrelsen (2011) Utvikling af Nationale Klimaprojekter. Energistyrelsen, Köpenhamn.
- Europeiska kommissionen (2011) Färdplan för ett konkurrenskraftigt utsläppsnålt samhälle 2050. Meddelande från kommissionen till Europaparlamentet, Rådet, Europeiska ekonomiska och sociala kommittén samt Regionkommittén, Europeiska kommissionen, Bryssel.
- FAO (2009) Review of evidence on drylands pastoral systems and climate change. FAO, Rom.
- Flodström, E., Sjödin, Å., Gustafsson, T. (2004) Uppdatering av utsläpp till luft från arbetsfordon och arbetsredskap för Sveriges internationella rapportering. SMED rapport Nr 2, www.smed.se.
- Flysjö A., Cederberg C., Strid I. (2008) LCA-databas för konventionella fodermedel – miljöpåverkan i samband med produktion. SIK-rapport 772, SIK, Göteborg.
- Freibauer A., Rounsevell M.D.A., Smith P., Verhagen J. (2004) Carbon sequestration in the agricultural soils of Europe. *Geoderma* 122: 1–23.
- Fridell, E. (2008) Arbetsmaskiner – Uppdatering av metod för emissionsberäkningar. SMED rapport Nr 39, www.smed.se.
- Fogelberg F., Baky A. Salomon E., Westlin H. (2007) Energibesparing i lantbruket år 2020. Utfört av JTI på uppdrag av Naturvårdsverket.
- Glommers Miljöenergi AB (2008) Rörflensodling en handbok. Glommers Miljöenergi AB.
- Gode J., Martinsson F., Hagberg L., Öman A., Höglubd J., Palm D. (2011) Miljöfaktahandboken 2011. Rapport A08-833, Värmeforsk, Stockholm.

Hansen M.N., Henriksen K. Sommer S. G. (2006) Observations of production and emission of greenhouse gases and ammonia during storage of solids separated from pig slurry: Effects of covering. *Atmospheric Environment* 40: 4172–4181.

Hedlund K. (ed) (2012) SOILSERVICE. www.lu.se/soil-ecology-group/research/soilservice

Hendriks D.M.D., van Huissteden J., Dolman A.J., van der Molen M.K. (2007) The full greenhouse gas balance of an abandoned peat meadow. *Biogeosciences* 4: 411–424.

Holcim Ltd (2009) The EU ETS and the proposed NZ ETS. Holcim Climate Change Policy Digest No. 4.

IPCC (2007) *Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change*. B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds) Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

IPCC (1996) Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. www.ipcc.ch

Johnsson, H., Larsson M., Lindsjö A., Mårtensson K., Persson K., Torstensson, G. (2008) Läckage av näringsämnen från svensk åkermark. Rapport 5823, Naturvårdsverket, Stockholm.

Jonasson L. (2011) Prognoser för jordbrukssektorn – Bakgrundsdata och översiktliga resultat. PM till Jordbruksverket.

Jordbruksverket (2013) Hållbar köttkonsumtion. Vad är det? Hur når vi dit? Kommande rapport, Jordbruksverket, Jönköping.

Jordbruksverket (2012) Behov av nya mål och åtgärder för ekologisk produktion i landsbygdsprogrammet. Kommande rapport, Jordbruksverket, Jönköping.

Jordbruksverket (2011a) Sveriges utrikeshandel med jordbruksvaror och livsmedel 2008 – 2010. Rapport 2011:35, Jordbruksverket, Jönköping.

Jordbruksverket (2011b) Försäljning av mineralgödsel 2009/2010. Statistikrapport 2011:4, Statistik från Jordbruksverket, Jordbruksverket, Jönköping.

Jordbruksverket (2011c) Jordbruksverkets foderkontroll 2010. Rapport 2011:16, Jordbruksverket, Jönköping.

Jordbruksverket (2011d) Riktlinjer för gödsling och kalkning 2012. Jordbruksinformation 21, Jordbruksverket, Jönköping.

Jordbruksverket (2011e) Förnybara drivmedel från jordbruket – etanol, biodiesel, biogas. Rapport 2011:14, Jordbruksverket, Jönköping.

Jordbruksverket (2011f) Svensk växthusproduktion av tomater Konkurrenskraft och utvecklingsmöjligheter. Rapport 2011:17; Jordbruksverket, Jönköping.

Jordbruksverket (2011g) Den svenska kött- och mjölkproduktionens inverkan på biologisk mångfald och klimat. Rapport 2011:21, Jordbruksverket, Jönköping.

- Jordbruksverket (2010a) Minskade växtnäringsförluster och växthusgasutsläpp till 2016 – förslag till handlingsprogram för jordbruket. Rapport 2010:10, Jordbruksverket, Jönköping.
- Jordbruksverket (2010b) Förslag till en sektorsövergripande biogasstrategi. Rapport 2010:24, Jordbruksverket, Jönköping.
- Jordbruksverket (2010c) Hur styr miljöersättningen för ekologisk produktion? Rapport 2010:1, Jordbruksverket, Jönköping.
- Jordbruksverket (2010d) Marknadsöversikt – vegetabilier. Rapport 2010:4, Jordbruksverket, Jönköping.
- Jordbruksverket (2009a) Remissyttrande på promemoria om slopad skatt på gödselmedel. Dnr 09576/2009, Jordbruksverket, Jönköping.
- Jordbruksverket (2009b) Konsumtionsförändringar vid ändrade matpriser och inkomster: elasticitetsberäkningar för perioden 1960–2006. Rapport 2009:8, Jordbruksverket, Jönköping.
- Jordbruksverket (2009c) Livsmedelskonsumtionen 1960–2006. Statistikrapport 2009:2, Jordbruksverket, Jönköping.
- Jordbruksverket (2009d) Miljömärkning för konsumenten, producenten eller miljön? Rapport 2009:12, Jordbruksverket, Jönköping.
- Jordbruksverket (2006) Bioenergi – ny energi för jordbruket. Rapport 2006:1, Jordbruksverket, Jönköping.
- Kasimir Klemedtsson Å., Weslien P., Klemedtsson L. (2009) Methane and nitrous oxide fluxes from a farmed Swedish Histosol. *European Journal of Soil Science* 60: 321–331.
- Kätterer T., Andersson L., Andrén O., Persson J. (2008) Long-term impact of chronosequential land use change on soil carbon stocks on a Swedish farm. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 81:145–155.
- Lagerkvist Tolke C. (2012) Underlag arbetsmaskiner I: WSP (2012) Arbetsmaskinernas klimatpåverkan och hur den kan minska. Ett underlag till 2050-arbetet. Rapport utförd på uppdrag av Trafikverket.
- Laine J., Silvola J., Tolonen K., Alm J., Nykänen H., Vasander H., Sallantausta T., Savolainen I., Sinisalo J., Martikainen P.J. (1996) Effect of water-level drawdown on global climatic warming: Northern peatlands. *Ambio* 25: 179–184.
- Lehman J. Gaunt J., Rondon M. (2006) Biochar sequestration in terrestrial ecosystems – a review. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 11: 403–427.
- LRF (2011) Goda affärer med nära protein. LRF, Stockholm.
- Lundblad M., Petersson H., Karlton E., Lundström A., Duvemo K., Ortiz C., Wikberg P. E., Svensson M. (2009) Flöden av växthusgaser från skog och annan markanvändning. Slutrapport av regeringsuppdrag Jo 2008/3958. SLU, Uppsala.
- Maljanen M., Sigurdsson B-D., Gu mundsson J., Óskarsson H., Huttunen J.T.,

Martikainen P.J. (2009) Land-use and greenhouse gas balances of peatlands in the Nordic countries – present knowledge and gaps. *Biogeosciences Discussions* 6: 6271–6338.

Maljanen M., Martikainen P.J., Walden J., Silvola J. (2001) CO₂ exchange in an organic field growing barley or grass in eastern Finland. *Global Change Biology* 7: 679–692.

Maljanen M., Komulainen V.-M., Hytönen J., Martikainen P.J., Laine J. (2004) Carbon dioxide, nitrous oxide and methane dynamics in boreal organic agricultural soils with different soil characteristics. *Soil Biology & Biochemistry* 36: 1801–1808.

Martikainen P.J., Nykänen H., Crill P. Silvola J. (1993) Effect of a lowered water table on nitrous oxide fluxes from northern peatlands. *Nature* 366: 51–53.

Meissner R., Leinweber P., Rupp H., Shenker M., Litaor M.I., Robinson S., Schlichting A., Koehn J. (2008) Mitigation of diffuse phosphorus pollution during rewetting of fen peat soils: a Trans-European case study. *Water, Air and Soil Pollution* 188:111–126.

Miljödepartementet (2009) Sveriges femte nationalrapport om klimatförändringar. Ds 2009:63, Regeringskansliet, Stockholm.

Naturvårdsverket (2012a) National Inventory Report 2012. Naturvårdsverket, Stockholm.

Naturvårdsverket (2012b) Utformning av scenarioalternativ, antal scenarier. Referensbanor, målpuffyllande banor. Känslighetsalternativ, omvärldsantaganden. PM 2012-01-18, Naturvårdsverket.

Naturvårdsverket (2012c) Konsumtionsbaserade miljöindikatorer. Rapport 6483, Naturvårdsverket, Stockholm.

Naturvårdsverket (2011a) Köttkonsumtionens klimatpåverkan. Rapport 6456, Naturvårdsverket, Stockholm.

Naturvårdsverket (2011b). Nyttan av att minska livsmedelssvinnet i hela kedjan. Rapport 6454, Naturvårdsverket, Stockholm.

Naturvårdsverket (2009) Sveriges åtagande i Baltic Sea Action Plan – Förslag till nationell åtgärdsplan. Rapport 5985, Naturvårdsverket, Stockholm.

Naturvårdsverket (2007) Fyra gårdar – Ett miljöanpassat och uthålligt jordbruk i praktiken. Rapport 4756, naturvårdsverket, Stockholm.

Naturvårdsverket, Energimyndigheten (2006) Ekonomiska styrmedel i miljöpolitiken. ER 2006:34, Energimyndigheten, Eskilstuna.

Neuman L. (2009) Kartläggning av energianvändning på lantbruk 2008. LRF Konsult.

Nilsson M., Mikkilä C., Sundh I., Granberg G. Svensson B.H., Ranneby B. (2001) Methane emission from Swedish mires: National and regional budgets and dependence on mire vegetation. *Journal of Geophysical Research* 106: 20847–20860.

- OECD FAO (2011) Agricultural outlook 2011–2020. http://www.keepeek.com/Digital-Asset-Management/oecd/agriculture-and-food/oecd-fao-agricultural-outlook-2011_agr_outlook-2011-en
- Olsson M., Andersson P., Lennartsson T., Lenoir L., Mattsson L., Palme U. (2011) Knowledge compilation and system analyses on land management – effects on greenhouse gas emissions, biodiversity and water. Naturvårdsverket, Stockholm.
- Pahkala K., Partala A., Suokannas A., Klemola E., Kalliomäki T., Kirkkari A.M., Sahramaa M., Isolahti M., Lindh T., Flyktman M. (2003) Odling och skörd av rörflen för energiproduktion. Jordbruk och livsmedelsekonomi 1, Forskningscentralen för jordbruk och livsmedelsekonomi, Jockis.
- Paulrud S., Laitila T. (2007) Lantbrukarnas attityder till odling av energigrödor: värderingsstudie med choice experiment. Rapport B1746, IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Göteborg.
- Rathmann R., Szklo A., Schaeffer R. (2009) Land Use Competition for Production of Food and Liquid Biofuels: An Analysis of the Arguments in the Current Debate. *Renewable Energy* 35: 14–22.
- Regeringen (2009a) En sammanhållen klimat- och energipolitik – klimat. Regeringens proposition 2008/2009:162, Regeringskansliet, Stockholm.
- Regeringen (2009b) Vissa punktskattefrågor med anledning av budgetpropositionen för 2010. Regeringens proposition 2009/10:41.
- Regeringen (2003) Skatt på handelsgödsel och bekämpningsmedel? SOU 2003:9, Regeringskansliet, Stockholm.
- Regeringskansliet (2010) Landsbygdsprogram för Sverige år 2007–2013. Jo 08.007, Regeringskansliet, Stockholm.
- Regina K., Nykänen H., Silvola J., Martikainen P.J. (1996) Fluxes of nitrous oxide from boreal peatlands as affected by peatland type, water table level and nitrification capacity. *Biogeochemistry* 35: 401–418.
- Rodhe L., Nordberg Å. (2011) Greenhouse gas emissions from the storage of liquid and solid manure and abatement strategies. KBTL-Skrift nr 491: 206–216.
- Rodhe L., Ascue J., Tersmeden M., Ringmar A., Nordberg Å. (2008) Växthusgasemissioner från lager med nötflytgödsel. JTI-rapport Lantbruk & Industri 370, JTI, Uppsala.
- Roth L., Johansson N., Benjaminsson J. (2009) Mer biogas! Realisering av jordbruksrelaterad biogas. Grontmij AB.
- Saarnio S., Morero M., Shurpali N.J., Tuittila E.S., Mäkilä M., Alm J. (2007) Annual CO₂ and CH₄ fluxes of pristine boreal mires as a background for the life-cycle analyses of peat energy. *Boreal Environment Research* 12: 101–113.
- Schmidt L., Sjöström J., Palm D., Ekvall T. (2012) Viktbaserad avfallstaxa – Vart tar avfallet vägen? Rapport B2054, IVL, Stockholm.
- SGC (2009) Substrathandbok för biogasproduktion. Rapport 200, SGC.

SIKA (2008) Acceptabla fördelningseffekter av höjd drivmedelsskatt?
Rapport 2008:11, SIKA.

Soussana, J.F., Allard, V., Pilegaard, K., Ambus, P., Amman, C., Campbell, C., Ceschia, E., Clifton-Brown, J., Czobel, S., Domingues, R., Flechard, C., Fuhrer, J., Hensen, A., Horvath, L., Jones, M., Kasper, G., Martin, C., Nagy, Z., Neftel, A., Raschi, A., Baronti, S., Rees, R.M., Skiba, U., Stefani, P., Manca, G., Sutton, M., Tubaf, Z., Valentini, R. (2007b) Full accounting of the greenhouse gas (CO₂, N₂O, CH₄) budget of nine European grassland sites. *Agriculture Ecosystems and Environment* 121: 121–134.

Statistiska Centralbyrån, Energimyndigheten (2011) Årliga energibalanser 2009–2010. Sveriges officiella statistik, Statistiska meddelanden, EN 20SM1105.

Statistiska Centralbyrån (2010) Gödselmedel i jordbruket 2008/09. Sveriges officiella statistik, Statistiska meddelanden, MI 30 SM 1002.

Statistiska Centralbyrån (2012) Sveriges framtida befolkning 2012–2060. Demografiska rapporter 2012:2, Statistiska Centralbyrån, Stockholm.

Statskontoret (2011) Priset på handelsgödsel efter kväveskatten – en utvärdering. Rapport 2011:31, Stadskontoret, Stockholm.

SOU (2012) Mot ett hållbart samhälle – resurseffektiv avfallshantering. Statens offentliga utredningar 2012:56, Regeringskansliet, Stockholm.

SOU (2007) Bioenergi från jordbruket – en växande resurs. Statens offentliga utredningar 2007:36, Regeringskansliet, Stockholm.

SOU (2004) Introduktion av förnybara fordonsbränslen. Statens offentliga utredningar 2004:133, Regeringskansliet, Stockholm.

Stenkvist M., Widmark A., Wiklund S.E. & Liljeblad A. (2009) Styrmedel för ett ökat utbud av biobränsle. Projektnummer E06-649, Värmeforsk, Stockholm.

Ström L., Lamppa A. Christensen T.R. (2007) Greenhouse gas emissions from a constructed wetland in southern Sweden. *Wetlands Ecology and Management* 15: 43–50.

Svensson B. (2010) Växthusgasemissioner från anlagda våtmarker och lämpligheten att förlägga dem på marker med organogen jord. Rapport till Jordbruksverket. Dnr 46-12322/09

Turpin N., Dupraz P., Thenail C., Joannon A., Baudry J., Herviou S., Verburg P. (2009) Shaping the landscape: agricultural policies and local biodiversity schemes. *Land Use Policy* 26: 273–283.

Törner L., Norup S. (2009) Insats av energi, främst olja vid torkning på gårdsnivå. Slutrapport för Jordbruksverkets uppdrag (Dnr 46-9745/09). Odling i balans, Vallåkra.

Wirsenius S., Hedenus F., Mohlin K. (2010) Greenhouse gas taxes on animal food products: rationale, tax scheme and climate mitigation effects. *Climatic Change* DOI 10.1007/s10584-010-9971-x.

WSP (2012) Arbetsmaskiners klimatpåverkan och hur den kan minska.
Ett underlag till 2050-arbetet. Rapport utförd på uppdrag av Trafikverket.

Xiong S., Kätterer T. (2009) Carbon-allocation dynamics in reed canary grass as affected by soil type and fertilization rates in northern Sweden. *Acta Agricultrar Scandinavica Section B – Soil and Plant Science* 1–9.

Öborn I., Magnussion U., Bengtsson J., Vrede K., Fahlbeck E., Steen Jensen E., Westin C., Jansson T., Hedenus F., Lindholm Schulz H., Stenström M., Jansson B., Rydhmer L. (2011) Fem framtidsscenarier för 2050 – förutsättningar för lantbruk och markanvändning. www.slu.se/framtidenslantbruk.

Rapporten kan beställas från

Jordbruksverket • 551 82 Jönköping • Tfn 036-15 50 00 (vx) • Fax 036-34 04 14
E-post: jordbruksverket@jordbruksverket.se
www.jordbruksverket.se