



Minskade utsläpp av växthusgaser från jordbruket med ökad produktion?

Scenarier till 2045 för utsläpp och upptag av växthusgaser
inom jordbrukssektorn

Innehåll

SAMMANFATTNING	4
1. BAKGRUND	7
1.1. Uppdrag	7
1.2. Syfte	8
1.3. Tidigare studier	8
1.4. Rapportens upplägg	9
2. MÅL, STRATEGIER, STYRMEDEL OCH ÖVERENSKOMMELSER	12
2.1. Sveriges klimatmål	12
2.2. Livsmedelsstrategin	14
2.3. Miljömål och generationsmålet	14
2.4. Andra samhällsmål och styrmedel	17
2.4.1. EU:s gemensamma jordbrukspolitik	18
3. KLIMATPÅVERKAN FRÅN JORDBRUKET	19
3.1. Utsläpp av lustgas och metan från djurens fodermältning, gödselhantering och jordbruksmark i sektorn jordbruk	20
3.2. Utsläpp och upptag av koldioxid från åkermark och betesmark	21
3.3. Utsläpp från jordbrukets energianvändning – arbetsmaskiner och lokaler	22
4. KLIMATÅTGÄRDER I JORDBRUKET	23
4.1. Produktionsåtgärder	24
4.1.1. Åtgärder för att minska utsläppen från jordbrukssektorn	24
4.1.2. Åtgärder för att minska utsläppen från jordbrukets energianvändning	26
4.1.3. Åtgärder för att minska utsläppen eller öka upptaget av kol på åkermark och betesmark	26
4.1.4. Åtgärder för att öka produktionen av biobränslen från jordbruket.	27
5. SCENARIERNA - RESULTAT	30
5.1. Referensscenario	33
5.2. Scenario med ökad produktion (Produktionsscenario)	35
5.3. Scenario med ökad produktion och klimatåtgärder (Åtgärdsscenario)	37
5.4. Effekter på kolinlagring av förändrad markanvändning	39
5.4.1. Effekter av förändrad markanvändning på kolinlagringen i mark	40
5.4.2. Åtgärder för ökad kolinlagring	40

5.5.	Teknisk potential att producera bibränslen från restprodukter och energiskog.	42
5.6.	Utsläpp från livsmedelskonsumtion	43
5.6.1.	Konsumtionsåtgärder	45
5.6.2.	Framtida livsmedel	46
5.6.3.	Utveckling av produktionssystem - Vattenbruk	47
5.6.4.	<i>Konsumtionsscenario</i> - åtgärder genom förändrad konsumtion	48
5.6.5.	<i>Konsumtions- och åtgärdsscenario</i> - med effekter av åtgärder i både produktion och med förändrad konsumtion	51
5.7.	Effekter på utsläpp av ammoniak och nitrat	52
5.8.	Övriga konsekvenser	52
5.8.1.	Miljömålen	53
5.8.2.	Övriga effekter	55
6.	SLUTSATSER OCH DISKUSSION	57
6.1.1.	Jämförelse med tidigare studier	58
	KÄLLFÖRTECKNING	63
	BILAGA A METODBESKRIVNING	67
A1	Modellbeskrivningar	67
A1.1	SASM-modellen	68
A1.2	ALBIO-modellen	68
A2	Modellantaganden kopplade till scenarierna	69
A2.1	Modellkalibrering (SASM)	69
A2.2	Antaganden i referensscenario (SASM)	70
A2.3	Antaganden i	70
A3	Beräkningar relaterade till markanvändning, produktion av bibränslen samt lagring och spridning av rötad stallgödsel	71
A3.1.	Förändringar i markanvändning i referens- och produktionsscenarierna	71
	BILAGA B. FÖRÄNDRAD PRODUKTION I REFERENSSCENARIOT OCH PRODUKTIONSSCENARIOT BASERAT PÅ SIMULERINGAR MED SASM-MODELLEN	79

Sammanfattning

Naturvårdsverket och Jordbruksverket har här gemensamt uppdaterat scenarier för utsläpp och upptag av växthusgaser till år 2045 i syfte att kunna visa hur jordbrukssektorn kan bidra till att nå klimatmålen samtidigt som den ska bidra till andra miljömål, generationsmålet och till livsmedelsstrategin.

Dagens utsläpp från jordbruket

Sveriges jordbruk bidrar till utsläpp av växthusgaser i form av metan från djurens fodermältning, metan och lustgas från gödselhantering och lustgas från kväveomvandling i mark och redovisas i klimatrapporeringen¹ inom sektorn ”jordbruk”. Jordbruket bidrar även till utsläppen genom bland annat energianvändning till arbetsmaskiner och växthus och spannmålstorkar med mera i sektorn ”energi”². Utsläppen från jordbrukssektorn och energianvändning uppgick 2017 till 7,2 miljoner ton koldioxidekvivalenter respektive 0,8 miljoner ton och det är dessa utsläpp som omfattas av de svenska klimatmålen.

Utöver detta bidrar jordbruket även med nettoutsläpp av koldioxid genom kolförrådsförändringar i åkermark och betesmark, dessa redovisas i markanvändningssektorn, den s.k. LULUCF-sektorn³. Konsumtionen av livsmedel bidrar även med klimatpåverkan genom utsläpp i andra länder till följd av import av livsmedel.

Scenarier med åtgärder för minskade utsläpp i jordbruket

Förutom ett referensscenario redovisas i denna rapport ett scenario med ökad produktion (Produktionsscenario) och ett scenario med ökad produktion och klimatåtgärder (Åtgärdsscenario) för jordbruket i Sverige. Dessutom redovisas två konsumtionsscenarioer samt två scenarier där effekter av åtgärder i produktionen och med förändrad livsmedelskonsumtion summeras.

Referensscenariot uppdateras regelbundet och används i internationell rapportering till EU och FN. Övriga scenarier ska ses som illustration av hur utsläppen av växthusgaser från jordbruket i Sverige respektive livsmedelskonsumtionen i stort kan minska och hänsyn behöver tas till osäkerheterna.

Referensscenario. Enligt referensscenariot beräknas utsläppen av växthusgaser från jordbruket i Sverige fortsätta att minska sakta, i ungefär samma takt som

¹ I klimatrapporeringen till FN och EU redogör varje land för sina utsläpp inom sina respektive gränser (s.k. territoriella utsläpp). Detta innebär att utsläpp från produktion av varor som exporteras ingår, medan utsläppen vid produktion av varor som importeras inte ingår i ett lands beräkningar. Istället ska dessa utsläpp rapporteras i det land där produktionen sker.

² Energianvändning till växthus, torkar mm redovisas i sektorn uppvärmning i bostäder och lokaler

³ LULUCF= Land Use Land Use Change and Forestry; Markanvändning, förändrad markanvändning och Skogsbruk; Sektorn omfattar framför allt utsläpp och upptag av koldioxid från olika marktyper

hittills, baserat på bland annat antaganden om en fortsatt produktivitet utveckling och prisprognoser från OECD. Det innebär att utsläppen av växthusgaser som sker i Sverige beräknas minska från 7,2 miljoner ton koldioxidekvivalenter år 2017 till 6 miljoner ton år 2045⁴.

Scenario med ökad produktion (Produktionsscenario). I scenariot antas att den pågående trenden med en ökad produktivitet fortsätter, vilket minskar utsläppen per producerad enhet. Samtidigt antas produktionen öka till följd av livsmedelsstrategin. Det innebär att utsläppen år 2045 hamnar ungefär på dagens nivå.

Scenario med ökad produktion och klimatåtgärder (Åtgärdsscenario). Genom möjliga åtgärder i produktionen för att minska utsläppen visar åtgärdsscenarioet att utsläppen av växthusgaser från den svenska jordbrukssektorn år 2045 kan minska med upp till cirka 2 miljoner ton. Men beräkningarna bygger på relativt optimistiska antaganden om implementeringsgrad och kan därför ses som en maximal potential. De åtgärder som antas genomföras i åtgärdsscenarioet är framför allt åtgärder för att minska utsläppen från lagring och spridning av gödsel. Övergång till flytgödsel, täckning av flytgödselbrunnar, myllning, rötning och användning av nitrifikationshämmare är åtgärder som ingår. Utöver detta ingår en effekt av fodertillsatser för att minska utsläppen från djuren.

För arbetsmaskiner och jordbrukets lokaler bedöms åtgärder kunna genomföras så att de är fossilfria till år 2045, t ex genom effektivisering, elektrifiering och användning av biodrivmedel. Det innebär att dessa utsläpp kan minska till nära noll. Utsläppen från arbetsmaskiner och lokaler ligger dock utanför scenarioberäkningarna.

Åtgärder för ökad kolinlagring i marken (som redovisas inom LULUCF-sektorn) bedöms ge en minskning av nettoutsläppen av växthusgaser motsvarande 1,2 miljoner ton koldioxidekvivalenter per år. I denna siffra ingår en ökad inlagring genererad av en ökad areal mellangrödor samt minskade utsläpp av både lustgas och koldioxid från återvätning av organogena jordar.

Scenarier som minskar utsläppen från svensk livsmedelskonsumtion

Målen inom det svenska klimatramverket omfattar utsläpp inom Sveriges gränser, så kallade territoriella utsläpp⁵. För att uppfylla generationsmålet får dock inte inhemska utsläppsminskningar ske på sådant sätt att ökade miljö- och hälsoproblem orsakas utanför Sveriges gränser. För att ta hänsyn till växthusgasutsläpp som svensk konsumtion orsakar i Sverige och i andra länder beräknas istället konsumtionsbaserade utsläpp. Utsläppen till följd av svensk

⁴ Report for Sweden on assessment of projected progress, March 2019.

⁵ Det är dessa territoriella utsläpp som rapporteras i klimatrapporeringen till EU och FN.

konsumtion av livsmedel beräknas vara ca 20 miljoner ton koldioxidekvivalenter år 2045 enligt produktionsscenarioet.

Konsumtionsscenario: En förändrad konsumtion av livsmedel har en potential att bidra till minskade utsläpp av växthusgaser utöver de åtgärder som kan genomföras i produktionen. Detta kan t ex ske genom att ersätta kött med vegetabilier eller genom att ersätta en del av nötköttet med fläsk- och kycklingkött och säsongsbaserad kost. Det finns även en ännu tämligen outnyttjad potential att ersätta kött med odlad fisk genom en utbyggnad av ett inhemskt vattenbruk som har en relativt låg klimatpåverkan. Minskat matsvinn är också en viktig åtgärd för att minska utsläppen. Ett par scenarier har tagits fram för att illustrera hur en förändrad konsumtion av livsmedel kan påverka utsläppen av växthusgaser.

Konsumtions- och åtgärdsscenario. I två scenarier summeras effekterna av åtgärder i produktionen och effekterna av förändrade konsumtionsmönster. Scenarierna visar att utsläppen från svensk livsmedelskonsumtion som sker i både Sverige och andra länder kan minska från ca 20 miljoner ton koldioxidekvivalenter till ca 12-13 miljoner ton år 2045.

Det är viktigt att beakta andra samhällsmål

När åtgärder inom jordbruket genomförs är det viktigt att beakta andra miljömål, förutom klimatmålet, såsom mål om biologisk mångfald och öppet landskap. Samtidigt ska åtgärderna inte innebära att utsläppen flyttas till andra länder. Dessutom ska målsättningar inom livsmedelsstrategin beaktas. Det finns många synergieffekter med andra miljömål för åtgärder som minskar klimatpåverkan, inte minst när det gäller minskade utsläpp av kväveföreningar. Det bör därför finnas möjlighet att utveckla ett hållbart jordbruk där Sverige kan öka produktionen och samtidigt bidra till målen. Utsläppen från jordbrukssektorn i Sverige kan minska men det är många aspekter att beakta. Utsläppen kan inte minska till noll vid en fortsatt livsmedelsproduktion. Därför kommer kompletterande åtgärder, till exempel en ökad inlagring av kol i skogs- och jordbruksmark, att behövas för att kompensera för de utsläpp som återstår.

1. Bakgrund

1.1. Uppdrag

År 2045 ska Sverige inte ha några nettoutsläpp av växthusgaser. Det innebär att de totala territoriella utsläppen, exklusive utsläpp och upptag av växthusgaser i LULUCF-sektorn, ska ha minskat med minst 85 procent jämfört med 1990 års nivå. Det innebär i sin tur att de totala utsläppen ska minska från dagens utsläppsnivå på nästan 53 miljoner ton koldioxidekvivalenter år 2017 till maximalt cirka 11 miljoner ton år 2045. Resterande utsläpp får täckas av kompletterande åtgärder (till exempel en ökad inlagring av kol i skogs- och jordbruksmark). En stor del av de kvarvarande utsläppen år 2045 kommer att komma från jordbrukssektorns utsläpp av metan och lustgas eftersom det är svårt att minska dessa⁶ vid upprätthållande av en livsmedelsproduktion. Därför är det viktigt att utsläppen från jordbrukssektorn blir så låga som möjligt och därmed bidra till klimatmålen så att så lite kompletterande åtgärder som möjligt behövs.

Jordbruket kan utöver att minska utsläppen av metan och lustgas inom jordbrukssektorn bidra till upptag av koldioxid genom en ökad kolinlagring i LULUCF-sektorn. Jordbruket kan också bidra till klimatnytta genom att producera biobränslen som har potential att ersätta fossila bränslen inom energisektorn. Det ger dock samtidigt en viss ökning av utsläpp av metan och lustgas i jordbrukssektorn till följd av en ökad produktion.

Jordbrukets primära uppgift är att leverera livsmedel för inhemsk konsumtion och export. I och med livsmedelsstrategin har Sverige nu ett mål om att öka produktionen. Detta ska ske samtidigt som relevanta miljömål nås. De miljökvalitetsmål som är starkast kopplade till jordbruket är, förutom Begränsad klimatpåverkan, Ett rikt odlingslandskap, Ingen övergödning, Giftfri miljö, Skyddande ozonskikt samt Ett rikt växt- och djurliv.

I miljömålsberedningens betänkande En klimat- och luftvårdsstrategi för Sverige⁷ görs bedömningen att den svenska jordbruksproduktionen både kan öka i omfattning och samtidigt vara såväl ekonomiskt som ekologiskt hållbar. Miljömålsberedningen vill alltså se en utveckling som skiljer sig när det gäller omfattningen av produktionen från den som antas äga rum i Jordbruksverkets tidigare scenario där produktionsnivån hölls konstant, (se avsnitt 1.3) samtidigt som klimat- och andra miljöeffekter kan betraktas som ekologiskt hållbara.

Naturvårdsverket och Jordbruksverket har här gemensamt uppdaterat scenarier för utvecklingen av ett klimatvänligt, ekologiskt, socialt och ekonomiskt hållbart

⁶ Utsläppen från jordbrukssektorn är svåra att minska då utsläppen kommer från biologiska processer

⁷ SOU 2016:47. En klimat- och luftvårdsstrategi för Sverige

jordbruk 2045 i syfte att kunna visa hur jordbrukssektorn kan bidra till att nå klimatmålen samtidigt som den ska bidra till andra miljömål, generationsmålet och till livsmedelsstrategin. Uppdraget initierades av Miljömålsrådet. I arbetet har två konsultstudier genomförts med modellkörningar^{8 9}.

1.2. Syfte

Syftet med att presentera scenarier för jordbrukssektorns utveckling är att illustrera potentialen för att minska utsläppen av växthusgaser från produktionen i svenskt jordbruk och därmed visa hur jordbrukssektorn kan bidra till att uppnå klimatmålet. Scenarierna åskådliggör även hur jordbrukssektorn kan bidra till andra mål, t ex andra miljömål, mål inom livsmedelsstrategin och andra samhällsmål samt hur sektorn kan bidra till klimatmålet genom andra sektorer (t ex energisektorn). Scenarierna belyser också målkonflikter och andra konsekvenser. Genom att det tas fram scenarier för hur en sådan utveckling av jordbrukssektorn skulle kunna gå till ökar förutsättningarna för måluppfyllelse.

1.3. Tidigare studier

Jordbruksverket tog under 2012 fram rapporten ”Ett klimatvänligt jordbruk 2050”¹⁰. Rapporten användes i arbetet med att ta fram målscenarier och förslag till åtgärder för jordbrukssektorn i rapporten ”Underlag till en färdplan för ett Sverige utan klimatutsläpp 2050”¹¹. Miljömålsberedningen använde dessa målscenarier som ett underlag för förslagen till etappmål 2030 och 2040 samt långsiktigt mål 2045. Utvecklingen i scenariot för jordbrukssektorn till 2050 justerades något av Miljömålsberedningen eftersom befolkningsprognosen för Sverige hade höjts sedan Jordbruksverket tog fram sitt scenario. Betänkandena från Miljömålsberedningen användes sedan som underlag för klimatpropositionen om det klimatpolitiska ramverket.

I Jordbruksverkets långsiktiga målscenario från år 2012 ingår ett antal åtgärder som minskar utsläppen av växthusgaser från produktion och konsumtion något samt åtgärder som förstärker kolupptaget i mark. I dessa scenarier gjordes antagandet att svensk produktionsnivå hålls konstant medan produktionssystemet antogs förändras något till följd av en minskad efterfrågan på nötkött.

⁸ Jonasson (2018). Scenarier för jordbrukets klimatpåverkan med livsmedelsstrategin och ändrad konsumtion

⁹ Wirsenius (2019) Utsläpp av växthusgaser från svensk produktion och konsumtion av mat år 2045

¹⁰ Jordbruksverket Rapport 2012:35. Ett klimatvänligt jordbruk 2050.

¹¹ Naturvårdsverket Rapport 6537. Underlag till en färdplan för ett Sverige utan klimatutsläpp 2050.

Ett flertal studier som innehåller olika scenarier har också publicerats de senaste åren. De har dock i de flesta fall baserats på utsläppen från hela livsmedelskonsumtionen och inte avgränsats till utsläppen från jordbrukssektorn inom Sveriges gränser. För en sammanställning av övriga studier som har beaktats och delvis ligger till grund för denna rapport hänvisas till rapportens litteraturlista.

1.4. Rapportens upplägg

I denna rapport redovisas inledningsvis relevanta mål, jordbrukets utsläpp och potentiella åtgärder för att minska utsläppen och därefter redovisas resultatet från scenarierna.

Rapporten är upplagd enligt följande:

Kapitel 2: redovisar de klimatmål och andra mål och strategier som används som utgångspunkt för analysen.

Kapitel 3: redovisar jordbrukets utsläpp och upptag av växthusgaser från klimatrapporteringens utsläppssektorer: jordbruk, energi och LULUCF

Kapitel 4: redovisar möjliga åtgärder för att minska utsläppen av växthusgaser i jordbrukssektorn

Kapitel 5: redovisar resultatet av följande 3 scenarier som redovisar utsläppen från jordbrukssektorn (enligt klimatrapporteringens format):

1. ”Referensscenario” - Ett scenario med befintliga styrmedel
2. ”Scenario med ökad produktion (Produktionsscenario) ” - Ett scenario där en utveckling exemplifieras som kan uppfylla livsmedelsstrategins mål om en ökad produktion samt handlingsplanens mål om en ökad andel ekologisk odling
3. ”Scenario med ökad produktion och klimatåtgärder (Åtgärdsscenario) ” - Ett scenario med effekten av möjliga åtgärder i svensk jordbruksproduktion. Även effekten på kolinlagring och andra miljömål redovisas. Scenariot baseras på produktionsscenariot.

Därefter följer ett avsnitt om de totala utsläppen från livsmedelskonsumtion och effekten av förändrade konsumtionsmönster på utsläppen inom och utanför Sverige:

4. ”Konsumtionsscenario” - Ett par scenarier där konsumtionsmönster förändras. Scenarierna baseras på produktionsscenariot.
5. Avslutningsvis redovisas ett ”Konsumtions- och åtgärdsscenario” - Ett par scenarier där både åtgärder i det svenska jordbruket genomförs och konsumtionen förändras enligt konsumtionsscenarierna. Scenariot baseras på produktionsscenariot.

Kapitel 6: innehåller några slutsatser och diskussion

Bilaga A och B: redovisar modellbeskrivningar och mer detaljerade data från scenarierna.

Denna rapport fokuserar på jordbrukssektorns utsläpp av metan och lustgas enligt redovisning i den nationella utsläppsrapporteringen till UNFCCC och EU. Jordbrukssektorns utsläpp av metan och lustgas ingår i den så kallade icke handlande sektorn och har därmed åtagande i Sveriges klimatramverk (se avsnitt 2). I redovisningen av scenarierna analyseras även effekter på kolinlagring inom LULUCF-sektorn. Dessutom beräknas potentialer för att producera biobränslen från överbliven mark, samt restprodukter. Även effekten på de totala utsläppen från livsmedelskonsumtion behandlas.

Vad är ett scenario?

Ett scenario kan sägas vara en trolig beskrivning av ett framtida tillstånd. Scenarier kan vara explorativa, normativa eller prediktiva. Ett explorativt scenario undersöker möjliga framtider givet en rad förutsättningar. I ett normativt scenario försöker man istället nå ett särskilt tillstånd och scenariot beskriver möjliga vägar att nå till detta scenario. Ett prediktivt scenario är ett försök att förutsäga den mest troliga framtida utvecklingen. Ett prediktivt scenario kan, om det sträcker sig över en kortare tidsperiod, kallas för en prognos (jämför väderprognos med klimatscenario). De scenarier som tas fram i detta arbete kan definieras som antingen explorativa, normativa och prediktiva. Referensscenariot är ett försök till ett prediktivt scenario medan vi i ett scenario med ökad produktion delvis har satta mål för hur framtidens jordbrukssystem ska se ut utifrån livsmedelsstrategin. Scenariot med åtgärder på produktionssidan kan snarare ses som explorativt.

Avgränsningar

Med ett hållbart jordbruk avses att det ska vara både ekonomiskt, socialt och miljömässigt hållbart. I denna rapport är fokus att visa på hur jordbruket kan bli miljömässigt hållbart, men därmed inte sagt att de andra dimensionerna är mindre viktiga utan bör hanteras i fortsatt arbete.

I rapporten analyseras inte heller aspekter såsom kostnadseffektivitet, kostnader eller konkurrenskraft. Det är däremot viktigt att dessa analyseras i ett fortsatt arbete med att ta fram förslag på styrmedel för att styra mot ett hållbart jordbruk.

För att förändra produktionen kan det krävas investeringar vilka ger en merkostnad för lantbrukaren. För att dessa investeringar ska kunna genomföras krävs i sin tur en lönsamhet i jordbruket samtidigt som det behövs incitament för att lantbrukaren ska göra dessa investeringar. I våra scenarier diskuterar vi endast potentialer för att minska utsläppen. Vi beskriver alltså inte vilka styrmedel som krävs för att kunna åstadkomma dessa minskningar. I scenarierna med SASM-modellen ingår uppskattningar av antalet personer som arbetar inom jordbrukssektorn. Konsekvenserna av det minskade behovet av arbetskraft i de scenarierna och möjligheten att leva och verka på landsbygden är inget som diskuteras i denna rapport. Vi begränsar oss också till att diskutera nationella produktions- och utsläppsdata och analyserar därför inte effekter på livsmedelsstrategins mål om tillväxt i hela landet.

Modellerna tar inte heller hänsyn till effekterna av ett förändrat klimat och till exempel en ökad förekomst av extremväder på framtida skördenivåer.

En annan begränsning är att modellerna inte mer än i undantagsfall kvantifierar effekterna på övriga miljömål. Därför bli utvärderingen av dessa effekter kvalitativ snarare än kvantitativ.

2. Mål, strategier, styrmedel och överenskommelser

Utvecklingen av ett klimatvänligt, ekologiskt, socialt och ekonomiskt hållbart svenskt jordbruk till 2045 behöver bidra till att klimatmålet nås samtidigt som den ska bidra till andra miljömål, generationsmålet och till livsmedelsstrategin. I detta avsnitt redovisas kort om vilka klimat- och miljömål som jordbrukssektorn behöver bidra till och även kort om livsmedelsstrategin och befintliga styrmedel.

2.1. Sveriges klimatmål

Enligt det klimatpolitiska ramverket, som beslutades under 2017¹², är målet för år 2045 att Sverige inte ska ha några nettoutsläpp av växthusgaser till atmosfären och ska därefter uppnå negativa utsläpp. Det innebär att de totala territoriella utsläppen exklusive LULUCF ska ha minskat med minst 85 procent och att resterande får täckas av kompletterande åtgärder i enlighet med internationella regler.

Kompletterande åtgärder som är kända idag handlar om ökade nettoupptag i skog och mark, verifierade utsläppsminskningar genom investeringar i andra länder samt avskiljning och lagring av biogen koldioxid (bio-CCS).

På vägen dit ska etappmål för de utsläpp som inte omfattas av EU:s system för handel med utsläppsrätter eller LULUCF-sektorn¹³, den så kallade icke-handlande sektorn¹⁴ (där jordbrukssektorn ingår), uppnås till år 2030 och 2040. Etappmålen innebär att:

- utsläppen senast 2030 bör vara minst 63 procent lägre än utsläppen år 1990 och att högst 8 procentenheter av utsläppsminskningarna får ske genom kompletterande åtgärder.
- Motsvarande bör utsläppen 2040 vara minst 75 procent lägre än utsläppen år 1990 med högst 2 procentenheter av utsläppsminskningarna från kompletterande åtgärder.

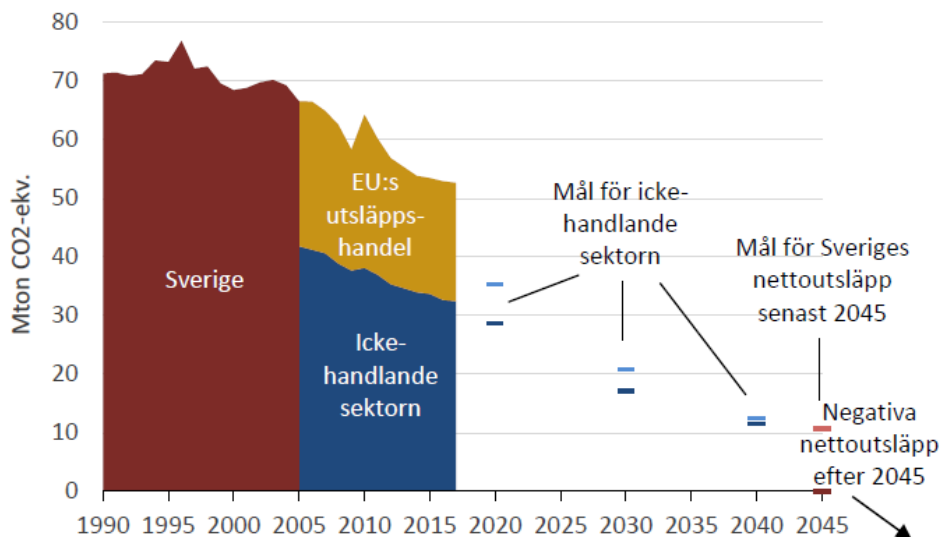
Etappmålet för den icke-handlande sektorn till 2030 innebär att utsläppen behöver minska från dagens nivå på ca 32,5 miljoner ton (2017) till 17 miljoner ton år 2030, eller till 21 miljoner ton om utsläppsminskningar motsvarande högst 4 miljoner ton sker med så kallade kompletterande åtgärder. Den största källan i den icke handlande sektorn år 2017 var inrikes transporter (50 % av utsläppen från den

¹² Prop. 2016/17:146. Ett klimatpolitiskt ramverk för Sverige

¹³ LULUCF= Land Use Land Use Change and Forestry.

¹⁴ Icke-handlande sektorn= Växthusgasutsläpp som inte omfattas av EU ETS utan istället omfattas av förslaget till EU:s förordning Effort Sharing Regulation som innehåller åtagande för 2021-2030. Har tidigare benämnts ESD-utsläpp då dessa utsläpp omfattats av Effort Sharing Decision 2013-2020. Utsläpp och upptag i LULUCF-sektorn ingår inte i den icke-handlande sektorn.

icke handlande sektorn) följt av jordbrukssektorn (20 %) och arbetsmaskiner (10 %).



Figur 1. Sveriges klimatmål (med och utan möjligheten att utnyttja s.k. kompletterande åtgärder) samt historiska utsläpp

Transportsektorn har ett mål inom det klimatpolitiska ramverket vilket innebär att utsläppen från inrikes transporter, utom inrikes flyg, ska minska med minst 70 procent senast år 2030 jämfört med 2010. Några konkreta mål för jordbruket nämns inte, men alla delsektorer inom den icke-handlande sektorn behöver minska så mycket som möjligt om målen ska nås. Däremot beskrivs i Miljömålsberedningens betänkande att utgångspunkten borde vara att den svenska livsmedelsproduktionen både kan öka i omfattning och samtidigt vara såväl ekonomiskt konkurrenskraftig som ekologiskt hållbar. Detta innebär att jordbruket måste bli mer produktivt och resurseffektivt samtidigt som klimatpåverkan från livsmedelsproduktionen måste minska. Men också att primärproduktionen med flera cirkulära system som inkluderar vattenbruk och nya tekniker, kan bidra till nya produkter i livsmedelsproduktionen och samtidigt leverera insatsvaror i en mer biobaserad ekonomi. De kvarvarande utsläppen 2045 ska täckas med kompletterande åtgärder.

Under 2018 tillsatte regeringen en Statlig Offentlig Utredning (SOU) om kompletterande åtgärder. Utredningen går under namnet ”klimatpolitiska vägvalsutredningen”¹⁵. I utredarens uppdrag ingår enligt direktivet¹⁶ bland annat att uppskatta vilken potential olika åtgärder har för att öka kolsänkan och uppskatta den sammantagna realiserbara potentialen för LULUCF-sektorn (Land Use, Land Use Change, and Forestry) att bidra till att uppfylla klimatmålen. Utredaren ska

¹⁵ https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/kommitteberattelse/klimatpolitiska-vagvalsutredningen--m-201807_H6B2M07.

¹⁶ Kommittédirektiv M 2018:70. Kompletterande åtgärder för att negativa utsläpp av växthusgaser.

också föreslå sätt att skapa incitament till åtgärder som ökar kolsänkan. Det finns olika sätt att öka upptagen och minska utsläppen inom LULUCF-sektorn. Ökad inbindning av kol i skog och skogsmark eller i jordbruksmark kan t.ex. skapa ökat upptag, medan återvätning av organogen mark (jordar med högt innehåll av organiskt material) kan ge minskade utsläpp. Även ökat byggande i trä erbjuder möjligheter till upplagring av kol i form av träprodukter.

2.2. Livsmedelsstrategin

Under 2017 beslutades en livsmedelsstrategi för Sverige som innehåller mål om en ökad livsmedelsproduktion fram till 2030¹⁷. I strategin föreslås att det övergripande målet ska vara en konkurrenskraftig livsmedelskedja där den totala livsmedelsproduktionen ökar, samtidigt som relevanta nationella miljömål nås. Vidare föreslås att produktionsökningen, både konventionell och ekologisk, bör svara mot konsumenternas efterfrågan. Inga konkreta produktionsmål nämns i livsmedelsstrategin.

I regeringens nuvarande handlingsplan¹⁸ finns kvantifierade mål för ekologisk produktion, mer specifikt att 30 procent av den svenska jordbruksmarken ska utgöras av certifierad ekologisk jordbruksmark år 2030¹⁹. Jordbruksverket har tagit emot en rad uppdrag för att verkställa handlingsplanen. I Tillväxtverkets och Jordbruksverkets förslag till ny handlingsplan²⁰ föreslås bland annat stora forskningssatsningar på framtidens mat för en hållbar produktion och konsumtion.

2.3. Miljömål och generationsmålet

Miljö kvalitetsmålet om begränsad klimatpåverkan kan inte hanteras för sig utan att övriga miljö kvalitetsmål beaktas. De miljö kvalitetsmål som är starkast kopplade till jordbruket är Ett rikt odlingslandskap, Ingen övergödning, Giftfri miljö och Skyddande ozonskikt, men även Frisk luft, Bara naturlig försurning, Ett rikt växt- och djurliv m. fl. kan anses vara kopplade till jordbruksproduktionen (se tabell 1).

Jordbruket påverkar dessa miljö mål på många olika sätt. Vissa typer av påverkan upplevs som positiva medan andra upplevs som negativa eller skadliga. Exempel på positiv påverkan kan vara att ökad användning av fång-och mellangrödor,

¹⁷ Prop. 2016/17:104. En livsmedelsstrategi för Sverige

¹⁸ N2017/00647/KOM. Regeringens handlingsplan: En livsmedelsstrategi för Sverige

¹⁹ https://www.regeringen.se/49192c/contentassets/13f0fe3575964442bc51816493165632/handlingsplan_lms_1702072.pdf.

²⁰ <http://www.jordbruksverket.se/download/18.2e6f57b8169c0bdd6d3a0618/1553874292391/Delredovisning%20handlingsplan%20livsmedelsstrategi%202020-2022.pdf>.

skyddszoner, återvätning av dikade torvmarker samt precisionsgödsling både bidrar till ökad kolinlagring/minskade utsläpp av växthusgaser samtidigt som kväveläckage och därmed övergödning minskar. Indirekt gynnar detta även klimatmålet, ozonmålet, luftmålet och försurningsmålet. Kantzoner och återvätning av torvmarker är även positivt för biologisk mångfald. Den negativa påverkan är oftast kopplat till användning av olika naturresurser eller olika typer av utsläpp som kan leda till ökad klimatpåverkan, övergödning eller växtskyddsmedel i vattendrag och sjöar.

Indirekt ger även produktion av importerade insatsvaror och livsmedel upphov till miljöpåverkan varför även generationsmålet måste 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. Det innebär t.ex. att det inte hjälper om vi drar ner produktionen i Sverige om vi samtidigt ökar produktionen utomlands. Snarare bli det i många fall värre då Sverige generellt har en lägre klimatpåverkan från sitt jordbruk än många andra länder²¹.

Tabell 1. En principiell sammanställning över synergieffekter och konflikter med de nationella miljömålen utifrån de åtgärder som ingår i rapportens olika scenarier. Positiv effekt (+), negativ effekt (-), liten eller ingen effekt (=), oklart (?). Tabellen är en bearbetning utifrån tabell 15 i Jordbruksverkets rapport 2012:35. Ett klimatvänligt jordbruk 2050.

Miljökvalitetsmål	Effekt	Kommentar
Begränsad klimatpåverkan	+	Åtgärderna som minskar utsläpp av växthusgaser ger minskad klimatpåverkan
	+	Åtgärder som ger en ökad tillgång på förnybar energi minskar utsläpp av växthusgaser
	+	Åtgärder som ger en ökad kolinlagring ger en minskad klimatpåverkan
Ett rikt odlingslandskap	?	Vissa åtgärder kan komma att innebära att större arealer odlas. Olika åtgärder kan ha såväl positiva som negativa effekter ²²
	?	Åtgärder som minskar kvävenedfallet ökar förutsättningarna att bevara den biologiska mångfalden i ängs- och betesmarker och därmed förutsättningarna för ett variationsrikt odlingslandskap.
	+	Åtgärder som ökar antalet våtmarker i jordbruksmark gynnar förutsättningarna för ett variationsrikt odlingslandskap om de placeras väl.
Skyddande ozonskikt	+	Åtgärder som minskar avgång av lustgas bidrar till att skydda ozonskiktet .
Grundvatten av god kvalitet	=	Åtgärder som minskar överskott av kväve i marken minskar läckage till grundvatten vilket minskar risken för förhöjda halter av nitrat.
	?	Åtgärder som minskar användning av växtskyddsmedel minskar risken för att dessa förorenar grundvattnet.
	?	Ökad andel ekologiskt jordbruk leder till en minskad användning av växtskyddsmedel vilket minskar risken för att förorena grundvatten.

²¹ Jordbruksverket, Livsmedelsverket och Naturvårdsverket (2013). Hur liten kan livsmedelskonsumtionens klimatpåverkan vara år 2050? – ett diskussionsunderlag om vad vi äter i framtiden.

²² Jordbruksverket 2012. Ett klimatvänligt jordbruk 2050.

Frisk luft	=	Åtgärder som minskar utsläpp av kväveföreningar, partiklar m.m. till luft minskar risken för hälsoskador (Kväveoxider, marknära ozon och partiklar).
Säker strålmiljö	=	Åtgärder som minskar överskott av kväve i marken minskar avgång av lustgas som kan bryta ner ozonskiktet. Därigenom minskar bl.a. antalet fall av hudcancer på grund av ökad UV-strålning.
Ingen övergödning	+	Åtgärder som minskar överskott av kväve i marken minskar läckage till vatten som kan leda till minskad övergödning i sjöar, vattendrag och hav.
	?	Åtgärden återföring av organogen mark till våtmark minskar växtnäringssläckage från jordbruket men är beroende på utformning och placering.
Bara naturlig försurning	+	Åtgärder som minskar avgång av ammoniak från gödselhantering leder till minskade utsläpp av ammoniak och därigenom minskad försurning.
Myllrande våtmarker	+	Åtgärden återföring av organogen mark till våtmark ökar antalet anlagda våtmarker. Om detta innebär ett återskapande av våtmarker som idag är utdikade har åtgärden en positiv effekt för våtmarkernas natur- och kulturvärden i ett landskapsperspektiv.
	=	Åtgärder som minskar överskott av kväve i marken minskar läckage till vatten som kan leda till minskad övergödning av naturliga våtmarker.
	=	Biota i våtmarker kan indirekt gynnas av åtgärder som ger en minskad klimatpåverkan.
Hav i balans samt levande kust och skärgård.	+	Åtgärder som minskar överskott av kväve i marken minskar läckage till vatten som kan leda till minskad övergödning av hav, kuster och skärgård.
	=	Biota i hav, kuster och skärgård kan indirekt gynnas av åtgärder som ger en minskad klimatpåverkan.
Giftfri miljö	-	Åtgärder som leder till färre djur innebär att det blir en ensidigare spannmålsodling vilket i sin tur leder till ett större behov av växtskyddsmedel.
	?	Åtgärder som leder till minskad användning av mineralgödsel, stallgödsel och rötslam leder även till en minskad tillförsel av kadmium i jordbruksmarken.
	+	Ökad andel ekologiskt jordbruk leder till en minskad användning av växtskyddsmedel.
	=	Ökad andel skyddszoner i syfte att minska kväveläckage från jordbruksmark minskar även läckage av växtskyddsmedel.
Storslagen fjällmiljö	=	Biota i fjällen och fjällsjöar kan indirekt gynnas av åtgärder som ger en minskad klimatpåverkan.
Levande sjöar och vattendrag	+	Åtgärder som minskar överskott av kväve i marken minskar läckage till vatten som kan leda till minskad övergödning sjöar och vattendrag.
	=	Biota i sjöar och vattendrag kan indirekt gynnas av åtgärder som ger en minskad klimatpåverkan.
Levande skogar	+	Åtgärder som minskar utsläppen av kväveföreningar bidrar till att bevara en naturlig artsammansättning samt minskar hotet mot rödlistade, skogslevande arter.
	?	I skogsmark skulle minskade utsläpp av kväveföreningar även kunna leda till minskad skogsproduktion och därmed lägre kolsänka och mindre produktion av bioenergi men det vetenskapliga läget är för närvarande oklart i denna fråga.
Ett rikt växt- och djurliv	?	Vissa åtgärder kan komma att innebära att större arealer odlas. Olika åtgärder kan ha såväl positiva som negativa effekter. ²³
Generationsmålet	?	Åtgärder som medför begränsningar i inhemsk nötköttsproduktionen (utan medföljande begränsning i inhemsk nötkonsumtion) kan leda till att utsläppen flyttas utanför Sveriges gränser.
	?	Åtgärder som leder till en minskad kväveanvändning kommer att leda till minskade utsläpp från produktion av kvävegödsel utanför Sveriges gränser.
	?	En ökad självförsörjningsgrad kan leda till minskade utsläpp utanför Sveriges gränser.

²³ Jordbruksverket 2012. Ett klimatvänligt jordbruk 2050.

2.4. Andra samhällsmål och styrmedel

Förutom de svenska miljömålen finns en rad internationella mål som rör hållbarhet och klimat, till exempel de globala målen för hållbar utveckling, och Parisavtalet. På EU-nivå finns en rad strategier, mål och direktiv som direkt eller indirekt styr miljö- och klimatpolitiken i Sverige.

På klimatområdet finns inom EU ett klimat- och energipaket fram till 2020 och ett klimat- och energiramverk fram till 2030. Utöver detta pågår arbetet med en långsiktig klimatstrategi och i slutet av 2018 publicerade den Europeiska kommissionen ett meddelande med en vision för en ny långsiktig klimatstrategi för EU under Parisavtalet. Tanken är att EU ska uppnå nettonollutsläpp av växthusgaser till 2050, men underlaget innehåller även andra utvecklingsalternativ som inte når fullt lika långt.

Det finns även en rad mål och direktiv som direkt kopplar till en ökad användning av biobaserade bränslen. I december 2018 trädde det reviderade förnybartdirektivet i kraft. Det nya direktivet fastställer ett nytt bindande mål för förnybar energi för EU för 2030 på minst 32%, med en klausul för en eventuell upprevidering efter 2023. Enligt den nya styrningsförordningen måste EU-länderna utarbeta tioåriga nationella energi- och klimatplaner där man redogör för hur de kommer att uppfylla de nya 2030-målen för förnybar energi, utsläpp av växthusgaser och för energieffektivitet. För att främja användning av biodrivmedel, infördes i Sverige bränslebytet, där man bland annat genom reduktionsplikten föreslagit en indikativ målsättning för inblandningen av biodrivmedel i bensin och diesel till 2030. Den som levererar biobränslen måste kunna visa att vissa hållbarhetskriterier är uppfyllda.

På nationell nivå finns sedan 2016 dessutom en energiöverenskommelse. Denna är en överenskommelse mellan fem av svenska riksdagens åtta partier om långsiktig inriktning för svensk energipolitik. Överenskommelsen utgör en gemensam färdplan för en kontrollerad övergång till ett helt förnybart elsystem och innehåller mål för bland annat en 100% förnybar elproduktion år 2040.

På växtnäringsidan finns en rad EU-direktiv som reglerar utsläppen av växtnäringsämnen och ammoniak. Minskade utsläpp av kväve och ammoniak leder till minskade direkta och indirekta utsläpp av lustgas. EU-direktiv och konventioner som syftar till att förbättra vattenkvaliteten och minska utsläpp av luftföroreningar kan också leda till att utsläppen av växthusgaser minskar. Exempel på sådana direktiv är Nitratdirektivet, Helsingforskonventionen, Ramdirektivet för vatten och Taktidirektivet (för bland annat ammoniak).

2.4.1. EU:s gemensamma jordbrukspolitik

Ett viktigt styrmedel för att påverka produktionen inom jordbrukssektorn samt utsläpp och upptag av växthusgaser från jordbrukssektorn och dess markanvändning är EU:s gemensamma jordbrukspolitik (CAP).

CAP syftar främst till att säkra livsmedelsproduktionen, skapa en stabil marknad och erbjuda livsmedel till rimliga priser och delas in i två pelare. I pelare I ligger direktstöden medan pelare II består av medlemsstaternas landsbygdsprogram. I pelare I finns tvärvillkoren och förgröningsstöden där förgröningen kopplar till åtgärder som skulle kunna öka inlagringen av kol i jordbruksmark. Inom förgröningsstöden har kravet på ekologiska fokusarealer (EFA) medfört en ökad omfattning av trädor, kvävefixerande grödor samt obrukade fältkanter. Av de olika delarna i förgröningen är det den ökade EFA-arealen som gjort störst miljönytta²⁴.

Det nuvarande landsbygdsprogrammet löper från 2014 till och med 2020. Det består av stöd och ersättningar som är till för att utveckla landsbygden. Miljö, hållbar utveckling och innovation är prioriterat. Det finns 36 miljarder kronor som fördelas mellan de olika åtgärderna. Den största delen går till miljöområdet och stöden med störst koppling till energi och klimat är miljöinvesteringar, miljöersättningar, rådgivning och kompetensutveckling samt investeringsstöd. Men det finns även stöd till exempelvis samarbetsprojekt, innovationsprojekt och lokalt ledd utveckling kopplat till miljö och klimat.

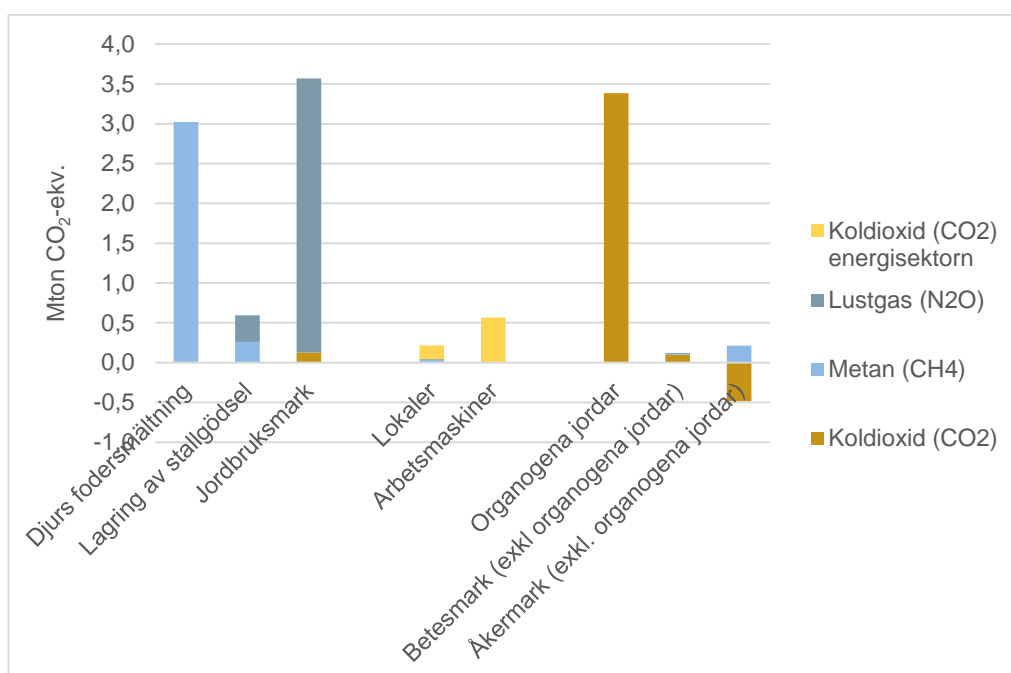
Förhandlingar pågår om hur kommande CAP ska se ut. Det förslag som nu ligger innebär en förändring av den "gröna arkitekturen" där tvärvillkor och förgröningsstöd ersätts med nya förstärkta grundvillkor. Totalt föreslår kommissionen att 30 procent av landsbygdsprogrammets pengar ska gå till åtgärder inom miljö och klimat. Inom Sveriges landsbygdsprogram är redan idag 60 procent av åtgärderna inom miljö och klimat. Förslag på grundvillkor inom miljö och klimat innefattar krav på bevarande av gräsmarker och skydd av våt- och torvmarker.

²⁴ Jordbruksverket. 2016. Förgröningen i praktiken – kostnader kontra miljönytta.

3. Klimatpåverkan från jordbruket

De totala territoriella utsläppen av växthusgaser exklusive LULUCF i Sverige var 52,7 miljoner ton koldioxidekvivalenter år 2017. Jordbrukssektorns utsläpp av metan och lustgas stod för nästan 14 procent av dessa utsläpp. Sveriges jordbruk bidrar till utsläpp av växthusgaser i form av metan från djurens fodermältning, metan och lustgas från gödselhantering och lustgas från kväveomvandling i mark och redovisas i klimatrapporteringen²⁵ inom sektorn ”jordbruk”. Jordbruket bidrar även till utsläppen genom bland annat energianvändning till arbetsmaskiner, växthus och spannmålstorkar mm i sektorn ”energi”. Utsläppen från jordbruk och energianvändning uppgick 2017 till 7,2 miljoner ton koldioxidekvivalenter respektive 0,8 miljoner ton och det är dessa utsläpp som ingår i den icke-handlande sektorn och därmed omfattas av de svenska klimatmålen. Utsläppen från arbetsmaskiner, växthus och spannmålstorkar ingår dock inte i nedanstående scenarier men förutsätts ha minskat till nära noll 2045. Jordbruket bidrar även med nettoutsläpp av koldioxid genom kolförrådsförändringar i åkermark och betesmark, dessa redovisas i LULUCF-sektorn. (Se figur 2)

²⁵ I klimatrapporteringen till FN och EU redogör varje land för sina utsläpp inom sina respektive gränser (s.k. territoriella utsläpp). Detta innebär att utsläpp från produktion av varor som exporteras ingår, medan utsläppen vid produktion av varor som importeras inte ingår i ett lands beräkningar. Istället ska dessa utsläpp rapporteras i det land där produktionen sker.



Figur 2 Jordbrukets utsläpp av växthusgaser. Utsläppen från Djurs matsmältning, Lagring av stallgödsel, samt Utsläpp från jordbruksmark är de som inom klimatrapporteringen kategoriseras som "Jordbrukssektorn". Utsläpp och upptag av växthusgaser från organogena jordar (på både åker- och betesmark), betesmarker och åkermark ingår i sektorn "Markanvändning, Förändrad markanvändning och Skogsbruk". Arbetsmaskiner och Lokaler är kategorier inom "Energisektorn" inom rapporteringen. För utsläpp och upptag från markanvändning används medelvärde för 2008-2017.

3.1. Utsläpp av lustgas och metan från djurens fodersmältning, gödselhantering och jordbruksmark i sektorn jordbruk

Utsläppen av växthusgaser från jordbrukssektorn var 7,2 miljoner ton koldioxidekvivalenter år 2017, vilket var 6 procent lägre jämfört med 1990 års nivå.

Av dessa bidrog utsläppen av metan från *djurens fodersmältning* med 3 miljoner ton koldioxidekvivalenter år 2017, vilket var en minskning med 8 procent jämfört med 1990. Minskningen beror främst på en nedgång i antalet djur. Antal mjölkkor har minskat med ca 44 procent mellan 1990 och 2017 (från 576 000 till 322 000 kor) men takten har varit långsammare sedan 2010.

Utsläppen av metan och lustgas från *lagring av gödsel* bidrog med 0,6 miljoner ton koldioxidekvivalenter år 2017, en minskning med 3 procent jämfört med 1990. Mängden stallgödsel som lagras påverkas främst av antalet nötkreatur och grisar och utsläppen påverkas av hur gödseln hanteras. Till exempel avger flytgödselsystem mer metangas och mindre lustgas under lagring och spridning än system där gödseln hanteras i fast form tillsammans med strömedel. Sedan 1990

har en övergång skett till mer flytgödselsystem för mjölkkor och grisar samt mer djupbäddshantering för köttdjur.

Utsläppen av *lustgas från jordbruksmark* bidrog med 3,4 miljoner ton koldioxidekvivalenter år 2017, vilket är 4 procent lägre än 1990 års nivå. Lustgasutsläppen från jordbruksmark redovisas som direkta och indirekta utsläpp. De direkta utsläppen utgör den största delen (ca 90 procent) och omfattar t.ex. utsläpp från användning av mineralgödsel, spridning av stallgödsel, gödsel från betesdjur, slamspridning, upptag eller förlust av lustgas till följd av mineralisering genom odling av mineraljordar samt rester från skördade grödor. Resten är indirekta (mindre än 10 procent) och omfattar atmosfäriskt nedfall av kväveföreningar, såsom kväveoxider och ammoniak, och kväveläckage från åkermark.

3.2. Utsläpp och upptag av koldioxid från åkermark och betesmark

Utöver utsläpp av metan och lustgas sker det utsläpp och upptag av koldioxid från åkermark och betesmark på grund av kolförrädsförändringar i jordar och biomassa. Dessa utsläpp redovisas i klimatrapporeringen under sektorn ”markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk” (LULUCF).

En del av åkermarken utgör en stor källa till koldioxidutsläpp. Under en tioårsperiod (2008-2017) bidrar dränerad organogen jordbruksmark med utsläpp på i genomsnitt 3,4 miljoner ton koldioxidekvivalenter per år. För samma period har mineraljordar utgjort en liten sänka på i genomsnitt 0,5 miljoner ton koldioxid per år. Mineraljordarna uppvisar stor mellanårsvariation i utsläpp och upptag av koldioxid vilket i stor utsträckning beror på variationer i tillförsel av organiskt material till marken (rester av årlig skörd och tillförsel av naturgödsel). Den kontinuerliga inventeringen av kolförråd i åkermark pekar på att det sker en långsiktig uppbyggnad av kol i mineraljorden. Arealen åkermark har minskat sedan 1990 vilket i viss utsträckning påverkar utsläppen från denna marktyp.

Betesmark omfattar endast en procent av landarealen och de genomsnittliga årliga nettoupptagen har legat nära noll under perioden 1990-2017. I klimatrapporeringen omfattar marktypen betesmark endast naturbetesmarker medan vallar som betas hamnar i kategorin åkermark.

3.3. Utsläpp från jordbrukets energianvändning – arbetsmaskiner och lokaler

Utsläpp från fossila drivmedel som används i jordbruket för arbetsmaskiner, uppvärmning av jordbruksbyggnader och produktion av foder redovisas i energisektorn inom sektorn för arbetsmaskiner respektive sektorn för bostäder och lokaler och ingår alltså inte i de utsläpp som rapporteras inom jordbrukssektorn. Utsläppen från jordbrukets arbetsmaskiner var 0,6 miljoner ton koldioxidekvivalenter år 2017 och från jordbrukets lokaler 0,2 miljoner ton²⁶.

²⁶ Utsläpp från energianvändning för lokaler, växthus, torkar mm redovisas i sektorn egen uppvärmning av bostäder och lokaler. Användning av el och fjärrvärme inom jordbruket redovisas i sektorn el- och fjärrvärmeproduktion och ingår alltså inte i de 0,2 miljoner ton som uppges här.

4. Klimatåtgärder i jordbruket

Utsläppen från jordbruket kan minska genom olika åtgärder. Men det är inte möjligt att komma ner till nollutsläpp av växthusgaser i jordbrukssektorn eftersom dessa utsläpp i hög grad beror på biologiska processer som är svåra att kontrollera. Det finns en rad sammanställningar av åtgärder och dessas potentialer för att minska utsläppen av växthusgaser inom jordbrukssektorn^{27,28,29,30,31}. Åtgärderna för att minska utsläppen från jordbruket delas här in enligt:

- Åtgärder i jordbrukssektorn
 - Produktivitetshöjande åtgärder
 - Specifika åtgärder för att minska utsläppen av metan och lustgas från jordbrukssektorn
- Åtgärder för att minska utsläppen av fossil koldioxid från jordbrukets energianvändning (ligger utanför det som enligt klimatrapporteringen definieras som jordbrukssektorn)
- Åtgärder för att minska utsläppen eller öka upptaget av kol på åkermark och betesmark (ligger utanför det som enligt klimatrapporteringen definieras som jordbrukssektorn)
- Åtgärder för att öka produktionen av biobränslen från jordbruket vilket kan bidra till att minska utsläppen av fossila bränslen i andra sektorer.
- Utsläppen påverkas även av livsmedelskonsumtionens storlek och fördelning på olika produkter, se vidare i avsnitt 5.7.

Räknat i utsläpp per kg producerad produkt har svensk nötkött- och mjölkproduktion bland de lägsta utsläppen inom EU och svensk produktion bidrar dessutom till miljömålen Ett rikt odlingslandskap och Ett rikt växt- och djurliv. En minskad inhemsk produktion av mjölk- och nötkött innebär minskade territoriella utsläpp av växthusgaser, men om denna minskade produktion åtföljs av en motsvarande ökning i konsumtion av importerade livsmedel innebär detta en ökning av de globala växthusgasutsläppen.

²⁷ Jordbruksverket (2010) Minskade växtnäringens förluster och växthusgasutsläpp till 2016 – förslag till handlingsprogram för jordbruket.

²⁸ Jordbruksverket (2012) Ett klimatvänligt jordbruk 2050.

²⁹ Jordbruksverket (2018a) ur kan den svenska jordbrukssektorn bidra till att vi når det nationella klimatmålet?

³⁰ Olesen m fl. (2018) Virkemidler til reduktion af klimagasser i landbruget.

³¹ European Commission (2018). In-depth analysis in support on the COM(2018) 773: A Clean Planet for All.

Fokus i denna rapport är utsläppen av metan och lustgas från jordbrukssektorn så som den definieras enligt Sveriges klimatrapportering, men det görs även uppskattningar för övriga utsläppsområden. I referensscenariot och produktionsscenarioet ingår antaganden om produktivitetsoökningar. Nedan beskrivs de åtgärder som utöver ovan nämnda produktivitetsoökningar ingår som antaganden i åtgärdsscenarioet.

4.1. Produktionsåtgärder

Nedan beskriver vi ett urval av möjliga åtgärder för att minska utsläppen från jordbruket. Åtgärder som ingår som antaganden i åtgärdsscenarioet redovisas separat i avsnitt 5.3. I referensscenariot och produktionsscenarioet ingår antaganden om produktivitetsoökningar. Dessa beskrivs i 4.1.1.

4.1.1. Åtgärder för att minska utsläppen från jordbrukssektorn

PRODUKTIVITETSHÖJANDE ÅTGÄRDER

En resurseffektiv produktion innebär att utsläppen per mängd insatsvara eller per kg producerad produkt minskar. På animaliesidan handlar en ökad produktivitet bland annat om en ökad avkastning vad gäller kött- eller mjölk. En god djurhälsa och ett bra djurskydd gör också att produktiviteten ökar. Andra åtgärder är förbättrad avel samt en effektivare foderstat. På växtodlingssidan handlar det både om ett effektivt utnyttjande av växtnäring, ett bra utsäde och en god markstruktur som ger goda skördar, men också om ett bra växtskydd. På både animalie- och växtodlingssidan är det också viktigt med ett konkurrenskraftigt jordbruk och ägandestrukturer som medför att lantbrukaren har resurser och incitament att göra de investeringar som krävs, till exempel för att få en god dränering för att öka skördar och minska risken för översvämning eller i bevattningsutrustning för att kunna bevattna när det är torrt. I de scenarier vi tagit fram antas att arbetet med en ökad produktivitet fortsätter. Vi specificerar inte ytterligare här hur detta arbete ska genomföras.³²

SPECIFIKA ÅTGÄRDER FÖR ATT MINSKA UTSLÄPPEN AV METAN OCH LUSTGAS FRÅN JORDBRUKSSEKTORN

I de scenarier vi har tagit fram utgår vi ifrån de åtgärder som finns beskrivna i Bryngelsson m.fl. (2016)³³, men även beräkningar för minskade utsläpp från

³² För mer information, se t ex Jordbruksverket (2012) och Jordbruksverket (2018)

³³ Bryngelsson m fl. (2016). How can the EU climate targets be met? A combined analysis of technological and demand-side changes in food and agriculture.

lagring och spridning av rötad stallgödsel, det vill säga gödsel som rötas för produktion av biogas³⁴.

Flytgödselsystem i all nötkreatursproduktion. Övergång från fastgödsel och djupströ till flytgödsel minskar utsläppen av främst lustgas och ammoniak. Flytgödselhantering ger förutsättningar för förbättrat kväveutnyttjande jämfört med fastgödsel och djupströgödsel. Detta möjliggörs genom lägre förluster i hanteringskedjan och genom att jämnare spridning kan åstadkommas. Vid fastgödselhantering krävs också separat omhändertagande av urinen. Denna del av gödseln kan visserligen spridas jämnt med lämplig utrustning, men på grund av högt pH-värde kan förlusterna både vid lagring och efter spridning bli stora.

Myllning eller injektion vid spridning av flytgödsel. Detta minskar ammoniakutsläppen vid spridningen, och de totala kväveförlusterna från stallgödselhanteringen. Detta minskar i sin tur behovet av mineralgödsel och biologisk kvävefixering i växtodlingen.

Täckning av flytgödselbrunnar i kombination med möjlighet att bränna eller fackla gasen vid överproduktion eller driftsstopp i nöt-, lamm-, och grisproduktion för att minska utsläppen av metan. Täckningen leder även till att ammoniakavgången minskar och därmed även till att den indirekta lustgasavgången minskar.

Spridning av så kallade *nitrifikationshämmare*, vilka minskar utsläppen av lustgas från jordbruksmark. Genom att sprida ett kemiskt medel som hindrar mikroorganismernas omvandling av ammonium till nitrat minskar bildningen av lustgas. Hittills har man i Sverige testat några olika varianter med positivt resultat och i Nya Zeeland har man utvecklat ett preparat som minskat lustgasemissionerna med ca 70 %. I Nya Zeeland är det dock ej tillåtet att använda preparatet i ekologiskt jordbruk. Även om bieffekterna på växtligheten och människors hälsa anses ringa behövs studier för att uppskatta effekterna på längre sikt³⁵. Spridningen antas i åtgärdsscenarioet göras på all åkermark, inklusive den ekologiska arealen, men inte på permanenta betesmarker.

Fodertillsatser för nötkreatur och får för att minska bildningen av metan i fodersmältningen. Några exempel är användning av fett i foderstaten, betydelsen av förhållandet mellan grovfoder och kraftfoder samt användning av tanninrika fodermedel.

Rötning av stallgödsel i kombination med täckning av rötrestlager leder till minskade utsläpp från både lagring och spridning av gödseln samtidigt som

³⁴ Lantz & Björnsson. (2016). Emissioner av växthusgaser vid produktion och användning av biogas från gödsel

³⁵ Ming Yang m. fl. (2016). Efficiency of two nitrification inhibitors (dicyandiamide and 3, 4-dimethylpyrazole phosphate) on soil nitrogen transformations and plant productivity: a meta-analysis.

kväveutnyttjandegraden ökar, vilket leder till ett minskat behov av mineralgödsel och därmed även minskade utsläpp av lustgas. 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.

4.1.2. Åtgärder för att minska utsläppen från jordbrukets energianvändning

I Sveriges klimatmål till 2045 ingår att den svenska fordonsflottan ska vara fossilfri till 2030. Vi utgår därför ifrån att både den stationära energianvändningen samt jordbrukets arbetsmaskiner drivs av förnybara bränslen 2045.

Utsläppen från arbetsmaskiner energianvändning inom jordbruket ingår i den icke-handlande sektorn och målen för denna sektor innebär att alla sektorer behöver vara fossilfria år 2045. Tänkbara åtgärder för att minska utsläppen från jordbrukets arbetsmaskiner är till exempel effektivisering, minskad körning och användning av förnybara drivmedel, såsom biodrivmedel och el, istället för fossila drivmedel.

4.1.3. Åtgärder för att minska utsläppen eller öka upptaget av kol på åkermark och betesmark

Nedan redovisas förslag på åtgärder för att minska de utsläpp som är kvar år 2045 och som ska kompenseras med vad som kallas kompletterande åtgärder för att vi ska nå netto noll-utsläpp. Det finns flera sätt att göra detta men ett sätt är att öka kolinlagring i åkermark och betesmark. Vissa av dessa åtgärder minskar även utsläppen av lustgas från åkermark som redovisas i jordbrukssektorn. I denna studie delar vi in åtgärder för att utöka kolinlagringen på jordbruksmark i:

Förändrad kolinlagring orsakad av förändrad produktion på jordbruksmark.

Olika grödor och odlingssystem lagrar in mer kol än andra. Till exempel så binder vall in mer kol än ettåriga grödor. I denna studie styrs den förändrade produktionen inte av vilka grödor som ger störst inlagring av kol utan av ekonomiska parametrar i SASM-modellen. Därför är en förändrad produktion inte en åtgärd för att öka kolinlagringen i denna studie utan en sekundär effekt av andra mål.

Mellangrödor ökar kolinlagringen

Mellangrödor har en potential att öka inlagringen av kol utan att produktionen ändras. Denna potentiella ökning av kolinlagring beräknas vara 330 kg kol per hektar och år³⁶.

Åtgärder för ökad kolinlagring på mark i långliggande träda.

³⁶ Boliner, Freeman & Kätterer. (2017) Sammanställning av underlag för skattning av effekter på kolinlagring genom insatser i Landsbygdsprogrammet.

I scenarierna görs antaganden att det finns ett ekonomiskt stöd för att hålla mark som ej är lönsam att bruka i långliggande träda. Detta stöd skulle då syfta till att hålla landskapet öppet. Man skulle också kunna tänka sig en alternativ markanvändning för att t ex öka kolinlagringen. Det skulle i så fall kräva ett ännu högre stöd än för en träda. Exempel på alternativ markanvändning på dessa marker skulle kunna vara energigrödor eller energiskog. En åtgärd som minskar läckaget av koldioxid från jordbruksmark är återvätning av utdikade mulljordar. Om anläggnings- och skötselkostnaderna kan hållas låga, är återvätning av organogen jordbruksmark en effektiv klimatåtgärd per satsad budgetkrona jämfört med andra åtgärder³⁷.

Beskogning av mark som tagits ur produktion ökar kolinlagringen

I den här studien redovisar vi inte effekten på kolinlagringen av att jordbruksmark tas ur produktion. En andel av den totala jordbruksarealen tas ur produktion varje år. En del av denna areal används till byggnation av järnvägar, vägar eller bostäder vilket kommer resultera i minskade kolförråd. Den resterande arealen antas omföras till skog antingen passivt genom igenväxning eller genom aktiva skogsbruksåtgärder. Tillväxten och kolinlagringen är betydligt högre vid aktiv beskogning jämfört med passiv beskogning.

Beskogningens effekt på kolinlagring beror på vilket trädslag som planteras och på vilken mark det sker. Plantering av skog på jordbruksmark där det tidigare odlats vall kommer initialt att resultera i att markens kolförråd minskar men så småningom kommer kolförlusterna att kompenseras genom ökad kolinlagring i biomassa och mark. Beskogning med snabbväxande trädslag kommer snabbare att kunna kompensera kolförluster i marken med inlagring i biomassa jämfört med ett långsamväxande trädslag. För ett enskilt bestånd resulterar beskogningen i en inlagringseffekt under den första omloppstiden men som kvarstår så länge marken återplanteras efter avverkning. Den totala kolinlagringseffekten nationellt eller i ett enskilt landskap kan öka så länge ny mark beskogas.

Kolinlagringen kommer att avta på lång sikt

Ur klimatsynpunkt är det bra att vidta åtgärder för att öka kolinlagringen på jordbruksmark. På lång sikt kommer dock kolinlagringen att avta när den förstärkta kolinlagringen i jordar och växter på åkermark och betesmark närmar sig kolmättnad.

4.1.4. Åtgärder för att öka produktionen av biobränslen från jordbruket.

Sett ur ett nationellt perspektiv kan jordbrukssektorn även bidra till en ökad klimatnytta genom att producera biobränslen som har potential att ersätta fossila bränslen och kan minska utsläppen inom energisektorn. Biobränslen är bränsle från

³⁷ Jordbruksverket (2018b). Återvätning av organogen jordbruksmark som klimatåtgärd.

förnybart organiskt material. Exempel på sådant material är olika delar av växter, slam från reningsverk eller slaktavfall. Biobränslen kan vara gasformiga som biogas, flytande som etanol, eller fasta som till exempel ved, spannmål och träpellets³⁸. Torv räknas inte som ett biobränsle.

I denna studie diskuterar vi, utöver minskade utsläpp inom jordbrukssektorn och ökad inlagring av kol även potentialen att öka produktionen av biobränslen. Dessa mål kan ibland stå emot varandra. Exempelvis kan ett ökat uttag av halm för bioenergi minska markens kolförråd jämfört med om halmen hade lämnats kvar på åkern. Å andra sidan ger odling av vall och energiskog för bioenergi högre kolinlagring än ettåriga grödor.

Idag används en del av den spannmål som produceras i Sverige till bioetanol. I scenarierna i denna studie görs ingen skillnad i om spannmålen används till livsmedel eller till bränsle. I dagsläget är det dock inte troligt med en utökad produktion av etanol från livsmedelsgrödor eftersom endast en begränsad mängd sådana bränslen kan ingå som det som klassas som hållbara drivmedel inom det som kallas reduktionsplikten, det vill säga de krav som ställs på inblandning för fossila bränslen inom det som i Sverige kallas bränslebytet.

I dessa scenarier har vi istället räknat på potentialen att öka produktionen av biobränslen från energiskog, restprodukter samt gödselbaserad biogas:

1. Energiskog kan planteras på mark som ej längre aktivt brukas men som inte är övergiven.
2. Från restprodukter inom jordbruket kan man producera biogas eller etanol. Exempel på restprodukter är halm, blast, mellangrödor och vall som odlas på överbliven mark³⁹.
3. Genom att producera biogas av stallgödsel minskar utsläppen av växthusgaser från lagring och spridning (se kapitel 4.1). Biogasen kan dessutom användas för att substituera fossila bränslen, antingen i form av uppvärmning eller så kan man av biogasen producera flytande biogas som kan ersätta fossila drivmedel.

Biokol kan produceras av jordbrukets restprodukter

Restprodukter som inte behövs för att producera bioenergi och ersätta fossila bränslen kan bidra med klimatnytta genom att utgöra råvara för produktion av biokol. Biokol är förkolnad biomassa. Det tillverkas genom upphettning av biomassa i en syrefattig miljö i en process som kallas pyrolys. Det resulterar i en stabil långlivad produkt som liknar träkol. Biokolet lagrar det mesta av det ursprungliga kolet i en form som är motståndskraftig mot nedbrytning i jorden och

³⁸ Skogsstyrelsen (2017). Bioenergi på rätt sätt.

³⁹ Prade m fl. (2016). Can domestic production of iLUC-free feedstock from arable land supply Sweden's future demand for biofuels?

som stabiliserar det organiska materialet som tillförs marken. Genom att tillföra biokol ökar kolförrådet i marken.

Vid biokolsproduktion kan det även skapas ett överskott på värme som kan användas för att värma bostäder eller i industriella processer som kräver värme. En del produktionsmetoder innebär att det skapas biprodukter som bioolja och syntesgas vilka har ett värde och kan göra biokolsproduktionen mer lönsam. Det skulle kunna vara möjligt att byta ut halmpannor som används på många gårdar mot pyrolysanläggningar och tillföra biokol till marken. Det är även möjligt att producera biokol med råvara från odling av energiskog⁴⁰.

I denna studie redovisar vi dock inte effekten på kolinlagringen av att producera och använda biokol som jordförbättringsmedel.

⁴⁰ Ericsson N m.fl..2017.

5. Scenarierna - resultat

För att vi ska klara klimatmålen behöver alla sektorer bidra med åtgärder som ger utsläppsminskningar. Detta gäller även för jordbrukssektorn som ändå kan ha utsläpp kvar år 2045, eftersom det inte är möjligt att minska utsläppen till noll vid en fortsatt livsmedelsproduktion. För att illustrera hur jordbrukssektorn kan bidra har några scenarier till 2045 tagits fram till denna rapport.

Som utgångspunkt har ett referensscenario och ett scenario som inkluderar några av livsmedelsstrategins mål tagits fram. Ett av Livsmedelsstrategins mål är att produktionen ska öka vilket innebär, om inga ytterligare åtgärder sätts in, att utsläppen av växthusgaser också ökar. Därefter presenteras ett scenario som illustrerar effekten av åtgärder i produktionen.

I denna studie använder vi oss av två modeller och en rad antaganden. Dels har en ekonomisk modell för svenskt jordbruk, SASM (Swedish Agricultural Sector Model)⁴¹, använts och dels har en biofysisk modell över jordbrukets och matkonsumtionens utsläpp använts, ALBIO. (Agricultural Land use and BIOMass flows model)⁴²

Scenarierna för ändrad produktion bygger på SASM-modellen som är en ekonomisk jämviktsmodell. Modellen använder sig av prisprognoser och i vårt arbete använder vi oss av framskrivningar av observerade trender. Det finns dock en rad faktorer som påverkar framtida priser och produktionsnivåer som inte med säkerhet går att förutse eller som inte ingår i modellantaganden i SASM, till exempel framtida geopolitik, förändrad efterfrågan på olika jordbruksprodukter, samt klimatförändringars påverkan på skördenivåer.

Den andra modellen, ALBIO-modellen, räknar på utsläppen av växthusgaser från livsmedelsproduktionen. Här ligger osäkerheterna i att utsläppen många gånger är platsspecifik och väderberoende vilket gör att utsläpp måste beräknas med hjälp av emissionsfaktorer. Dessutom är flera av åtgärderna i modellen under utveckling vilket ytterligare ökar osäkerheten om hur stor effekten av dessa åtgärder är på utsläppsminskningarna.

I avsnitt 5.1–5.3 redovisas scenarier för jordbrukssektorn⁴³:

⁴¹ Jonasson (2018) Scenarier för jordbrukets klimatpåverkan med livsmedelsstrategin och ändrad konsumtion.

⁴² Wirsenius (2019). Utsläpp av växthusgaser från svensk produktion och konsumtion av mat år 2045

⁴³ Med jordbrukssektorn avses här utsläpp av metan och lustgas från djurens fodermätning, gödselhantering och jordbruksmark så som det redovisas i klimatrapporteringen till EU och UNFCCC

- *Referensscenario*

Detta scenario baseras på trendframskrivningar och antaganden om en liknande EU-politik som förs idag. Produktionsnivåer för olika delsektorer inom jordbruket har tagits fram med hjälp av SASM-modellen och beräkningar av växthusgasutsläpp har gjorts med metodik enligt internationella rapporteringsriktlinjer. SASM-modellen används även för internationell rapportering av referensscenarier för jordbrukssektorn till EU och UNFCCC.

- *Scenario med ökad produktion (Produktionsscenario),*

Här antas en del av livsmedelsstrategins mål som en ökad produktion, en ökad areal för ekologisk produktion samt bevarande av betesmarksarealer. Produktionsnivåer har tagits fram med hjälp av SASM-modellen och beräkningar av växthusgasutsläpp görs med metodik enligt internationella rapporteringsriktlinjer och även med ALBIO-modellen som kalibrerats med data från SASM-modellen.

Scenario med ökad produktion och klimatåtgärder (Åtgärdsscenario) Här antas en produktion i enlighet med produktionsscenariot som kompletteras med att åtgärder för att minska utsläppen av växthusgaser genomförs. Utsläppsminskningar grundas på utsläpp från produktionsscenariot och är beräknat med ALBIO-modellen samt egna beräkningar. Potentiella åtgärder i jordbrukets produktion för att minska utsläppen av växthusgaser och därmed bidra till såväl klimatmålen som livsmedelsstrategins mål har identifierats i tidigare rapporter och används här i ett åtgärdsscenario⁴⁴.

I avsnitt 5.4-5.5 redovisas effekter på andra utsläppssektorer, på kolinlagring inom LULUCF-sektorn och på möjligheten att producera biobränsle. Utöver minskningar av metan och lustgas inom jordbrukssektorn har även potentialer för att minska utsläppen inom jordbrukets energianvändning skattats samt potentialer för att öka inlagringen av kol i jordbruksmark. För kolinlagring baseras dessa skattningar på potentialberäkningar för kolinlagring^{45 46} och arealer från simuleringar med SASM-modellen. Dessutom har potentialer för att öka produktionen av bioenergi på jordbruksmark skattats till stora delar baserat på beräkningar av Prade m fl.⁴⁷

Även ändrade konsumtionsmönster påverkar de globala utsläppens storlek och i avsnitt 5.6 redovisas utsläpp från livsmedelskonsumtion samt möjliga åtgärder för

⁴⁴ Åtgärderna som har identifierats kommer från Bryngelsson (2016) och som är inkluderade i ALBIO-modellen samt från andra källor när det gäller rötning

⁴⁵ Bolinder, Freeman & Kätterer (2017) Sammanställning av underlag för skattning av effekter på kolinlagring genom insatser i Landsbygdsprogrammet.

⁴⁶ Bolinder & Kätterer (2019) PM Analysera långsiktiga effekter på kolbalansen av åtgärder på jordbruksmark, s 30.

⁴⁷ Prade m. Fl (2017) Can domestic production of iLUC-free feedstock from arable land supply Sweden's future demand for biofuels?

att minska utsläppen och scenarier för hur utsläppen kan utvecklas vid förändrade konsumtionsmönster.

- *Konsumtionsscenario* med åtgärder genom förändrad konsumtion

Beräkningar av effekten av konsumtionsåtgärder (50 respektive 75 procents minskad nötköttkonsumtion) för att minska utsläppen från svensk produktion och konsumtion. Utsläppsminskningar grundas på utsläpp från produktionsscenario beräknat med ALBIO-modellen. Produktionsnivåer baseras på produktionsscenario för alternativet med 50 procent minskad nötköttkonsumtion medan produktionsnivåerna modifierats för alternativet med 75 procent minskad nötköttkonsumtion.

- *Konsumtions- och åtgärdsscenario*

Scenariot är en kombination av åtgärdsscenario och konsumtionsscenario men endast beräknad på utsläppsminskningar med ALBIO-modellen. Här ingår följaktligen effekter av åtgärder i både produktion och med förändrad konsumtion.

Osäkerheter och begränsningar

I denna studie använder vi oss av två modeller och en rad antaganden om framtida produktion. Eftersom det handlar om spekulativa scenarier finns det inget som säger att resultaten som redovisas är troliga eller ens praktiskt möjliga. Det finns en rad antaganden i SASM-modellen som gör att resultaten är behäftade med stora osäkerheter. Till exempel så antas alla lantbrukare göra det som är mest lönsamt för dem med de ekonomiska, politiska och tekniska förutsättningar som specificerats i respektive scenario i modellen. Detta är ett rimligt modellantagande men återspeglar inte helt verkligheten.

Scenarier som sträcker sig många år framåt i tiden är alltid mycket osäkra. Redan i scenariot för år 2030 finns stor osäkerhet. De prognoser som ligger till grund för scenariot är osäkra i sig. De sträcker sig dessutom bara till år 2027 och sedan har trenderna dragits ut tre år till. I detta läge är det ganska uppenbart att osäkerheten ökar ytterligare när trenderna för priser, växelkurser, inflation, löner, produktivitet med mera dras ut ytterligare 15 år för att komma till år 2045. SASM-modellen tar inte heller hänsyn till effekterna av ett förändrat klimat och till exempel en ökad förekomst av extremväder på framtida skördenivåer.

Beräknade potentialer för utsläppsminskningar är också osäkra. Det går inte med säkerhet att uppskatta hur stor potentialen är för olika åtgärder år 2045 och därför bygger scenarier om utsläppsminskningar på ganska grova uppskattningar.

En annan begränsning är att modellerna inte mer än i undantagsfall kvantifierar effekterna på övriga miljömål eller effekterna av scenarierna på möjligheten att leva och verka på landsbygden. Därför bli utvärderingen av dessa effekter kvalitativ snarare än kvantitativ.

Studien säger heller ingenting om eller hur scenarierna som beskrivs i studien ska nås. För att åstadkomma de utsläppsminskningar som scenarierna beskriver krävs åtgärder på många fronter. Jordbruksbranschen arbetar redan med dessa frågor men det kommer att krävas stora insatser från både bransch och det allmänna för att minska utsläppen inom jordbrukssektorn på ett sätt som gör att man inte riskerar den inhemska produktionen och därmed en export av utsläppen, vilket går emot generationsmålet.

5.1. Referensscenario

Ett referensscenario för sektorn ”jordbruk” har tagits fram som redovisar hur utvecklingen kan se ut med dagens beslutade styrmedel. Referensscenariot bygger på befintliga styrmedel år 2018 och på antaganden om bland annat priser och produktivitet samt tillgängliga arealer och byggnader⁴⁸. Priserna baseras på prognoser från OECD och FAO till 2027 som har skrivits fram till 2045.

Referensscenario för jordbrukssektorn år 2030 och 2045

Utsläppen från jordbrukssektorn beror till stor del på omfattningen av djurhållningen och gödselanvändningen i landet. Utsläppstrenden i sektorn är svagt minskande sedan 1990, samtidigt som utsläppen har ökat något de senaste åren. Den långsiktiga trenden förklaras främst med produktivitetsökningar, minskad djurhållning och därmed minskad mängd stallgödsel samt att användningen av mineralgödsel är lägre jämfört med 1990.

Enligt referensscenariot beräknas utsläppen fortsätta att minska i ungefär samma takt som hittills, vilket innebär att utsläppen av växthusgaser beräknas minska från 7,2 miljoner ton koldioxidekvivalenter år 2017 till 6,2 miljoner ton år 2030 och till 6 miljoner ton år 2045⁴⁹. Utsläppen beräknas då bli 22 procent lägre år 2045 jämfört med 1990. Dessa utsläpp beräknas enligt samma metodik som dagens internationella klimatrapportering⁵⁰ och baseras på arealer och djurantal från simuleringarna med SASM-modellen⁵¹. Utsläppen bedöms minska till följd av att antalet nötkreatur fortsätter att minska vilket främst är en följd av en förväntad fortsatt ökad produktivitet och antagna minskande produktpriser⁵². Denna minskning beräknas från fodersmältning, gödselhantering och jordbruksmark, där utsläppen från fodersmältning minskar mest.

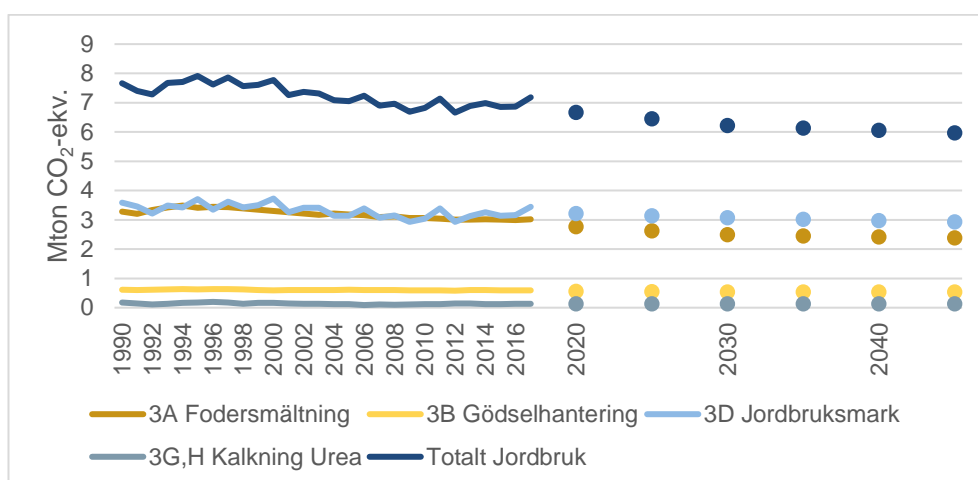
⁴⁸ Referensscenariot har tagits fram med SASM-modellen.

⁴⁹ Report for Sweden on assessment of projected progress, March 2019.

⁵⁰ National Inventory Report Sweden (2019).

⁵¹ Jonasson (2018) Scenarier för jordbrukets klimatpåverkan med livsmedelsstrategin och ändrad konsumtion.

⁵² OECD/FAO. 2018. OECD-FAO Agricultural outlook 2018-2027. OECD Publishing.



Figur 3. Utsläpp av växthusgaser från jordbrukssektorn totalt och uppdelat per delsektor, historiska utsläpp 1990-2017 och scenario till 2050 (SASM-modellen).

Referensscenariot indikerar att den producerande mängden kan förväntas öka, samtidigt som det på grund av den antagna produktivitetsökningen kommer att behövas mindre areal, mindre mängd kvävegödsel och färre personer inom jordbrukssektorn. Produktionen av mjölk beräknas öka trots att antal mjölkkor minskar till följd av högre produktion per ko. Mjölproduktionen antas öka med 1 procent per ko och år vilket ligger relativt väl med trenden både på riktigt lång och något kortare sikt. De senaste åren har dock takten avtagit vilket innebär att det finns risk för att det kan vara svårt att nå upp till den antagna ökningstakten. Även produktion av ägg beräknas öka mer än antal värphöns och det blir högre skördar per hektar. Skördarna per hektar antas öka med 0,5 procent per år, vilket är lågt räknat ur ett långsiktigt perspektiv men stämmer ganska bra i ett kortare tidsperspektiv⁵³. Genomgående minskar behovet av produktionsmedel trots ökad produktion då den antas bli mer effektiv. Värdet av produktionen förväntas minska något på grund av reallt sjunkande priser. Scenarierna baseras på prisprognoser från OECD och FAO som förutspår reallt sjunkande priser på världsmarknaden och EU-marknaden. Historiskt har priserna sjunkit. Produktivitetsutvecklingen är en av flera anledningar till att priserna kan sjunka.

I scenariot ökar produktionen av alla produkter utom nötkött, vilket minskar av flera anledningar. Antalet mjölkkor minskar genom ökad avkastning per ko, antalet dikor minskar till följd av låg lönsamhet och priset på nötkött beräknas ha en svagare utveckling på EU-marknaden än andra produkter enligt prisprognosen från OECD/FAO.

En viss areal jordbruksmark tas bort årligen, t ex på grund av vägbyggen, järnväg och bostäder och ett bortfall antas fortsätta i referensscenariot baserat på den historiska trenden. Arealen jordbruksmark i referensscenariot minskar dock mer än

⁵³ Scenariot tar dock ej hänsyn till variationer enskilda år, t ex torka.

det trendmässiga bortfallet vilket leder till att en större areal läggs i träda. Det gör att stöden inom EU i detta scenario justeras för att inte denna areal helt ska tas ur produktion. Djurhållningen har inte lika tydligt mönster. Antalet grisar, höns och kycklingar beräknas öka medan antalet nötkreatur beräknas minska. De olika scenariernas effekter på produktion, arealer och djurantal beskrivs i mer detalj i Bilaga B samt i en underlagsrapport⁵⁴.

Någon känslighetsanalys har inte genomförts inom ramen för detta uppdrag. Tidigare studier har dock visat att prisantaganden för *jordbrukssektorns* produkter har betydelse för scenariorisultatet från SASM-modellen. Andra parametrar som är viktiga är antaganden om produktion och produktivitet. Om nuvarande trender vad gäller produktions- och produktivitetens utvecklingen bryts bedöms utsläppen i jordbrukssektorn kunna hamna högre eller lägre jämfört med referensfallet. En tidigare körning med SASM-modellen⁵⁵ visar att utsläppen påverkas mer om produktpriserna ändrades med 10 procent än om produktivitetens ökning sänktes till hälften av den som antagits i referensfallet.

5.2. Scenario med ökad produktion (Produktionsscenario)

Enligt livsmedelsstrategin ska produktionen öka samtidigt som relevanta miljömål nås. I regeringens handlingsplan finns även mål om att andelen ekologisk produktion ska öka.

I referensscenariot ökade andelen ekologisk jordbruksmark och för 2030 är andelen 15 procent, medan utsläppen av växthusgaser minskade med 6 procent samtidigt som produktionen ökade. Även om dessa resultat delvis överensstämmer med målen i livsmedelsstrategin så är den ökade produktionen marginell och arealen betesmark fortsätter i detta scenario att minska. I följande scenario illustreras därför hur utsläppen kan påverkas till följd av gällande handlingsplan genom följande antaganden:

- Produktionsvärdet för livsmedelsproduktionen ökar med 10 procent jämfört med en referensperiod
- Andelen ekologisk jordbruksmark ökar med 30 procent fram till 2030 (i enlighet med nuvarande handlingsplanen)
- Arealen betesmark får inte minska (för att inte försämra förutsättningarna för miljömålet om biologisk mångfald)

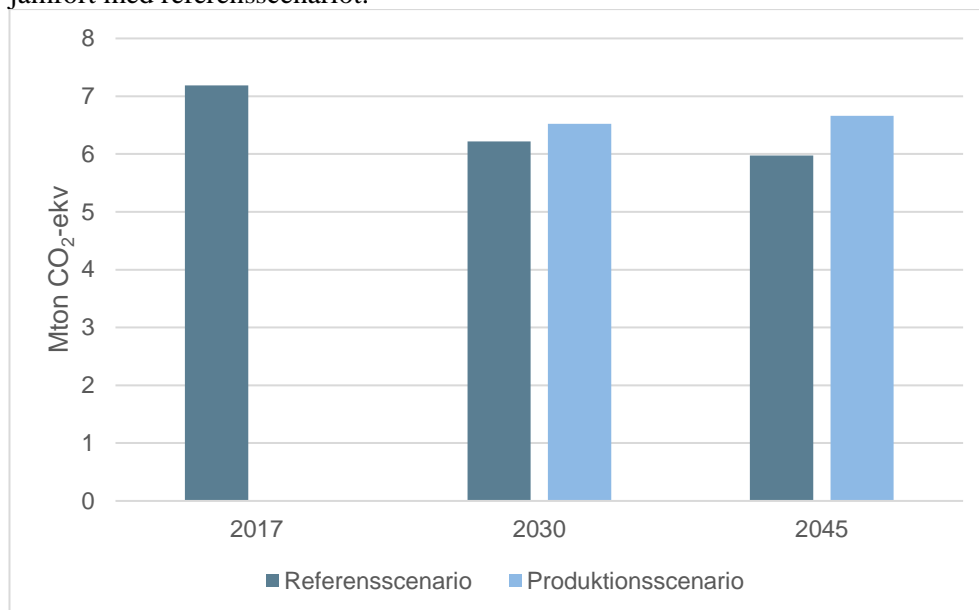
⁵⁴ Jonasson (2018). Scenarier för jordbrukets klimatpåverkan med livsmedelsstrategin och ändrad konsumtion.

⁵⁵ Jordbruksverket. 2014. Utsläpp av växthusgaser från jordbrukssektorn 2020-2035.

Då det inte är specificerat i livsmedelsstrategin hur mycket produktionen ska öka eller hur det ska mätas så tolkas målet här som att produktionsvärdet (värdet av de produkter som jordbruket producerar) ska öka med 10 procent jämfört med åren 2010-2014. Valet av basår har gjorts för att ge samstämmighet med den beräkningsmetod som LRF använder för sina strategiska mål.⁵⁶

Det finns många tänkbara åtgärder för att öka produktionsvärdet. I produktionsscenario antas tre åtgärder genomföras; teknikutveckling för att hektarskördarna ska öka snabbare, insatser så att priserna på svenskt nötkött inte sjunker lika mycket som för importerat kött och insatser för att inte exportpriset på ekologiska produkter ska sjunka lika mycket som för konventionella produkter. En förbättring av priserna på 20 procent antas och den årliga skördeökningen ökar från 0,5 procent till 0,6 procent per år. Med dessa tre antaganden ökar produktionsvärdet med cirka 10 procent⁵⁷.

Resultaten visar att utsläppen i produktionsscenario ökar jämfört med referensscenario och beräknas vara nästan 7 miljoner ton år 2045. Utsläppen av växthusgaser beräknas bli högre främst till följd av antagna åtgärder för att öka produktionsvärdet vilket ger ett ökat antal nötkreatur och ökad foderproduktion jämfört med referensscenario.



Figur 4. Utsläpp av växthusgaser från jordbrukssektorn, historiska utsläpp 2017 och referensscenario och produktionsscenario till 2030 och 2045 (beräkningar enligt SMED och baserat på resultat från SASM)

⁵⁶ Vid uppföljning och utvärdering av livsmedelsstrategin använder Jordbruksverket förädlingsvärdet (som visar bidraget till BNP) för att mäta produktionen.

⁵⁷ Jonasson (2018). Scenarier för jordbrukets klimatpåverkan med livsmedelsstrategin och ändrad konsumtion.

De största effekterna av de antagna åtgärderna i produktionsscenarioet på produktionsvärdet uppstår för mjölk, nötkött och ekologiskt mervärde. Hade det ekologiska mervärdet istället fördelats på produkterna hade även spannmål ökat i värde. Skördeökningen som följer av antagandet om högre skördar per hektar motverkas av en ökad andel ekologisk produktion där hektarskördarna är lägre. Det blir också något mindre areal spannmål i detta scenario jämfört med referensscenarioet. Ett ökat antal nötkreatur och ökad andel ekologisk produktion gör att arealen vall behöver öka för att täcka djurens behov av grovfoder. Därmed trängs spannmålen i viss mån undan även om mycket av den extra vallarealen är mark som annars skulle legat i långliggande träda. De olika scenariernas effekter på produktion, arealer och djurantal beskrivs i mer detalj i Bilaga B samt i en underlagsrapport ⁵⁸.

5.3. *Scenario med ökad produktion och klimatåtgärder (Åtgärdsscenario)*

Om produktionen ska kunna öka behöver åtgärder genomföras för att samtidigt minska utsläppen av växthusgaser. I detta scenario illustreras potentialen att minska utsläppen från jordbrukssektorn utan att minska produktionsvolymerna. Dessa åtgärder exkluderar produktivetsförbättringar genom t ex förbättrad teknik och förändrade produktionssystem som redan ingår inom referensscenarioet och produktionsscenarioet och därmed också i detta åtgärdsscenario. Detta scenario utgår ifrån utsläppsnivån i produktionsscenarioet där målen för ökat produktionsvärde i livsmedelsstrategin och för ökad ekologisk areal i handlingsplanen uppfylls.

Inom ramen för denna studie har ett antal åtgärder i sektorn jordbruk inkluderats i en modellkörning⁵⁹. De åtgärder som valts är:

1. Flytgödselsystem i all nötkreatursproduktion. Övergång från fastgödsel och djupströ till flytgödsel minskar utsläppen av främst lustgas och ammoniak.
2. Myllning eller injektion vid spridning av flytgödsel. Detta minskar ammoniakutsläppen vid spridningen, och de totala kväveförlusterna från stallgödselhanteringen. Detta minskar i sin tur behovet av mineralgödsel och biologisk kvävefixering i växtodlingen.
3. Täckning av flytgödselbrunnar i kombination med fackling i nöt-, lamm-, och grisproduktion för att minska utsläppen av metan. Antagen minskning av metan är 90% och implementeringsgrad 80%.

⁵⁸ Jonasson (2018). Scenarier för jordbrukets klimatpåverkan med livsmedelsstrategin och ändrad konsumtion.

⁵⁹ För denna beräkning har ALBIO-modellen använts.

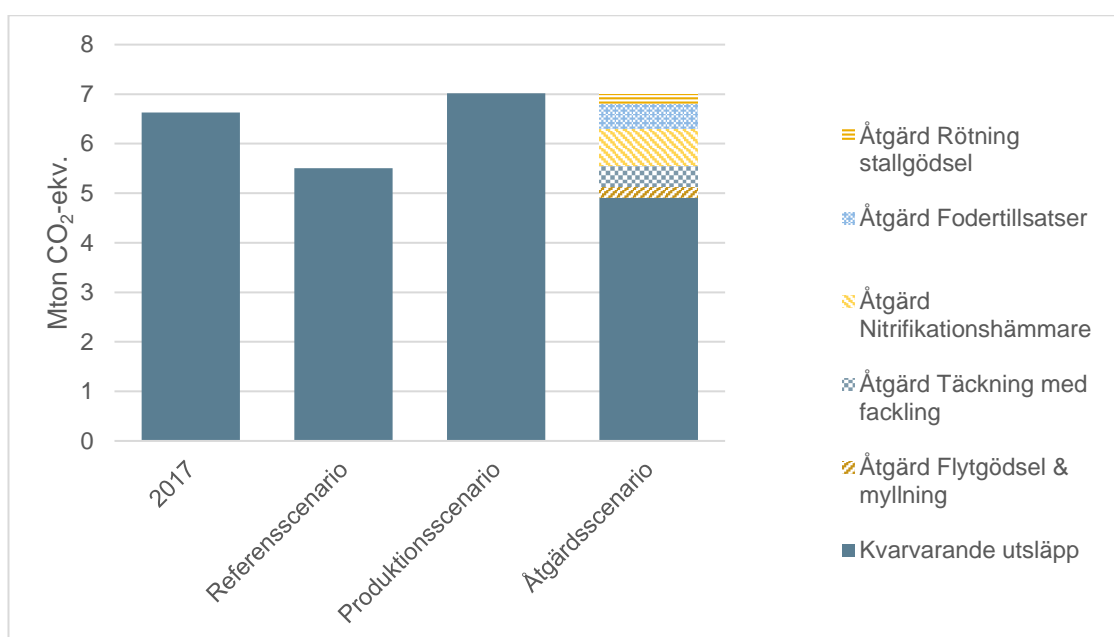
4. Spridning av så kallade nitrifikationshämmare, vilka minskar utsläppen av lustgas från jordbruksmark. Spridning antas göras på all åkermark, men inte på permanenta betesmarker. Antagen minskning av lustgas är 40% och implementeringsgrad 95%.
5. Fodertillsatser för nötkreatur och får för att minska bildningen av metan i fodersmältningen. Antagen minskning av metanutsläppen är 20% och implementeringsgrad 80%.
6. Rötning av stallgödsel i kombination med täckning av rötrestlager leder till minskade utsläpp från både lagring och spridning av gödseln samtidigt som kväveutnyttjandegraden ökar, vilket leder till ett minskat behov av mineralgödsel.

Effekterna av dessa åtgärder har kvantifierats och modellresultaten visar på en potential att minska utsläppen med upp till ca 2 miljoner ton år 2045 jämfört med produktionsscenarioet, vilket motsvarar en minskning på 28 procent av jordbrukssektorns utsläpp år 2045 jämfört med produktionsscenarioet. Det innebär att utsläppen kan minska samtidigt som produktionsmålen inom livsmedelsstrategin nås. Detta utgår dock från en optimistisk bedömning av åtgärdernas potential och i scenariot förutsätts att styrmedel implementeras så att åtgärderna genomförs. En mer konservativ bedömning skulle innebära att en minskning på 1,5 – 2 miljoner ton eller med 20-25 procent skulle kunna vara möjlig.

De minskade utsläppen som genereras av de olika åtgärderna beräknas baserat på simuleringar i ALBIO-modellen samt egna beräkningar för ökad rötning av stallgödsel. Beräkningarna görs på en framtida produktion för år 2045 i enlighet med produktionen i produktionsscenarioet. Den åtgärd som enligt antaganden i åtgärdsscenarioet har störst potential att minska utsläppen inom jordbrukssektorn är nitrifikationshämmare, som genererar minskade utsläpp på nästan 0,8 miljoner ton, men den har också störst osäkerhet vad gäller möjlighet att implementera. Fodertillsatser och täckning med fackling beräknas minska utsläppen med nästan 0,5 respektive ca 0,4 miljoner ton koldioxidekvivalenter. Övergång till flytgödsel i kombination med nedmyllning samt en ökad rötning av stallgödsel beräknas båda minska utsläppen med ca 0,2 miljoner ton koldioxidekvivalenter.

I detta scenario utgår vi från metodiken att beräkna växthusgasutsläpp enligt ALBIO-modellen. De totala utsläppen skiljer sig något mellan de beräkningar som gjorts i ALBIO jämfört med de som gjorts med hjälp av SASM. För år 2017 kalibreras ALBIO-modellen med hjälp av observerade data och utsläppen från jordbrukssektorn enligt ALBIO-modellen blir då 6,6 miljoner ton koldioxidekvivalenter, medan de rapporterade siffrorna var 7,2 miljoner ton. De utsläpp som inte ingår då är t ex utsläpp från hästar, getter, renar och indirekta utsläpp. Simuleringarna med SASM, ger en minskning av utsläppen i produktionsscenarioet till 6,7 miljoner ton koldioxidekvivalenter, medan utsläppen

enligt simuleringarna med ALBIO-modellen blir 7,0 miljoner ton koldioxidekvivalenter. Båda modellerna ger alltså utsläpp på ungefär 7 miljoner ton koldioxidekvivalenter år 2045 för produktionsscenarioet men ALBIO-modellen ger en ökning av utsläppen på ca 6 procent, medan SASM-modellen ger minskade utsläpp med 7 procent. Inga beräkningar har gjorts för referensscenariot med ALBIO-modellen. Så för att kunna jämföra resultaten i åtgärdsscenarioet beräknat enligt ALBIO-modellen med referensscenariot antas utsläppen i referensscenariot för dessa jämförelser minska relativt 2017 lika mycket som för beräkningarna enligt internationella rapporteringsriktlinjer.



Figur 5 . Utsläpp och utsläppsminskningar i åtgärdsscenarioet jämfört med referensscenariot och produktionsscenarioet samt utsläppen för 2017.

5.4. Effekter på kolinlagring av förändrad markanvändning

Utöver att minska utsläppen av metan och lustgas inom jordbrukssektorn⁶⁰ är det möjligt att öka inbindningen av kol i jordbruksmark vilket redovisas i LULUCF-sektorn. Nedan redovisas uppskattningar för att öka inlagringen av kol bland annat baserat på tillgänglig areal långliggande träda från referensscenariot och produktionsscenarioet. Metodiken för beräkningarna redovisas i detalj i Bilaga A. Notera att beräkningarna av kolförrådsförändringar är osäkra och inte är huvudfrågan i denna rapport.

⁶⁰ Med utsläpp från jordbrukssektor avses här de utsläpp som omfattas av jordbrukssektorn i internationella rapporteringsriktlinjer, dvs utsläpp från djurens fodermätning, gödselhantering och jordbruksmark.

5.4.1. Effekter av förändrad markanvändning på kolinlagringen i mark

Vid en förändrad markanvändning till exempel om mark övergår från att odlas med ettåriga grödor till vall, eller i motsatt riktning, förändras också kolinlagringen. En överslagsräkning gav att nettoeffekten av denna förändrade markanvändning inom det som klassas som jordbruksmark resulterar i en minskad kolinlagring motsvarande ca 0,1 miljoner ton koldioxidekvivalenter för referensscenariot och produktionsscenario jämfört med 2017. Bolinder och Kätterer⁶¹ uppskattade, baserat på samma arealer att nettoeffekten borde vara noll. Eftersom osäkerheterna i dessa beräkningar är stora och vi heller inte kan ta hänsyn till dynamiken i kolinlagringen är det rimligt att anta en netto-noll-effekt på kolinlagringen av en förändrad markanvändning på arealen som är jordbruksmark.

Den areal som enligt modellantaganden i referensscenariot och produktionsscenario blir övergiven antas bli beskogad antingen passivt genom igenväxning eller genom aktiva skogsbruksåtgärder. Tillväxten och kolinlagringen är betydligt högre vid aktiv beskogning jämfört med passiv beskogning.

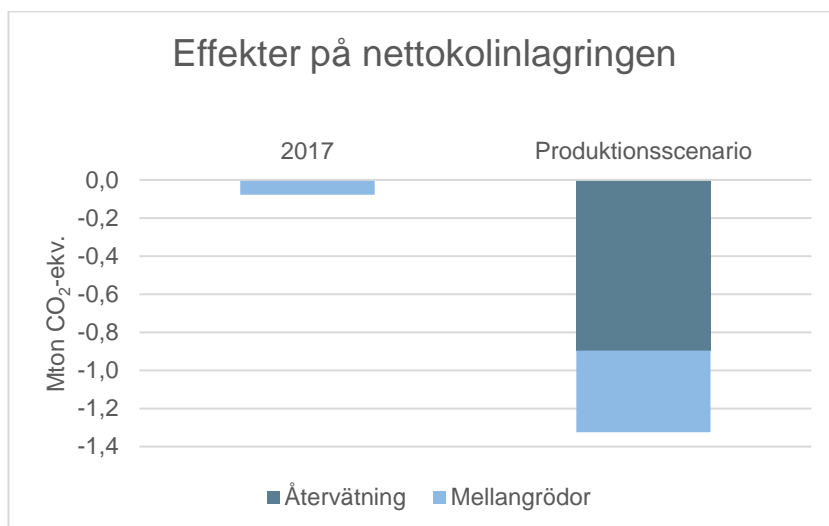
Beskogningens effekt på kolinlagring beror på vilket trädslag som planteras och på vilken mark det sker. Plantering av skog på jordbruksmark där det tidigare odlats vall kommer initialt att resultera i att markens kolförråd minskar men så småningom kommer kolförlusterna att kompenseras genom ökad kolinlagring i biomassa och mark. Beskogning med snabbväxande trädslag kommer snabbare att kunna kompensera kolförluster i marken med inlagring i biomassa jämfört med ett långsamväxande trädslag. För ett enskilt bestånd resulterar beskogningen i en inlagringseffekt under den första omloppstiden men som kvarstår så länge marken återplanteras efter avverkning. Den totala kolinlagringseffekten i ett landskaps- eller nationellt perspektiv kan öka så länge ny mark beskogas. Sammantaget bedöms beskogning av mark som tagits ur produktion resultera i betydande kolinlagring. Effekten på kolinlagring genom beskogning redovisas dock inte i denna rapport.

5.4.2. Åtgärder för ökad kolinlagring

I referensscenariot och produktionsscenario finns en andel av arealen i scenarierna som enligt modellresultatet inte är tillräckligt lönsamma för att brukas aktivt. I grundscenarierna blir dessa arealer långliggande träda, som upprätthålls genom utökade stöd inom EU. I åtgärdsscenario antas att istället för stöd till aktiv träda kan få stöd som motsvarar de ökade kostnaderna för alternativ markanvändning. I detta fall räknas på återvätning av organogen mark samt ökad areal för produktion av energiskog.

⁶¹ Bolinder & Kätterer (2019). PM Klimatpolitiska vägvalsutredningen.

I genomsnitt är 5% av all åkermark och 6% av all betesmark organogen i Sverige⁶². Dessa marker står för utsläpp av koldioxid på 3,5 miljoner ton samt att de läcker lustgas motsvarande 1,1 miljoner ton koldioxidekvivalenter. Potentialen att minska dessa utsläpp är därför stor. I Jordbruksverkets underlag till Färdplan 2050⁶³ beräknas 85 000 hektar organogen mark som ligger på vall eller i träda kunna återvätas. I en senare studie av Jordbruksverket⁶⁴ beräknas den ekonomiskt och tekniskt realiserbara potentialen vara betydligt mindre än den tekniska potentialen. Här skattar vi att hälften av denna areal kan återvätas vilket troligen är en något hög skattning. Just nu pågår det inom den klimatpolitiska vägvalsutredningen⁶⁵ ett arbete med att uppskatta den areal som är möjlig att återvätta. Arealen som är tillgänglig, minskar dessutom över tiden eftersom bortodlingshastigheten för dikade torvmarker ligger någonstans mellan 1 och 2,5 cm per år⁶⁶. Om vi räknar med en areal på 42 500 hektar och en minskning av nettoutsläppen på 21 ton koldioxidekvivalenter per hektar⁶⁷ blir minskningen av växthusgaser av denna åtgärd 0,9 miljoner ton koldioxidekvivalenter per år (Se figur 6).



Figur 6 . Potentialen att öka upptag och minska utsläpp genom att öka arealen mellangrödor samt återvätta organogena jordar (kton koldioxidekvivalenter per år). Effekten av återvätning inkluderar även effekten av minskade utsläpp av lustgas, vilket bokföringsmässigt ska inkluderas i jordbrukssektorn. Dessa beräkningar har en mycket stor osäkerhet eftersom de dels är baserade på schablonvärden (så kallade emissionsfaktorer) och för att det idag saknas beräkningar av den areal som bedöms vara möjlig att återvätta. För 2017 anges den beräknade kolinlagringen av dagens areal av mellangrödor.

⁶² National Inventory Report (2019).

⁶³ Jordbruksverket (2012) Ett klimatvänligt jordbruk 2050.

⁶⁴ Jordbruksverket (2018b). Återvätning av organogen jordbruksmark som klimatåtgärd.

⁶⁵ Klimatpolitiska vägvalsutredningen (M 2018:07).

⁶⁶ Jordbruksverket (2018b). Återvätning av organogen jordbruksmark som klimatåtgärd.

⁶⁷ Jordbruksverket (2018b). Återvätning av organogen jordbruksmark som klimatåtgärd.

Av den areal av organogen åkermark som kvarstår efter återvätning, antas hälften av arealen kunna användas för odling av energiskog. Den totala arealen som är tillgänglig för energiskog i produktionsscenarioet och då även åtgärdsscenarioet (samma arealer) beräknas bli 78 000 hektar. Hade man istället räknat på den tillgängliga arealen långliggande träda i referensscenarioet hade arealen energiskog blivit nästan dubbelt så hög (158 000 hektar).

Man kan också öka inlagringen av kol på befintlig åkermark genom att öka arealen mellangrödor. Idag ligger den rapporterade arealen mellangrödor på 63 000 hektar vilket enligt denna studie ger en inlagring av kol motsvarande 0,08 miljoner ton koldioxid per år. I åtgärdsscenarioet beräknas den potentiella arealen för att odla mellangrödor till 354 000 hektar. Den potentiella ökningen av kolinlagringen blir då baserat på värden från Bolinder m fl (2017) 0,45 miljoner ton koldioxid per år

Potentialen för kolinlagring är dock lägre på lång sikt. Det beror på att kolförråden så småningom når kolmättnad. Den förändrade markanvändningen måste dessutom bibehållas så länge man vill ha kvar det nya kollagret.

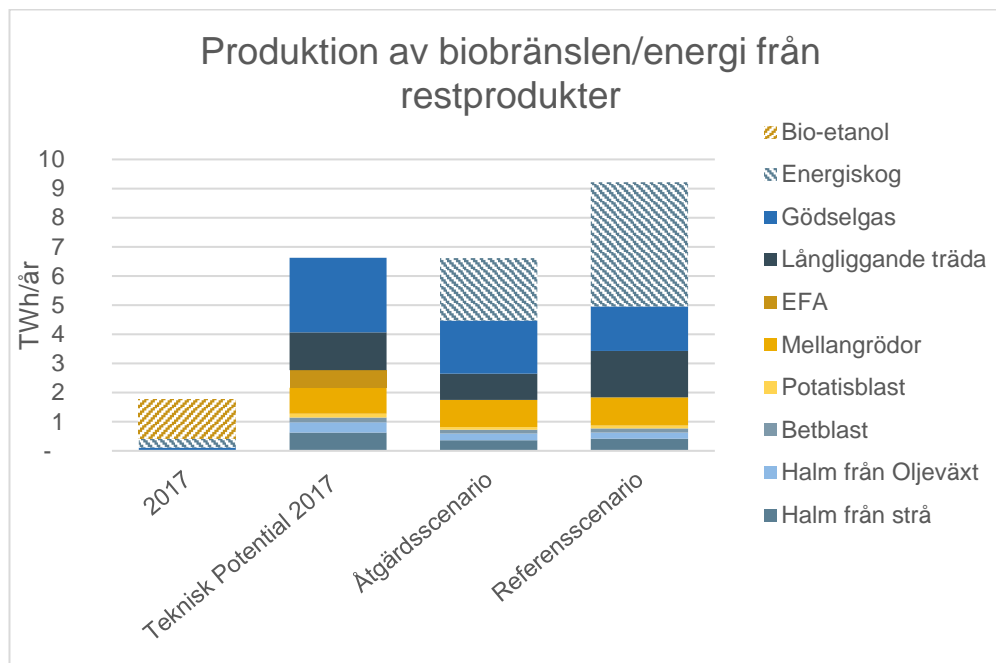
5.5. Teknisk potential att producera biobränslen från restprodukter och energiskog.

Svenskt jordbruk kan bidra till klimatnytta genom att producera biobränslen som har potential att ersätta fossila bränslen. Idag produceras ca 0,1 TWh från gödselbaserad biogas, 0,3 TWh bioenergi från energiskog och 1,3 TWh från bioetanol. Räknat på tillgängliga arealer från produktionsscenarioet finns en potential att producera 6,6 TWh biobränslen per år baserat på restprodukter och energiskog på överbliven jordbruksmark. Räknar man istället på potentialen för de tillgängliga arealerna i referensscenarioet blir potentialen istället 9,2 TWh.

Beräkningarna utgår från en studie av Prade m fl (2017)⁶⁸ och baserat på samma metodik får vi en ökad produktion av biobränslen från en rad olika restprodukter från jordbruket. I de fall man kan producera antingen etanol eller biogas från dessa restprodukter så är det alltid biogasen som ger högst mängd energi per massa torrsubstans. I våra beräkningar har vi räknat på att 50% av det teoretiska värdet används för att producera biogas. Vi gör samma antagande för den gödselbaserade biogasen. Metodiken finns beskriven i detalj i Appendix A. Med dessa antaganden uppskattar vi potentialen att producera biobränslen på restprodukter från jordbruket till 4,5 TWh. Den största andelen av denna mängd kommer från gödselgas (1,8 TWh). Mellangrödor ger en potential att generera 1,0 TWh medan långliggande

⁶⁸ Prade m fl. (2016). Can domestic production of iLUC-free feedstock from arable land supply Sweden's future demand for biofuels?

träda beräknas generera 0,9 TWh. Potentialen för att producera biogas från halm är 0,6 TWh. Resterande potential står potatis- och betblast för (0,1 TWh).



Figur 7. Produktion av bioenergi för åtgärdsscenario. Som jämförelse visas dagens produktion av gödselgas och energiskog (Salix) idag, dagens tekniska potential⁶⁹ (här ingår inte energiskog på överbliven mark) samt produktionspotentialen om man räknar på produktionen enligt referensscenario istället för produktionsscenario.

Den totala potentialen är något lägre i åtgärdsscenario jämfört med om man hade utgått från produktionen i referensscenario. Den största skillnaden är att det är större areal träda i referensscenario vilket ger en större potential, men det är också en mindre mängd tillgänglig stallgödsel vilket delvis motverkar den ökade potentialen. Detta är endast beräkningar av en teknisk potential och det har inte gjorts någon djupare analys av om det är realistiskt eller ekonomiskt att utnyttja hela potentialen.

5.6. Utsläpp från livsmedelskonsumtion

I klimatrapporteringen till EU och UNFCCC redovisar varje land sina utsläpp. Men en stor del av svenskarnas klimatpåverkan sker i andra länder, det vill säga att utsläppen bokförs i ett annat land. För konsumtionen av livsmedel beror detta dels på importerade insatsvaror och foder; men främst orsakas dessa utsläpp av importerade livsmedel.

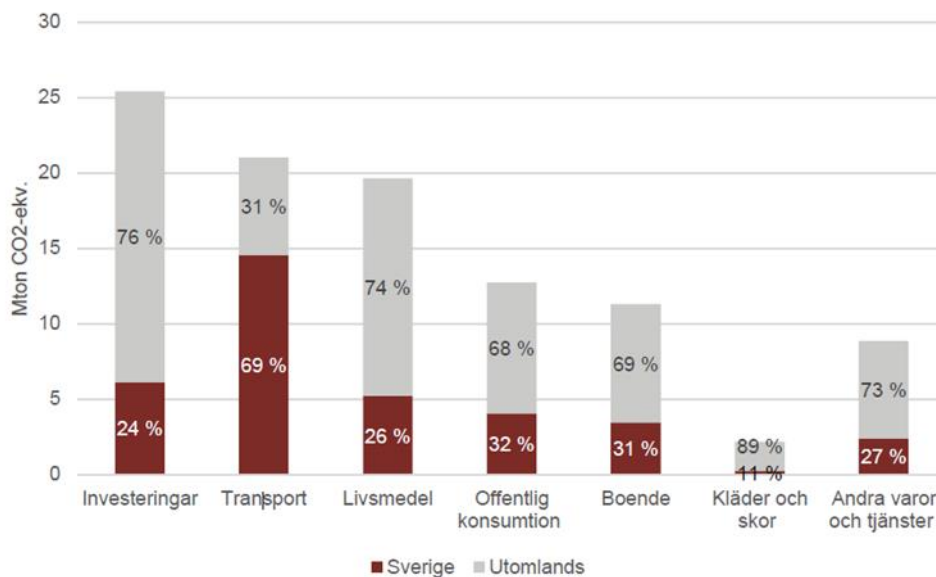
⁶⁹ Prade m fl. (2016). Can domestic production of iLUC-free feedstock from arable land supply Sweden's future demand for biofuels?

De svenska klimatmålen omfattar utsläpp som rapporteras i klimatrapporeringen, så kallade **territoriella utsläpp**, det vill säga utsläpp inom Sveriges gränser. Dessa beräknas bottom-up (baserat på detaljerade data om aktiviteter som utförs inom Sveriges gränser) och baseras på detaljerade data. Det är de territoriella utsläppen som beskrivs i kapitel 3 där klimatpåverkan från det svenska jordbruket beskrivs.

För att ta hänsyn till växthusgasutsläpp som svensk konsumtion orsakar i Sverige och i andra länder beräknas istället **konsumtionsbaserade utsläpp**.

Konsumtionsbaserade utsläpp beräknas modellbaserat och har därför högre osäkerhet än de territoriella. De konsumtionsbaserade utsläppen i Sverige kan summeras till 101 miljoner ton koldioxidkvivalenter⁷⁰, att jämföras med de territoriella utsläppen på knappt 53 miljoner ton⁷¹.

Figuren nedan visar de kategorier som man kan redovisa konsumtionsbaserade utsläpp för och dess totala utsläpp av växthusgaser. Utsläppen till följd av livsmedelskonsumtion var 2016 nästan 20 miljoner ton, vilket motsvarar cirka en femtedel av Sveriges totala konsumtionsbaserade utsläpp. Av dessa kommer tre fjärdedelar ifrån utsläpp som sker i andra länder.⁷²



Figur 8. Sveriges konsumtionsbaserade utsläpp per produktionsområde och produktionsregion år 2016.

⁷⁰ <http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Vaxthusgaser-konsumtionsbaserade-utslapp-per-omrade/> 17 juni 2019

⁷¹ En del av de territoriella utsläppen ingår i de konsumtionsbaserade utsläppen

⁷² Naturvårdsverket (2019), Mätmetoder och indikatorer för att följa upp konsumtionens klimatpåverkan (NV-08861-17).

Den svenska jordbruksproduktionen orsakar indirekt växthusgasutsläpp i andra länder genom bland annat användning av importerad mineralgödsel och importerat foder. Det finns därför utsläpp som är knutna till svenskt jordbruk men som sker utomlands och därför inte räknas med i de territoriella utsläppen. Ett fodermedel med relativt hög klimatpåverkan är soja. I en rapport från Jordbruksverket⁷³ skattades utsläppen från importerad soja till 0,7 miljoner ton koldioxidekvivalenter och utsläppen från produktionen av den importerade mineralgödseln till 0,8 miljoner ton koldioxidekvivalenter.

Konsumtion av livsmedel har dessutom en klimatpåverkan i andra länder från den mat som importeras till Sverige.

Växthusgasutsläpp från svensk konsumtion av animalier

Sett över tid har den totala köttkonsumtionen ökat i Sverige. År 2017 konsumerades 70 procent mer kött per person och år jämfört med år 1960⁷⁴ och en stor del av denna ökning kommer från importerat kött. Idag är mindre än hälften av det nötkött som konsumeras i Sverige importerat⁷⁵. De två senaste åren har det dock skett en nedgång i den totala köttkonsumtionen samtidigt som den svenska marknadsandelen har ökat. Räknat i utsläpp per kg producerad produkt har svensk nötkött- och mjölkproduktion bland de lägsta utsläppen inom EU och svensk produktion bidrar dessutom till miljömålen; Ett rikt odlingslandskap och Ett rikt växt- och djurliv. En minskad inhemsk produktion av mjölk- och nötkött innebär minskade territoriella utsläpp av växthusgaser, men om denna minskade produktion åtföljs av en motsvarande ökning i konsumtion av importerade livsmedel innebär detta en ökning av de globala växthusgasutsläppen.

5.6.1. Konsumtionsåtgärder

Utsläppen från jordbruket påverkas av vad vi äter och därmed vad som produceras, bland annat av hur mycket och vilket kött vi äter. Utsläppen kan till exempel minska genom förändrade kostvanor, (med t ex mindre kött, mer vegetabilier och säsongsbaserad kost) och genom minskat matsvinn.

Förändrade kostvanor

Vissa livsmedel är generellt mer klimatvänliga än andra. Baljväxter är exempelvis en betydligt mindre klimatbelastande proteinkälla än nötkött och potatis är bättre

⁷³ Jordbruksverket (2018a). Hur kan den svenska jordbrukssektorn bidra till att vi når det nationella klimatmålet?

⁷⁴ Avser totalkonsumtion av kött i slaktad vikt:
<http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/konsument/livsmedelskonsumtion/kottkonsumtionen>.

⁷⁵<http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/handelmarknad/kottmjolkochagg/marknadsbalanser/kottmjolkochagg.4.298d9b5152ce44f1843e7b7.html>.

än ris⁷⁶. Därför kan utsläppen minska om vi äter mindre kött samt vid förändring av vilket kött vi äter, tex om vi byter från nöt och lamm till fläsk och kyckling, eller om vi ersätter kött med t.ex. bönor. En ökad baljväxtkonsumtion och produktion inom Sverige bidrar också till livsmedelsstrategins målsättning om att göra oss mer självförsörjande och mindre sårbara och mindre beroende av import, t ex av soja.

Det finns också miljömässiga för- och nackdelar med olika slags kött. Gris och kyckling har betydligt mindre klimatpåverkan men har liten miljönytta vad gäller biologisk mångfald eftersom djuren inte betar samt att behovet av spannmål ökar. Nöt och lamm bidrar till biologisk mångfald då många hotade växt- och djurarter är beroende av naturbetesmarker. Vi behöver betande djur för att hålla markerna öppna och gynna biologisk mångfald.

Eftersom nötkreatur betar och även äter en stor del vallfoder består en stor del av deras foder av sådant som inte kan ätas av människor. En stor andel av den areal som används till bete eller vallodling ligger på marker som inte är så lämpliga för spannmål eller andra livsmedelsgrödor. Det foder som går till gris och fågel består till högre grad av spannmål och baljväxter, till exempel soja. Detta bör också vägas emot en eventuell ersättning av nöt mot till exempel gris eller kyckling.

Förändrade kostvanor som ger en ökad konsumtion av fisk innebär efterfrågan på utökad produktion. Miljömålsberedningen uttryckte att primärproduktionen i vidare bemärkelse, med cirkulära system som inkluderar vattenbruk och nya tekniker, kan bidra till nya produkter i livsmedelsproduktionen. Se vidare i avsnitt 5.6.3. om vattenbruk.

Minskat matsvinn

I hela livsmedelskedjan uppstår matsvinn, ända från jordbruk och förädling till butik och hushållen. Ju fler led som ett livsmedel passerat, desto mer miljöpåverkan har uppkommit. En del av matavfallet är oundvikligt men det som slängs i onödan räknas som matsvinn. För en hållbar livsmedelskonsumtion behöver matsvinn undvikas genom t ex bättre planering och förvaring samt att ta hand om de matrester som uppstår.

5.6.2. Framtida livsmedel

Vår livsmedelskonsumtion har ändrats över tid och kommer troligtvis att ändras även framöver. Det är svårt att sia om framtiden men några livsmedel som äts i andra länder äter vi inte ännu i Sverige och en del livsmedel kan komma att bli vanligare i framtiden. Dessa livsmedel kan också innebära minskade utsläpp av växthusgaser. Några exempel är alger, insekter, kanin, gäss, häst och odlat kött.

⁷⁶ Rööf. 2012. Mat och klimatlistan.

5.6.3. Utveckling av produktionssystem - Vattenbruk

I dag existerar inte ett svenskt vattenbruk i den omfattningen som skulle behövas för att t.ex. kunna ersätta en minskning av andra födoslag. På grund av detta, samt på grund av att fiskodling anses ha ungefär samma klimatpåverkan som fjäderfä, har vattenbruket utelämnats i våra scenarier men beskrivs nedan kortfattat då det finns en stor utvecklingspotential och skulle kunna utgöra ett hållbart alternativ i en framtida livsmedelsförsörjning.

Fördelar med vattenbruk

Land- och vattenbaserat vattenbruk som t.ex. odling av fisk har en relativt låg klimatpåverkan jämfört med produktion av nöt-, lamm- och fläskkött och motsvarar ungefär den klimatpåverkan som uppstår vid produktion av fjäderfä⁷⁷. En utbyggd odling i slutna system med recirkulerande vatten skulle minimera närsaltsutsläppen. Andra uppenbara fördelar med en sådan odling är mindre vattenförbrukning, minimering av smittorisker, minimering av risk för rymningar med mera⁷⁸. Det finns en stor potential för ökad produktion i Sverige⁷⁹ och dessutom har vattenbruk en rad andra fördelar då det skulle kunna öka produktionen av mat utan att inskränka på övrig matproduktion, bidra till bättre hälsa och ökad självförsörjningen, ge arbetstillfällen i glesbygden samt sluta kretslopp med jordbruk och skogsbruk.

Nackdelar med vattenbruk

Under de senaste decennierna har vattenbrukets negativa miljöpåverkan minskat, även om ytterligare utveckling krävs⁸⁰. Vattenbruket bidrar med utsläpp av näringsämnen genom fiskodlingar, men kan samtidigt minska halterna av näringsämnen genom musselodlingar. Musselodlingarna finns dock ännu endast i begränsad omfattning och är lokaliserade på andra platser än där de traditionella odlingarna finns. Fiskodlingarna har på senare tid effektiviserat sin användning av foder och på så sätt minskat utsläppen räknat per kilo producerad vara. Fodret till laxfisk har tidigare bestått till största delen av fiskmjöl och fiskolja, vilket har lyfts fram som en nackdel i de fall fisken istället hade kunnat användas till mat. Även övrig djurproduktion använder sig till viss del av fiskmjöl. På senare år har även vegetabiliska komponenter lagts till i laxfiskarnas foder och fiskmjölet har reducerats. Fisk som rymmer från fiskodlingar innebär en potentiell risk att fisken från odlingen blandar sig genetiskt med den vilda fisken. Den odlade fisken är avlad för att få andra egenskaper än den vilda. Många av de här återgivna nackdelarna skulle undvikas med en odling i slutna system med recirkulerande vatten. Här

⁷⁷ T.ex. Röös (2012). Mat-klimat-listan.

⁷⁸ Det växande vattenbrukslandet SOU 2009:26.

⁷⁹ T.ex. Alanärä & Strand (2011). FOMA-projekt Fiskodlingens närsaltsbelastning.

⁸⁰ <https://swemarc.gu.se/vad-ar-vattenbruk>.

uppkommer dock istället andra nackdelar, bland annat den kostsamma tekniken, övervakningskrav och en känslighet för störningar.⁸¹

Potential med vattenbruk

Beträffande odling av fisk och skaldjur bedöms nuvarande svensk produktion från vattenbruk ligga på ca 13 000 ton⁸²) vilket motsvarar 1,3 procent av vad Norge producerar och ungefär 0,2 promille av det globala vattenbruket⁸³. I flera utredningar har det lyfts fram att det finns en betydligt större potential i Sverige för odling av fisk och annat vattenbruk och det finns även en politisk vilja att expandera vattenbruket. Bland annat finns det idag ett nationellt kompetenscentrum (NKfV) och forskning och utveckling av vattenbruk bedrivs på flera håll vid flera universitet och högskolor. Vidare har Jordbruksverket i samverkan med bransch, forskning, intresseorganisationer och andra myndigheter lett arbetet med att ta fram en gemensam strategi och handlingsplan för svenskt vattenbruk. Arbetet med strategi och handlingsplan är en viktig del i Jordbruksverkets uppdrag att främja svenskt vattenbruk.

Forskning visar att det finns en odlingspotential på minst 100 000 ton matfisk i de ca 2000 näringsfattiga regleringsmagasin som finns i Sverige⁸⁴. I denna uppskattning av odlingspotentialen är bara den befintliga kassodlingstekniken medräknad och man har inte tagit hänsyn till den tillväxt som skulle kunna ske inom den landbaserade odlingen i recirkulerande system av framförallt andra arter än laxfiskar. I slutna landbaserade system är potentialen, tekniskt sett, obegränsad. Där sätts taket istället av effektivt resursutnyttjande, lönsamhet i produktionen, konkurrenskraft och vad som kan säljas på marknaden⁸⁵.

5.6.4. Konsumtionsscenario - åtgärder genom förändrad konsumtion

Ett par scenarier har tagits fram för att illustrera hur en förändrad konsumtion av livsmedel kan bidra till målen. Utsläppen från jordbruket globalt påverkas bland annat av hur mycket och vilket kött vi äter. Utsläppen kan minska om vi äter mindre kött och om vi byter från nöt och lamm till fläsk och kyckling.

Nöt- och lammkött är det livsmedel som står för de enskilt högsta utsläppen av växthusgaser per producerad enhet⁸⁶. Att ersätta konsumtion av nöt- och lammkött med andra köttslag, eller proteinrika vegetabiliska alternativ, leder till betydande utsläppsminskningar och det utan att intaget av protein minskar (vilket detta

⁸¹ Det växande vattenbrukslandet. SOU 2009:26.

⁸² Jordbruksverket (2018e) Statistiska meddelanden, svenskt vattenbruk.

⁸³ <http://www.extrakt.se/roding-och-musslor-fokus-for-svensk-nysatsning/>.

⁸⁴ Alanärä & Strand (2011). FOMA-projekt Fiskodlingens närsaltsbelastning.

⁸⁵ Extrakt – Formas, 2012. Röding och musslor fokus för svensk nysatsning.

⁸⁶ Röö's (2014) Mat- och klimatlistan.

scenario antar). Om vi bara äter vegetabilier så kan vi minska utsläppen till ännu lägre nivåer, men det innebär då samtidigt en konflikt med andra miljömål, t ex ett rikt odlingslandskap och ett rikt växt- och djurliv. Speciellt gäller det de delar av målen som hänger samman med naturbetesmark. Betesmarkerna har stor betydelse för den biologiska mångfalden och bidrar till ett öppet landskap. De har också betydelse för landskapets kulturhistoriska värden liksom för rekreation och landskapets skönhetsvärden.

Det finns flera studier som sett närmare på hur vi kan ändra vår konsumtion av livsmedel för att minska de globala utsläppen^{87, 88, 89, 90}. En del är kvantifierade medan en del inte är det. Dessa tidigare studier bygger på olika antaganden varav en del är ytterligheter för att illustrera hela potentialen, t ex bara vegetabilier i kosten. I de tidigare studierna antas köttkonsumtionen minska med 25–95%. Dessa studier visar då på att utsläppen per person från livsmedelskonsumtion kan minska med upp till cirka 80 procent.

Effekterna av en förändrad konsumtion illustreras i denna rapport som en möjlig förändring av kostvanor men utan att ta bort kött helt. Scenariot görs dels med antaganden om en minskning i nötköttskonsumtion samtidigt som konsumtion av kyckling och griskött ökar och dels med antaganden om att nötköttskonsumtionen minskar ytterligare men då med ökad konsumtion av proteinrika vegetabilier.

Antaganden med 50-procentig minskning av nötköttskonsumtionen per person,

- Samma mängd protein. Minskningen ersätts med 30 procents ökning i konsumtion av fläsk respektive kyckling

Antaganden med 75-procentig minskning av nötköttskonsumtionen per person,

- Samma mängd protein, men den ytterligare minskningen på 25 procentenheter ersätts av bönor. (Upp till minus 50 % ersätts med fläsk och kyckling).

Resultat

Scenariot där 50 procents minskning av nötköttskonsumtionen och en 30 procents ökning av fläskkött- och kycklingskonsumtionen togs fram i SASM där man i övrigt använde sig av samma antaganden som i produktionsscenarioet. Med de antaganden som gjordes i modellen skedde majoriteten av den minskade konsumtionen på den importerade andelen nötkött och de antaganden som gjordes hade därför relativt små effekter på produktionen inom Sverige. Den globala climateffekten kan alltså bli betydligt större än den på svenskt jordbruk.

⁸⁷ Jordbruksverket. (2012). Ett klimatvänligt jordbruk 2050.

⁸⁸ Jordbruksverket (2013). Hur liten kan livsmedelskonsumtionens klimatpåverkan vara år 2050.

⁸⁹ SLU (2015) Kött och mjölk från djur uppfödda på bete och restprodukter – ger det en hållbar kost.

⁹⁰ Naturvårdsverket (2015). Hållbara konsumtionsmönster.

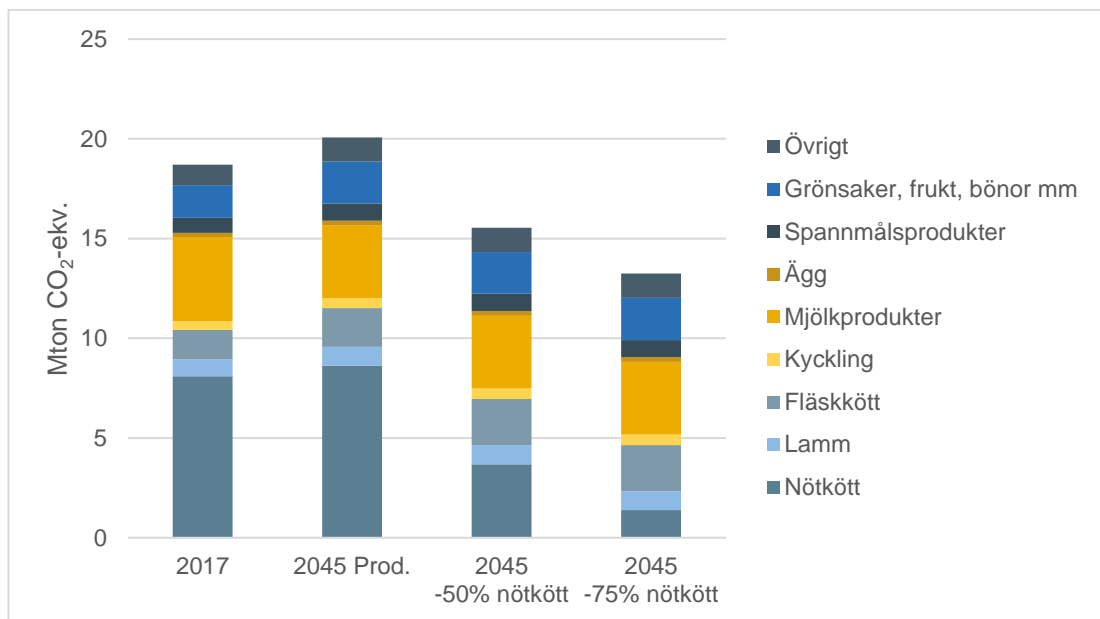
För båda scenarierna beräknades sedan effekten på utsläppen från svensk livsmedelskonsumtion (vilket då inkluderar utsläpp både i Sverige och i andra länder) med ALBIO-modellen. För alternativet med en minskad nötköttkonsumtion med 50 procent antas samma produktionsnivåer i Sverige som i produktionsscenarioet.

I scenariot med minskad nötköttkonsumtion med 75 procent kommer även produktionen i Sverige att påverkas, enligt ALBIO. En minskad produktion inom Sverige går dock emot livsmedelsstrategins mål om att produktionen ska öka i värde men det finns ändå ett värde i att ha med detta scenario.

En grov skattning har gjorts att det teoretiska minimumet för att bevara naturbetesmarkerna är cirka 0,6 - 1 miljon nötkreatur.⁹¹ En begränsning på att nötkreaturen inte fick vara färre än 0,8 miljoner lades in i modellen och modellresultatet gav då ca 0,9 miljoner nötkreatur (mestadels mjölkkor). Det är en minskning från 1,2 miljoner nötkreatur som finns i produktionsscenarioet (Se bilaga B). Ett visst antal djur innebär dock inte att vi per automatik får ett visst antal hektar bevarad eller ökad areal naturbetesmark. Effekten på biologisk mångfald beror också på var i landet djuren befinner sig, på djurslaget och hur produktionen bedrivs. Den typ av detaljerade analyser som skulle krävas för att studera effekterna på biologisk mångfald är inte möjliga att genomföra med hjälp av SASM- och ALBIO-modellerna.

Den globala klimateffekten kan alltså bli betydligt större än den på svenskt jordbruk. Enligt ALBIO-modellen så beräknas de totala utsläppen från livsmedelskonsumtionen (inkl. utsläpp i andra länder) bli ca 5 miljoner ton koldioxidekvivalenter lägre år 2045 (med 50 procent mindre nötköttkonsumtion) jämfört med 20 miljoner ton i produktionsscenarioet. Med 75 procent lägre nötköttkonsumtion beräknas de totala utsläppen bli nästan 7 miljoner ton koldioxidekvivalenter lägre år 2045.

⁹¹ SLU (2015) har kommit fram till att ett bestånd på ca 540 000 nötkreatur räcker (dikor med deras kalvar för att beta naturbetesmarken) för att behålla den areal naturbete som vi har idag. Vi bedömer att detta är en underskattning av behovet.

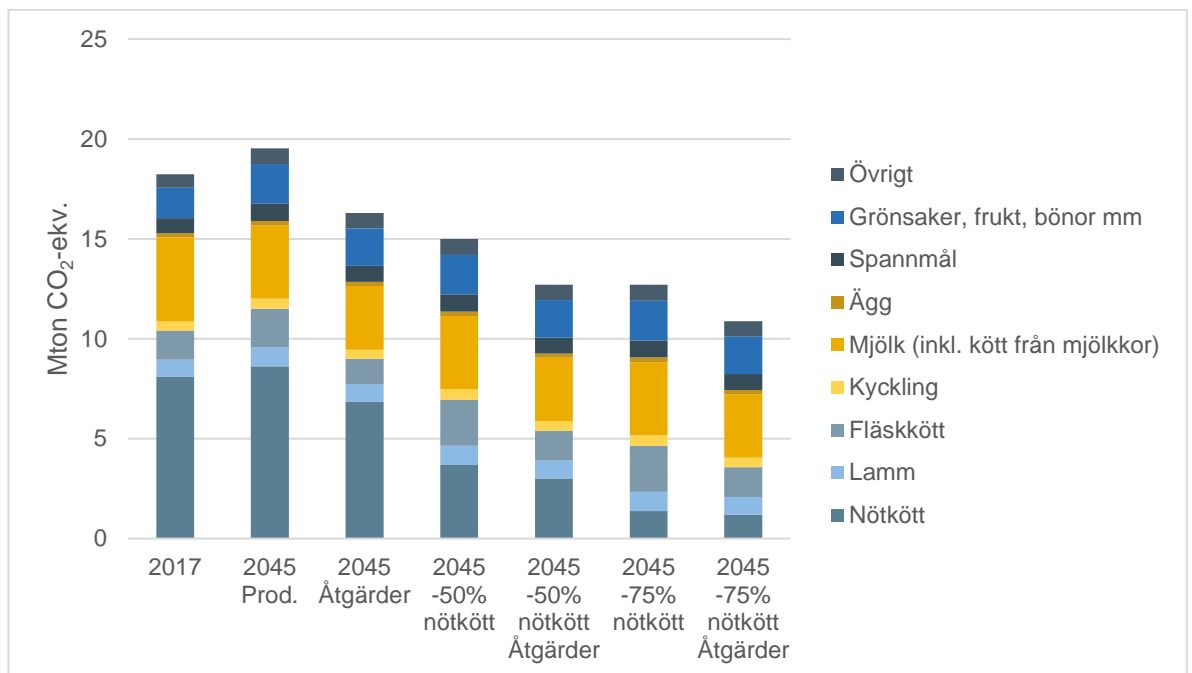


Figur 9. Utsläpp av växthusgaser från livsmedelskonsumtion, inkl. både från svenskt jordbruk och i andra länder

5.6.5. Konsumtions- och åtgärdsscenario - med effekter av åtgärder i både produktion och med förändrad konsumtion

I de sista scenarierna summeras effekterna av åtgärder i produktionen och effekter av förändrat konsumtionsmönster i de två konsumtionsscenarierna. För scenariot har ALBIO-modellen använts för att summera effekterna av både produktions- och konsumtionsåtgärder. Scenariot visar på att utsläppen från svensk livsmedelskonsumtion kan minska med 7-8,5 miljoner ton år 2045⁹² eller med 35-45 procent globalt (se figur 10).

⁹² Eftersom nötköttsproduktionen är lägre i konsumtionsscenarierna så blir potentialen för utsläppsminskningar till följd av åtgärder i produktionen lägre. (och därför blir det 7-8,5 Mt istället för 7-9 Mt.



Figur 10. Utsläpp av växthusgaser från livsmedelskonsumtion, inkl. både från svenskt jordbruk och i andra länder

5.7. Effekter på utsläpp av ammoniak och nitrat

Många av de åtgärder som är gynnsamma för att minska växthusgaserna bidrar även till många andra miljömål. Inte minst gäller detta åtgärder som minskar utsläpp och läckage av kväveföreningar (se även avsnitt om Övriga konsekvenser nedan).

Med åtgärder i produktionen för att minska utsläppen av växthusgaser blir utsläppen av ammoniak år 2045 19 procent lägre jämfört med produktionsscenarioet, enligt simuleringar med ALBIO-modellen. En minskad köttkonsumtion med 50 procent påverkar inte utsläppen av ammoniak i Sverige nämnvärt, medan en 75 procentig minskning leder till minskade utsläpp med 10 procent. En kombination av både konsumtions- och produktionsbaserade åtgärder leder till minskade ammoniakutsläpp med 18 respektive 24 procent för en minskning av nötköttskonsumtionen med 50 respektive 75 procent.

5.8. Övriga konsekvenser

5.8.1. Miljömålen

Nedan följer en kvalitativ beskrivning av påverkan på miljömålen utifrån de resultat och åtgärder som ligger inom ramen för genomförda scenarier.

Vår övergripande analys är att de åtgärder för att minska klimatpåverkan som tas upp i åtgärdsscenario, kommer att få positiva effekter på flertalet av de nationella miljömålen. Även om de mest positiva effekterna hamnar under Begränsad klimatpåverkan, Ingen övergödning, Skyddande ozonskikt och Bara naturlig försurning så gynnas även de flesta av de s.k. gröna miljömålen⁹³ samt Giftfri miljö i betydande omfattning. De negativa effekterna hamnar under Ett rikt odlingslandskap och Ett rikt växt- och djurliv men kan där, beroende på hur åtgärderna utformas även få positiva effekter.

Effekter av minskade utsläpp av växthusgaser (lustgas, metan och koldioxid)

Många av de i rapporten föreslagna åtgärderna kommer givetvis att bidra till minskade utsläpp av växthusgaser. Förutom att få positiva effekter på klimatmålet kommer minskade utsläpp av lustgas även att bidra till en minskad nedbrytning av ozonskiktet. Indirekt kommer i sin tur en minskad klimatpåverkan även att ha gynnsamma effekter på en rad miljömål däribland målen för ozonskiktet, övergödning, försurning samt de s.k. gröna målen.

Effekter av minskade utsläpp av kväveföreningar (nitrat, ammoniak)

Många av de föreslagna åtgärderna leder även till minskade utsläpp av kväveföreningar. Dessa kommer i första hand att få positiva effekter för miljömålen om övergödning, försurning och frisk luft. Andra miljömål som gynnas av minskade utsläpp är Grundvatten av god kvalitet, Ett rikt odlingslandskap samt många av de andra gröna målen. Men även ozon- och klimatmålet berörs på grund av att kväve i mark och vatten har en potential att omvandlas till lustgas. Mer kunskap behövs dock om ammoniakavgång från rötrest, vilka eventuellt kan öka⁹⁴.

Åtgärder som leder till en minskad kväveanvändning kommer även att leda till minskade utsläpp från produktion av kvävegödsel utanför Sveriges gränser och på så vis inverka positivt på generationsmålet.

Effekter av minskade utsläpp av växtskyddsmedel

En ökad andel ekologisk jordbruksmark bedöms även leda till en minskning av behovet att använda växtskyddsmedel vilket kommer att gynna miljömålet Giftfri miljö samt Ett rikt odlingslandskap. I våra scenarier minskar dessutom andelen

⁹³ Till de gröna miljömålen räknas Ett rikt odlingslandskap, Levande sjöar och vattendrag, Myllrande våtmarker, Hav i balans, Grundvatten av god kvalitet, Levande skogar, Storslagen fjällmiljö och Ett rikt växt- och djurliv.

⁹⁴ Jordbruksverket (2012). Ett klimatvänligt jordbruk 2050.

odlad areal generellt, om än i liten omfattning, vilket även det bör leda till minskning av användning av växtskyddsmedel.

Effekterna av minskad nötköttkonsumtion

En minskad köttkonsumtion kan påverka andelen naturbetesmarker som kan hållas öppna. I Sverige finns det idag totalt cirka 1,5 miljoner nötkreatur, fördelade på besättningar med mjölkkor, köttkor och specialiserad kalvuppfödning. Vilket djurslag det handlar om kan ha stor betydelse för effekten på biologisk mångfald. Exempelvis når inte mjölkkor naturbetesmarkerna i samma utsträckning som köttdjur. Idag hävdas 450 000 hektar naturbetesmarker. Troligtvis behöver arealen naturbetesmark ökas för att trygga den biologiska mångfalden och därmed bidra till att uppnå miljömålen Ett rikt odlingslandskap samt Ett rikt växt- och djurliv.⁹⁵

Nötkreaturen minskar i alla scenarion vilket antyder att målen som är kopplade till biologisk mångfald är mycket svåra att nå. I vårt mest extrema scenario med 75 % minskad nötköttkonsumtion har vi med detta i åtanke antagit ett scenario där vi fortfarande har kvar ca 900 000 nötkreatur i Sverige. Ett visst antal djur innebär dock inte att vi per automatik får ett visst antal hektar bevarad eller en ökad arealnaturbetesmark. I detta scenario utgör mjölkorna en tredjedel av nötdjuren medan dikor, som i större utsträckning går på naturbetesmarker, försvinner helt. En sådan utveckling skulle innebära en minskad areal naturbetesmark i hävd.

Åtgärder som medför begränsningar i inhemsk nötköttsproduktion (utan medföljande begränsning i inhemsk nötköttkonsumtion) kan leda till att utsläppen flyttas utanför Sveriges gränser och på så vis inverka negativt på generationsmålet.

Övriga effekter

Strukturen, t.ex. fler grödor och varierade växtföljder i det ekologiska jordbruket är positiv för bevarande av biologisk mångfald och för det nationella miljökvalitetsmålet Ett rikt odlingslandskap samt Ett rikt växt- och djurliv⁹⁶. En ökad andel ekologisk jordbruksmark skulle därför kunna öka den biologiska mångfalden. Samtidigt bör man i detta sammanhang notera att skördenivåerna minskar med ekologisk odling (cirka 20–40 procent lägre skördar beroende på gröda)⁹⁷ vilket medför att större ytor kan behövas jämfört med motsvarande

⁹⁵ Det finns inga exempel på långsiktiga arealmål när det gäller just betesmarker. I Sveriges rapportering till EU inom Art- och habitatdirektivet, den så kallade Artikel 17-rapporteringen, angav Sverige att det behövs ca 1 220 000 hektar naturtypsklassad ängs- och betesmark för att nå gynnsam bevarandestatus för gräsmarker. Alla dessa marker behöver dock inte skötsel med betesdjur. I Sveriges prioriterade åtgärdsplan för Natura 2000 för 2021-2027. (Jordbruksverket och Naturvårdsverket 2019, Jordbruksverket diarienummer 4.1.17-13310/2019) förs resonemang om att Sverige avser att försöka öka antalet tillgängliga betesdjur, men även att vidta andra åtgärder för att öka arealen som sköts på ett sätt som gynnar naturvärdena.

⁹⁶ Jordbruksverket: <http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/miljoklimat/ekologiskproduktion/vadare/kologiskproduktion.4.7850716f11cd786b52d80001021.html>.

⁹⁷ Sveriges officiella statistik – Statistiska meddelanden. Skörd för ekologisk och konventionell odling 2016. JO 14 SM 1701.

produktion i konventionell odling. Effekten av en varierad struktur är störst i slättbygderna, i storskaliga landskap. Samtidigt bör man komma ihåg att det är variationen som är det positiva oavsett om det är konventionellt eller ekologiskt jordbruk det är frågan om.

Enligt modellberäkningarna, där en högre livsmedelsproduktion än i dag antagits men med en högre produktivitet, beräknas en viss ökning av arealen långliggande träda. Detta bör även medföra ett lägre kväve- och fosforläckage. Samtidigt minskar dock andelen vall vilket torde ge motsatt effekt och därmed öka kväve- och fosforläckaget. Effekten av vallodling på biologisk mångfald är bristfälligt känd⁹⁸.

Återvätning av organogen mark som ligger på vall eller i träda bedöms, utöver att minska utsläpp av koldioxid och lustgas, främst kunna bidra till Ett rikt odlingslandskap och Myllrande våtmarker. Även Grundvatten av god kvalitet bör gynnas samt Ingen övergödning om placering och utformning är gynnsam.

All markanvändning eller av människan förändrad markanvändning har en negativ eller positiv effekt på den biologiska mångfalden⁹⁹. I våra scenarier har vi räknat med en ökad produktion av biobränslen från energiskog, restprodukter från växtodlingen samt gödselbaserad biogas. Utöver minskade utsläpp av koldioxid och kväveföreningar är det framför allt ökad produktion av biobränsle i form av energiskog på bekostnad av långliggande träda som kan få konsekvenser för den biologiska mångfalden. Å ena sidan innebär en ersättning för mark med långliggande träda till energiskog en mindre mångfald av örter generellt. Å andra sidan erbjuder energiskog bestående av salix ett tillskott av näring för insekterna på våren vilket till viss del kan uppväga den minskade mångfalden om energiskogen planteras i slättlandskap där det är brist på liknande växtlighet.

5.8.2. Övriga effekter

I detta arbete antar vi förändringar i produktionen som leder till utsläppsminskningar. För att förändra produktionen krävs investeringar vilka ger en merkostnad för lantbrukaren. För att dessa investeringar ska kunna genomföras krävs i sin tur en lönsamhet i jordbruket samtidigt som det behövs incitament för att lantbrukaren ska göra dessa investeringar. I våra scenarier diskuterar vi endast potentialer för att minska utsläppen. Vi beskriver inte vilka styrmedel som krävs för att kunna åstadkomma dessa minskningar. I scenarierna med SASM-modellen ingår uppskattningar av antalet personer som arbetar inom jordbrukssektorn. Enligt modellen var arbetsinsatsen i jordbrukssektorn 2017 ca 50 000 årspersoner. I referensscenariot halverades behovet av arbetskraft till 25 000 årspersoner medan det i produktionsscenarioet behövdes 30 000 personer. Konsekvenserna av detta

⁹⁸ Jordbruksverket (2018d). Ett rikt odlingslandskap.

⁹⁹ Skogsstyrelsen m.fl., (2017). Bioenergi på rätt sätt.

minskade behov av arbetskraft i de båda scenarierna och dess påverkan på miljömålen (till exempel ett rikt odlingslandskap) samt möjligheten att leva och verka på landsbygden är inget som diskuteras i denna rapport.

6. Slutsatser och diskussion

Utan åtgärder beräknas utsläppen för jordbrukssektorn¹⁰⁰ år 2045 bli cirka 7 miljoner ton koldioxidekvivalenter exklusive utsläpp och upptag från markanvändning samt utsläpp från produktionen av insatsvaror, t ex mineralgödsel eller importerat foder, enligt beräkningar i produktionsscenarioet med ALBIO-modellen. Det innebär att utsläppen hamnar ungefär på dagens nivå. I scenariot antas att den pågående trenden med en ökad produktivitet fortsätter vilket minskar utsläppen per producerad enhet. Samtidigt antas produktionen öka i linje med livsmedelsstrategins mål.

Genom antagna åtgärder i produktionen kan utsläppen från jordbruket minska. Sammantaget bedöms det, utöver den ökande produktiviteten och resurseffektivisering som redan pågår, finnas åtgärder med potential att minska utsläppen av växthusgaser från produktionen i jordbrukssektorn med upp till cirka 2 miljoner ton koldioxidekvivalenter år 2045 eller med 28 procent jämfört med utsläppen i produktionsscenarioet. Men beräkningarna bygger på ett relativt optimistisk antagande om en hög implementeringsgrad. En mer försiktig bedömning skulle innebära att en minskning på 1,5-2 miljoner ton eller 20-25 procent skulle kunna vara möjlig.

Utöver utsläppen inom jordbrukssektorn var utsläppen från arbetsmaskiner och lokaler cirka 0,8 miljoner ton koldioxidekvivalenter år 2017 som redovisas i energisektorn. År 2045 finns det inte utrymme för några utsläpp från fossil förbränning om Sveriges klimatmål ska kunna nås. För arbetsmaskiner och jordbrukets lokaler bedöms åtgärder kunna genomföras så att de är fossilfria till år 2045, t ex genom effektivisering, elektrifiering och användning av biodrivmedel. Det innebär att utsläppen kan minska till nära noll då endast utsläpp från biodrivmedel kvarstår.

Åtgärder för ökad kolinlagring inom LULUCF-sektorn bedöms kunna ge en minskning av nettoutsläppen av växthusgaser motsvarande 1,2 miljoner ton koldioxidekvivalenter per år. I denna siffra ingår en ökad inlagring genererad av en ökad areal mellangrödor samt minskade utsläpp av både lustgas och koldioxid från återvätning av organogena jordar. Rent bokföringstekniskt ska dessa utsläpp separeras då lustgas från organogen jordbruksmark ingår i jordbrukssektorn medan koldioxiden från organogen jordbruksmark bokförs inom LULUCF-sektorn. Andra potentiella åtgärder för att öka kolinlagringen har inte analyserat eftersom denna rapport har fokuserat på jordbrukets metan och lustgasutsläpp. År 2045 finns utrymme att kompensera kvarvarande utsläpp genom att använda 11 miljoner ton koldioxidekvivalenter genom så kallade kompletterande åtgärder. Dit räknas ökad

¹⁰⁰ Med jordbrukssektorn avses här samma som i klimatrapporeringen, dvs utsläpp av metan och lustgas från djurens fodermätning, gödsel och mark

kolinlagring. Enligt våra beräkningar skulle jordbruket, med en ökad produktion kunna bidra till dessa kompletterande åtgärder.

Förutom åtgärder i produktionen som ger utsläppsminskningar utan att minska produktionen kan en förändrad konsumtion av livsmedel minska utsläppen av växthusgaser ytterligare. Detta kan t ex ske genom att ersätta kött med vegetabilier eller att ersätta en del av nötköttet med fläsk- och kycklingkött och säsongsbaserad kost. Det finns även en ännu tämligen outnyttjad potential att ersätta t.ex. kött med fisk genom en utbyggnad av ett inhemskt vattenbruk som har en relativt låg klimatpåverkan. Minskat matsvinn är också en viktig åtgärd för att minska utsläppen.

När åtgärder inom jordbrukssektorn genomförs är det viktigt att, förutom klimatmålet, beakta andra miljömål, såsom mål om biologisk mångfald och öppet landskap, och målsättningar inom livsmedelsstrategin samt se till att åtgärderna inte innebär att utsläppen flyttas till andra länder. Det finns många synergieffekter med andra miljömål när det gäller åtgärder som minskar klimatpåverkan inte minst beträffande åtgärder som leder till minskade utsläpp av kväveföreningar. Det finns möjlighet att utveckla ett hållbart jordbruk där Sverige kan behålla produktionen och samtidigt bidra till miljö- och klimatmålen.

Utsläppen av metan och lustgas från jordbrukssektorn kan minska med upp till 2 miljoner ton koldioxidekvivalenter per år men det är många aspekter att beakta. Utsläppen kan inte minska till noll vid en fortsatt livsmedelsproduktion. Därför kommer kompletterande åtgärder behövas för att kompensera för de utsläpp som återstår.

6.1.1. Jämförelse med tidigare studier

Djurantal och arealer i referensscenariot och produktionsscenario.

I referensscenariot går antalet mjölkkor ner från 330 000 till 270 000 till 2045 medan antalet kalvar och ungnöt går ner från 880 000 till 600 000. Antalet slaktgrisar ökar från 2,6 miljoner till 4,5 miljoner medan ökningen av antalet värphöns och slaktkycklingar är marginell. Det minskade antalet mjölk- och köttdjur leder till en stor minskning av arealen vall samt en minskad areal betesmark med 36 000 hektar. En stor del av den areal som varit vall övergår i detta scenario till långliggande träda. Även spannmålsarealen går ner något. Om man istället ser till produktionsvärdet så blir minskningen inte lika stor eftersom det i scenariot ingår antaganden om produktivitetsökningar. Den största minskningen i produktionsvärde sker för nötkött och spannmål medan värdet av fläskkött ökar.

I produktionsscenario antar vi att det totala produktionsvärdet ökar med 10 procent jämfört med en referensperiod (2010-2014). Detta innebär inte att värdet av alla

produktionsgrenar går upp eller att djurantalet per automatik ökar. De antaganden som görs innebär att antalet mjölkdjur går upp fram till 2045 medan minskningen av antalet kalvar och ungnöt dämpas något jämfört med referensscenariot. Antalet slaktgrisar, värphöns och slaktkycklingar är i stort sett oförändrade jämfört med referensscenariot. I detta scenario blir arealen vall något högre jämfört med referensscenariot och arealen långliggande träda något lägre. Spannmålsarealen minskar mer i produktionsscenarioet än i referensscenariot.

Jämför man djurantalet med det scenario som togs fram till Färdplan 2050¹⁰¹ så ligger antalet mjölkkor i detta scenario mellan värdena i vårt referensscenario och produktionsscenarioet, antalet kalvar på samma nivå som i vårt referensscenario medan antalet slaktgrisar i detta scenario är betydligt lägre än i våra scenarier. Både arealen vall och arealen träda är betydligt högre i Färdplansscenarierna jämfört med i vårt referensscenario och produktionsscenario medan spannmålsarealen är mindre.

I en dansk studie baserad på AGMEMOD-modellen¹⁰² ser man med liknande antaganden som i vårt referensscenario något annorlunda trender för dansk djurproduktion med ökat antal mjölk- och nötkreatur och ett minskat antal slaktgrisar och fjäderfän.

Effekter på betesmarkerna

I produktionsscenarioet är ett av kraven ett bevarande av våra betesmarker. Samma antagande görs i en studie från SLU¹⁰³ där man tittar på de antal djur som behövs för att bevara Sveriges alla naturbetesmarker. I studien jämförs tre olika produktionssystem: 1. intensiv mjölkproduktion, 2. extensiv mjölkproduktion samt 3. köttproduktion med dikor. Det produktionssystem som mest liknar referensscenariot och produktionsscenarioet i vår studie är ”intensiv mjölkproduktion” då vi antar produktivitetöknings mot svarande 1 procent per år (se avsnitt 5.1), som rimligen enbart kan fås genom denna typ av intensivare produktion. Produktionssystemet innebär att mjölkorna bara till en mindre del använder naturbetesmarken, eftersom gräset där ofta är magert och markerna kan ligga långt från gården. Mjölkorna äter mest ensilage och spannmål, bönor och raps. Totalt behövs 1,8 miljoner nötkreatur för att de svenska naturbetesmarkerna ska betas med denna strategi.

Detta är ett mycket högre antal nötkreatur än vad våra scenarier resulterar i. Vilket är ytterligare en indikation på att resultaten från SASM- och ALBIO-modellerna inte är möjliga att använda för att analysera effekterna på biologisk mångfald. Antalet nötkreatur i resultaten från våra modellkörningar ligger närmare

¹⁰¹ Jordbruksverket (2012). Ett klimatvänligt jordbruk 2050

¹⁰² Nielsen, Plejdrup, Winther m.fl. (2017). Projections of greenhouse gases 2016-2035

¹⁰³ Röös, Patel, Spångberg, Carlsson, Rydhmer. (2015). Kött och mjölk från djur uppfödda på bete och restprodukter – ger det en hållbar kost

produktionssystemet ”extensiv mjölkproduktion” I det scenariot blir antalet mjölkkor 300 000 medan antalet ungnöt och kalvar ligger på 570 000. Detta ligger mycket nära antalet mjölkkor och ungnöt/kalvar i vårt referensscenario (273 000 respektive 595 000). I det här produktionssystemet går mjölkorna i högre utsträckning på naturbetesmarken jämfört med korna i intensiv mjölkproduktion. De äter gräs och andra vallväxter och varken spannmål eller baljväxter. I scenarierna antar man att höns, kycklingar och grisar främst föds upp på restprodukter. Detta innebär att antalet slaktkycklingar minskar drastiskt i alla tre av dessa scenarier medan antalet slaktgrisar i två av tre scenarier ökar mer än i referensscenariot och produktionsscenariot i denna studie.

Förändrade utsläpp i referensscenariot och produktionsscenariot.

I referensscenariot minskar utsläppen i jordbrukssektorn med 14 och 17 procent till 2030 respektive 2045 och i produktionsscenariot med 9 respektive 7 procent till samma årtal enligt beräkningarna med SASM-modellen. Utsläppen i produktionsscenariot för 2045 är något lägre än de utsläpp som beräknades inom Färdplan 2050 för år 2050 (6,7 respektive 7,2 miljoner ton koldioxidekvivalenter)¹⁰⁴ men relativt utsläppen för basåret i de båda studierna (2010 för Färdplan-scenariot) så blir minskningen i absoluta tal till 2045/2050 jämfört med basåret ungefär likvärdig i dessa båda scenarier (~0,5 miljoner ton koldioxidekvivalenter) trots något olika antaganden. I simuleringarna med ALBIO-modellen blir trenden i produktionsscenariot den motsatta mot beräkningarna med SASM-modellen, det vill säga en liten ökning av utsläppen men från en nivå som är lägre än de rapporterade utsläppen.

Potential att minska utsläppen

I beräkningarna av potentiella utsläppsminskningar i produktionen utgår vi från utsläppen i produktionsscenariot enligt beräkningar i ALBIO-modellen. Den totala potentialen att minska utsläppen blir då nästan 30 procent jämfört med 2045 i produktionsscenariot och 26 procent jämfört med 2017. Beräkningen baseras dock på en relativt optimistisk implementeringsgrad. I Färdplan 2050⁷⁶ beräknades potentialen att minska utsläppen med 0,5 miljoner ton koldioxidekvivalenter (motsvarande 6 procent). En stor andel av denna potential kom från minskade utsläpp av lustgas genom återvätning av organogena jordar (0,3 miljoner ton koldioxidekvivalenter) vilket inte ingår i våra beräkningar av utsläppningsminskningarna inom jordbrukssektorn. Räknar man bort denna åtgärd blir potentialen att minska utsläppen inom Färdplan 2050 0,2 miljoner ton koldioxidekvivalenter jämfört med 2,1 miljoner ton i vårt åtgärdsscenario.

Den enda av de åtgärder som ingår i vår studie som också tas upp i Färdplan-scenariot är en ökad rötning av stallgödsel där vi i vår studie räknar med en dubbelt så hög anslutningsgrad. I en dansk studie beräknas potentialen att minska utsläppen med 1,5 miljoner ton koldioxidekvivalenter av en rad åtgärder för år 2030⁷⁷. I den

¹⁰⁴ Jordbruksverket (2012) Ett klimatvänligt jordbruk 2050

danska studien ingår inte täckning av stallgödsel i kombination med fackling vilket i vår studie ger en reduktion av utsläppen med 0,4 miljoner ton koldioxidekvivalenter. Räknar man bort denna åtgärd så blir utsläppsminskningarna i denna och den danska studien närmast identiska.

Kolinlagring

I åtgärdsscenario har vi beräknat potentialen för en ökad kolinlagring i jordbruksmark till 0,4 miljoner ton koldioxid. I Färdplan 2050 beräknades potentialen att öka kolinlagring till 0,5 miljoner ton koldioxid. I denna siffra ingår en ökad mängd träd på betesmark vilket inte ingår i vår studie. I vår studie har vi istället räknat på en stor ökad areal mellangrödor. I den danska studie¹⁰⁵ beräknades potentialen med motsvarande åtgärder som i denna studie att vara 0,3 miljoner ton koldioxid på dansk jordbruksmark.

Återvätning

Uppskattningen av potentialen för att minska utsläppen från dikade organogena jordar är behäftad med stor osäkerhet. Dels är den potentiella arealen som är möjlig att återväta osäker, men också effekten i form av minskade utsläpp av lustgas och koldioxid. Våra grova uppskattningar ger en minskning av utsläppen med 0,9 miljoner ton koldioxidekvivalenter (inklusive minskade utsläpp av lustgas). I Färdplan 2050 skattades potentialen till 0,8 miljoner ton för en areal som var dubbelt så hög som i denna studie (85 000 jämfört med 42 500 hektar)¹⁰⁶. Här har vi inte heller räknat på effekten en återvätning har på produktionen eller växthusgasutbytet på kringliggande marker som också kommer att påverkas av en återvätning. I en dansk studie beräknades potentialen för återvätning av en areal på 30 000 hektar organogen åkermark vara 1,3 miljoner ton¹⁰⁷, vilket ger en något större klimatnytta räknat per hektar än i vår studie. Detta kan förklaras av att klimatnyttan av en återvätning är högre i ett varmare klimat.

Konsumtion

Det finns flera studier som sett närmare på hur vi kan ändra vår konsumtion för att få ner utsläppen (se vidare avsnitt om Konsumtionsscenario - åtgärder genom förändrad konsumtion). Dessa tidigare studier bygger på olika antaganden varav en del är ytterligheter för att illustrera hela potentialen, t ex bara vegetabilier i kosten. I tidigare studier antas köttkonsumtionen minska med 25–95%. Dessa studier omfattar utsläpp från hela livsmedelskonsumtionen och visar då på att utsläppen kan minska med upp till cirka 80 procent. I denna studie beräknas utsläppen från livsmedelskonsumtionen minska med 35-45 procent givet de antaganden som gjorts.

¹⁰⁵ Olesen, J. E., Petersen, S. O., Ovesen, P. L. m fl. (2018). Virkemidler til reduktion af klimagasser i landbruget.

¹⁰⁶ Jordbruksverket (2012). Ett klimatvänligt jordbruk 2050.

¹⁰⁷ Olesen, J. E., Petersen, S. O., Ovesen, P. L. m fl. (2018). Virkemidler til reduktion af klimagasser i landbruget.

Övergång från fossila till förnybara bränslen

I åtgärdsscenarioet räknar vi väldigt grovt på en utsläppsminskning genom att ersätta fossila bränslen med förnybara. Dessa beräkningar ger minskade utsläpp med 0,6 miljoner ton koldioxidekvivalenter. I Färdplan 2050 beräknades utsläppsminskningarna endast på drivmedelssidan och potentialen blev då en minskning med 0,3 miljoner ton koldioxidekvivalenter ¹⁰⁸.

Produktion av biobränslen

Potentialen att producera biobränslen från restprodukter samt på arealen överskottsmark, beräknas till 6,6 TWh för den resulterande markanvändningen kopplat till produktionsscenarioet. I referensscenarioet finns det mer mark tillgänglig för produktion av energiskog och antar man den markanvändningen beräknas potentialen bli något högre (9,2 TWh). I Färdplan 2050¹⁰⁹ beräknades denna potential vara betydligt högre (28,8 TWh). I Färdplan-scenarioet ingick antaganden att en stor del oljeväxter och spannmål används till drivmedel, motsvarande 3,3 TWh. Potentialen från halm och biogas är ungefär de samma i de båda scenarierna medan potentialen från biogasproduktion från vall beräknas vara betydligt högre i Färdplansscenarioet (2,1 jämfört med 0,9 TWh i vårt scenario). Arealen vall som antas användas till biogas är i de båda studierna nära nog identisk så skillnaden i potentialen beror på olika antaganden vad gäller energipotentialen per hektar.

Den största skillnaden gäller potentialen för energiskog. I vårt åtgärdsscenario antar vi att 78 000 respektive 154 000 hektar odlas med energiskog medan man i Färdplan 2050-scenarioet antog en areal på 300 000 hektar ¹¹⁰. Skillnaden i arealen förklarar den största delen av differensen, men energiproduktionen per hektar i Färdplan 2050-studien antas också vara högre (44 jämfört med 28 MWh per hektar). Skillnaden i arealen beror på skillnader i antaganden i vår studie jämfört med Färdplan 2050. I vårt scenario räknar vi endast på den areal som är överbliven (i SASM-modellen det som räknas som långliggande träda) och inte den som är övergiven (den åkermark som tas ur produktion), vilket man använder sig av i Färdplan-scenarioet.

Det är naturligtvis möjligt att öka arealen ytterligare genom att även använda sig av areal som i åtgärdsscenarioet annars kommer att beskogas. Men då skulle det i dagsläget krävas en ännu större ersättning per hektar för att denna produktion skulle bli lönsam. Våra resultat ligger snarare i linje med en nyligen publicerad studie där man räknade på en potential att producera 2,8 TWh på 88 000 hektar¹¹¹.

¹⁰⁸ Jordbruksverket (2012). Ett klimatvänligt jordbruk 2050. Rapport 2012:35

¹⁰⁹ Jordbruksverket (2012). Ett klimatvänligt jordbruk 2050. Rapport 2012:35

¹¹⁰ Jordbruksverket (2012). Ett klimatvänligt jordbruk 2050. Rapport 2012:35.

¹¹¹ Olofsson, J., & Börjesson, P. (2016). Nedlagd åkermark för biomassaproduktion – kartläggning och potentialuppskattning.

Källförteckning

Alanärrä & Strand (2011) FOMA-projekt Fiskodlingens närsaltsbelastning. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för vilt, fisk och miljö, rapport 1, Umeå.

Berg, B., Johansson, M.-B. & Nillson, Å. (2005) Kolfastläggning i svensk skogsmarkshumus – direkt mätta värden. Fakta Skog, Nr 8.

Bolinder, Freeman & Kätterer (2017). Sammanställning av underlag för skattning av effekter på kolinlagring genom insatser i Landsbygdsprogrammet. https://www.jordbruksverket.se/download/18.3421fb8e1634d8e3920b1d48/1526305320843/Rapport_kolinlagring.pdf.

Bolinder, M. & Kätterer, T. (2019). PM Analysera långsiktiga effekter på kolbalansen av åtgärder på jordbruksmark. Klimatpolitiska vägvalsutredningen.

Bryngelsson, D., Wirsenius, S., Hedenus, F., & Sonesson, U. (2016). How can the EU climate targets be met? A combined analysis of technological and demand-side changes in food and agriculture. *Food Policy*, 59, 152-164.

Energimyndigheten (2017). Drivmedel 2017 - redovisning av uppgifter enligt drivmedelslagen och hållbarhetslagen.

Ericsson N., Sundberg C., Nordberg Å., Ahlgren S., Hansson P-A. (2017) Time-dependent climate impact and energy efficiency of combined heat and power production from short-rotation coppice willow using pyrolysis or direct combustion. *Global Change Biology Bioenergy* 9:5, 876-890

European Commission (2018). In-depth analysis in support on the COM(2018) 773: A Clean Planet for All.

Extrakt – Formas (2012). Röding och musslor fokus för svensk nysatsning. <https://www.naturvardsverket.se/upload/miljoarbete-i-samhallet/internationellt-miljoarbete/miljokonventioner/FN/national-inventory-report-2018.pdf>.

Hushållningssällskapet (2014). Energiskogspoppel Slutrapport. Rapport Nr 1.

IVA (2019). Så klarar svensk industri klimatmålen- En delrapport från IVA-projektet Vägval för klimatet.

Jonasson (2018). PM. Scenarier för jordbrukets klimatpåverkan med livsmedelsstrategin och ändrad konsumtion.

Jordbruksverket (2010). Minskade växnäringsförluster och växthusgasutsläpp till 2016 – förslag till handlingsprogram för jordbruket.

Jordbruksverket (2012). Ett klimatvänligt jordbruk 2050. Rapport 2012:35.

Jordbruksverket, Livsmedelsverket och Naturvårdsverket (2013). Hur liten kan livsmedelskonsumtionens klimatpåverkan vara år 2050? – ett diskussionsunderlag om vad vi äter i framtiden.

Jordbruksverket. 2014. Utsläpp av växthusgaser från jordbrukssektorn 2020-2035.

Jordbruksverket (2016). Förgröningen i praktiken – kostnader kontra miljönyttor. Rapport 2016:18

Jordbruksverket (2017). Exploatering av jordbruksmark 2011–2015. Rapport 2017:5.

Jordbruksverket (2018a). Hur kan den svenska jordbrukssektorn bidra till att vi når det nationella klimatmålet? Rapport 2018:1.

Jordbruksverket (2018b). Återvätning av organogen jordbruksmark som klimatåtgärd. Rapport 2018:30.

Jordbruksverket (2018c). Åtgärdsplan för att öka produktion, konsumtion och export av ekologiska livsmedel. Rapport 2018:16.

Jordbruksverket (2018d). Ett rikt odlingslandskap, fördjupad utvärdering 2019. Rapport 2018:312.

Jordbruksverket (2018e) Statistiska meddelanden, svenskt vattenbruk.

Kumm, K.I. (2013) Träd på marginell jordbruksmark är lönsam klimatpolitik. Ekonomisk Debatt 2013:3.

Lantz, M., & Björnsson, L. (2016). *Emissioner av växthusgaser vid produktion och användning av biogas från gödsel*. Miljö-och energisystem, LTH, Lunds universitet.

Lindgren & Lundblad (2014). Towards new reporting of drained organic soils under the UNFCCC – assessment of emission factors and areas in Sweden.

Lunds Universitet (2016) Potential för ökad tillförsel och avsättning av inhemsk biomassa i en växande svensk bioekonomi.

- Ming Yang m.fl. (2016). Efficiency of two nitrification inhibitors (dicyandiamide and 3, 4-dimethylpyrazole phosphate) on soil nitrogen transformations and plant productivity: a meta-analysis. *Scientific Reports* volume 6, Article number: 22075
- Naturvårdsverket (2013) På väg mot ett ekonomiskt hållbart, högproducerande och klimatsmart jordbruk med höga landskapsvärden.
- Naturvårdsverket (2018). Beskrivning av SASM. Rapport 6815.
- Nielsen, O. K., Plejdrup, M. S., Winther, M. m fl. (2017). Projection of greenhouse gases 2016-2035. Aarhus Universitet.
- Nordiska ministerrådet (2017) Nordic nitrogen and agriculture - Policy, measures and recommendations to reduce environmental impact (2017). *TemaNord* 2017:547.
- Olesen, J. E., Petersen, S. O., Ovesen, P. L. m fl. (2018). Virkemidler til reduktion af klimagasser i landbruget. Aarhus Universitet.
- Olofsson, J., & Börjesson, P. (2016). Nedlagd åkermark för biomassaproduktion– kartläggning och potentialuppskattning. (*Report No. 2016: 01*).
- Prade, T., Björnsson, L., Lantz, M., & Ahlgren, S. (2017). Can domestic production of iLUC-free feedstock from arable land supply Sweden's future demand for biofuels?. *Journal of land use science*, 12(6), 407-441.
- Prop. 2016/17:104. En livsmedelsstrategi för Sverige – fler jobb och hållbar tillväxt i hela landet
- Prop. 2016/17:146. Ett klimatpolitiskt ramverk för Sverige
- N2017/00647/KOM Regeringskansliet. Näringsdepartementet. Regeringens handlingsplan: En livsmedelsstrategi för Sverige – fler jobb och hållbar tillväxt i hela landet
- Röös Elin (2012) Mat-klimat-listan Version 1.0. Rapport 040 ISSN 1654-9406.
- Skogsstyrelsen (2017). Bioenergi på rätt sätt - Om hållbar bioenergi i Sverige och andra länder. Rapport 2017/10.
- Skogsstyrelsen m.fl. (2017) En översikt initierad av Miljömålsrådet om hållbar bioenergi i Sverige och andra länder Rapport 2017/10.
- SLU (2007) Import av kött – export av miljöpåverkan. SLU 2007.

SLU (2011) Fem framtidsscenarier för 2050 – förutsättningar för lantbruk och markanvändning.

SLU (2015) Framtida risker och hot mot svensk spannmåls- respektive mjölkproduktion.

SLU (2015) Hållbar svensk proteinkonsumtion ”Kött och mjölk från djur uppfödda på bete och restprodukter – ger det en hållbar kost”.

SOU 2016:47. En klimat- och luftvårdsstrategi för Sverige

Stålnacke m.fl. (2014) Introduction: Nitrogen losses from agriculture in the Baltic Sea region. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 198 (2014) 1–3
Sweden’s National Inventory Report, (2018).

Svenskt Gastekniskt Center (2012). Basdata om biogas. Tredje Upplagan.
<http://www.sgc.se/ckfinder/userfiles/files/BasdataomBiogas2012.pdf>.

Wirsenius, S. (2019). PM: Utsläpp av växthusgaser från svensk produktion och konsumtion av mat år 2045.

Örlander, G. (2010). Nyttja skogen effektivt för att bromsa växthuseffekten. *Kungl. skogs- och lantbruksakademiens tidskrift*. Nr 4.

Øygarden, L m.fl. (2014) Climate change and the potential effects on runoff and nitrogen losses in the Nordic–Baltic region. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 198, 114–126.

Bilaga A Metodbeskrivning

I denna bilaga återfinns kortfattade beskrivningar av de modeller som använts i studien (SASM & ALBIO) (A1) samt en detaljerad beskrivning av de modellantaganden som gjorts (A2). Bilagan innehåller också en detaljerad beskrivning av beräkningarna av utsläpp och upptag av växthusgaser som inte ingår i ALBIO-modellen.

A1 Modellbeskrivningar

Ett scenario kan sägas vara en trolig beskrivning av ett framtida tillstånd. Scenarier kan vara explorativa, normativa eller prediktiva. Ett explorativt scenario undersöker möjliga framtider givet en rad förutsättningar. I ett normativt scenario försöker man istället nå ett särskilt tillstånd och scenariot beskriver möjliga vägar att nå till detta scenario. Ett prediktivt scenario är ett försök att förutsäga den mest troliga framtida utvecklingen. Ett prediktivt scenario kan, om det sträcker sig över en kortare tidsperiod, kallas för en prognos (jämför väderprognos med klimatscenario). De scenarier som tas fram i detta arbete kan definieras som antingen explorativa, normativa eller prediktiva. Referensscenariot är ett försök till ett prediktivt scenario medan vi i ett scenario för livsmedelsstrategin har delvis satta mål för hur framtidens jordbrukssystem ska se ut. I ett scenario med åtgärder på produktionssidan snarare kan ses som explorativt.

En modell är en matematisk representation av ett verkligt system. I en modell försöker man efterlikna verkliga skeenden, till exempel vädersystem i en klimatmodell, ekonomiska avväganden i en ekonomisk modell eller effekten av vädret under en växtsäsong på skördenivåer i en skördmodell. Alla modeller har en systemavgränsning vilket innebär att den bara beskriver en del av verkligheten. Det innebär att övriga faktorer som påverkar modellen är externa. Till exempel så simulerar en klimatmodell inte hur utsläppen av växthusgaser förändras över tid, och en skördmodell inkluderar inte simuleringar av hur klimatet förändras över tid utan dessa faktorer är data som behövs för att driva modellen.

En modell kan därför inte ses som en sanning utan varje simulering är associerad med en rad osäkerheter som bland annat beror på sättet modellen representerar verkligheten (förenklingar och systemavgränsningar) samt vilken data som finns tillgänglig. Ju längre i framtiden ett scenario sträcker sig, desto större är osäkerheterna.

I denna studie använder vi oss av två modeller och en rad antaganden om framtida produktion. Scenarierna för ändrad produktion bygger på SASM-modellen som är en ekonomisk jämviktsmodell. Denna modell bygger till exempel på antagandet att alla lantbrukare göra det som är mest lönsamt för dem med de ekonomiska, politiska och tekniska förutsättningar som specificerats i respektive scenario i

modellen. Detta är ett rimligt modellantagande men återspeglar inte helt verkligheten. Modellen använder sig av prisprognoser och i vårt arbete använder vi oss av framskrivningar av observerade trender. Det finns en rad faktorer som påverkar framtida priser och produktionsnivåer som inte med säkerhet går att förutse eller som inte ingår i modellantaganden i SASM, till exempel framtida geopolitik, förändrad efterfrågan på olika jordbruksprodukter, samt klimatförändringars påverkan på skördenivåer.

Den andra modellen, ALBIO-modellen, räknar på utsläppen av växthusgaser från livsmedelsproduktionen. Här ligger osäkerheterna i att utsläppen många gånger är platspecifik och väderberoende vilket gör att utsläpp måste beräknas med hjälp av emissionsfaktorer. Dessutom är flera av åtgärderna i modellen under utveckling så det finns osäkerheter om hur stor effekten av dessa åtgärder är på utsläppsminskningarna.

A1.1 SASM-modellen

SASM är en matematisk programmeringsmodell för jordbruket i Sverige. Modellen beaktar de viktigaste produktionsgrenarna, tillgång och priser på insatsmedel, förädling av produkter till handelsvara, efterfrågan av olika livsmedel och transportkostnader såväl inom Sverige som vid import och export.

Modelltekniken går i korthet ut på att olika grödor och djurslag kombineras regionalt för att få högsta möjliga ekonomiska utbyte för såväl producent som konsument. Detta sker med hänsyn tagen till varje regions unika tekniska, biologiska, ekonomiska och politiska förutsättningar. Den fråga som modellen besvarar är hur jordbruket skulle se ut om alla jordbrukare gjorde det som var mest lönsamt för dem med de ekonomiska, politiska och tekniska förutsättningar som specificerats i respektive scenario i modellen.

Beräkningarna har genomförts med den version av SASM som finns dokumenterad i Naturvårdsverkets rapport 6815¹¹². Den basversion som beskrivs där har sedan anpassats för att skapa de olika scenarierna. Anpassningarna gäller främst förväntade priser för produkter och produktionsmedel vid de olika framtida årtalen, förväntad produktivitet utveckling samt en ökande möjlighet att anpassa markanvändning och byggnads-beståndet vid ett längre tidsperspektiv.

Från modellen erhålls bland annat uppgifter om antal djur, arealer som brukas med olika grödor, behovet av arbetskraft, mängden mineralgödsel som används och en beräknad förbrukning av drivmedel till arbetsredskapen.

A1.2 ALBIO-modellen

Datormodellen ALBIO (Agricultural Land use and BIOMass flows model) ger en biofysisk representation av jordbruks- och matproduktion. Huvudsyftet med

¹¹² Naturvårdsverket (2018). Beskrivning av SASM.

modellen är att beräkna utsläpp av växthusgaser och kväve från sådan produktion. Grundläggande indata är produktivitet och effektivitet i växtodling och djurproduktion, som till exempel skörd per hektar eller mjölkproduktion per ko. Andra viktiga indata är energianvändning samt utsläppsfaktorer för kväve och växthusgaser.

I modellen beräknas växthusgasutsläpp för alla betydande utsläppskällor i jordbruks- och matproduktion:

1. Lustgas från mineraljordar
2. Lustgas och metan från stallar och stallgödsellagring
3. Metan från idisslares och grisars fodermältning
4. ”Indirekta” lustgasutsläpp orsakade av ammoniak- och nitratutsläpp
5. Lustgas och koldioxid från mulljordar
6. Koldioxid från produktion och användning av bränslen och el
7. Koldioxid från transporter
8. Koldioxid och lustgas från tillverkning av mineralgödsel och andra insatsmedel

Dessutom beräknar modellen utsläpp av ammoniak från gödsel, stallar och mark, samt nitratläckage från mark.

Energianvändning beräknas i modellen för bland annat traktor- och maskindrift, och el- och bränsleanvändning i stallar, processer i jordbruk (t ex torkning av grödor, mjölkning) och i livsmedelsindustri. Dessutom ingår energianvändning för transporter och tillverkning av insatsmedel.

Växthusgasutsläpp som *inte* ingår i modellen är bland annat de som sker från produktion och underhåll av byggnader, maskiner, och annan utrustning i jordbruk och livsmedelsindustri. Inte heller ingår utsläpp från produktion och underhåll av transportfordon, vägar och annan transportinfrastruktur. Modellen finns beskriven i mer detaljerad form i Bryngelsson m fl (2016)¹¹³.

A2 Modellantaganden kopplade till scenarierna

Arealer, antal djur, mineralgödselanvändningen samt drivmedelsanvändningen beräknas med hjälp av SASM-modellen medan ALBIO-modellen beräknar utsläpp från jordbruket för fyra av de fem scenarierna (alla utom referensscenariot). För att uppfylla de ramvillkor vi satt upp inom de olika scenarierna behöver en rad modellantaganden göras.

A2.1 Modellkalibrering (SASM)

¹¹³ Bryngelsson (2016). How can the EU climate targets be met? A combined analysis of technological and demand-side changes in food and agriculture.

Grundscenariot för 2017 har kalibrerats så att modellresultatet i möjligaste mån ska överensstämma med verkligt utfall. Det går dock inte att förvänta sig att utfallet ska bli identiskt med verkligheten eftersom modellen:

- Är en förenkling av verkligheten och alla faktorer som påverkar utfallet i verkligheten kan inte fångas in.
- Speglar utfallet på en marknad i jämvikt. I verkligheten är marknaden aldrig i jämvikt, hektarskördarna är sällan på genomsnittlig nivå och de internationella priserna svänger på ett sätt som sällan kunde förutses när produktionsbesluten togs. För att hantera detta används genomsnittliga priser för åren 2013 – 2017 som indata till scenariot.
- Ger att betesmarker inte var lönsamma att hålla i hävd med de ekonomiska förutsättningar som gällde under kalibreringen. För att undvika en lösning med färre hektar och färre betande djur har en tvingande restriktion lagts in så att all betesmark hålls i hävd i enlighet med ingångna femårsavtal.

A2.2 Antaganden i referensscenariot (SASM)

Referensscenariot bygger på antaganden om att nuvarande CAP består eller ersätts av något snarlikt, vilket i praktiken leder till sänkta ersättningsnivåer över tid. Bortfallet av jordbruksmark är 0,3 procent per år och det blir ett bortfall med 8,1 procent fram till 2045. Sänkt ersättning till betesmarker eller gårdsstöd skulle troligen innebära en ytterligare minskning av arealen. Detta kommer sannolikt inte tillåtas utan förändringar av stöd eller andra åtgärder. I scenarierna hanteras åker- och betesmarken genom att en restriktion har lagts in. Den gör att arealen jordbruksmark som brukas eller hävdas inte får minska mer än den långsiktiga trenden för minskning av arealen jordbruksmark, det vill säga med högst 8,1 procent fram till år 2045. I övrigt är de viktigaste antaganden i modellen:

- Prisutveckling från OECD/FAO Outlook 2018-2027 med framskrivning till 2045
- Priser för produktionsmedel enligt trender och tillgängliga prognoser
- Förväntad produktivitet utveckling gällande avkastning, arbetstid mm
- Förväntad växelkurs med stärkt krona till 9,20 SEK/EURO
- Förväntad inflationstakt 60 procent fram till 2045 (genomsnitt 1,62 procent per år)

A2.3 Antaganden i produktionsscenario (SASM)

I scenariot med ökad produktion sätts en rad villkor till modellkörningarna som kopplar till en del av målen i livsmedelsstrategin samt handlingsplanen till livsmedelsstrategin. Dessa mål kan sammanfattas som:

- 10 procent ökat reall produktionsvärde
- 30 procent ekologiskt odlad areal
- Bibehållen total areal betesmark

Bibehållen total areal betesmark

I modellen antas sedan tidigare att 0,3 procent av både åkermarken och betesmarken går förlorad varje år (t ex för byggnation av vägar, bostäder, etc). Genom att anta en areal åkermark motsvarande den minskade arealen betesmark övergår till betesmark kan arealen betesmark hållas konstant. Därefter läggs dessutom in restriktionen i modellen om att den hävdade arealen inte får vara mindre än idag.

30 procent ekologiskt odlad areal

I referensscenariot antas att arealen för ekologisk produktion är begränsad till nuvarande nivå. Första åtgärden var att ta bort den restriktionen i beräkningen. Dessutom antas insatser sättas in så att såväl exportmarknaderna som de inhemska marknaderna för ekologiska produkter utvecklas. Ett annat antagande är att de ekologiska produkterna får något mindre real prissänkning än de konventionella vid export. Det gäller då spannmål, oljeväxter, pulvermjölk och smör.

10 procent ökat reallt produktionsvärde

Det finns många tänkbara åtgärder för att öka produktionsvärdet¹¹⁴. Tre av dessa används i beräkningarna.

- Teknikutveckling som gör att hektarskördarna kan öka snabbare än den skattade trenden.
- Marknadsinsatser som gör att priset på svenskt nötkött inte sjunker lika mycket procentuellt sett som importerat kött.
- Marknadsinsatser som gör att exportpriset för ekologiska produkter inte sjunker procentuellt sett lika snabbt som exportpriset för konventionella produkter.

För att nå en 10-procentig ökning av det reella produktionsvärdet antas en prisminskning för svenskt nötkött och ekologiska produkter som är 80 % av prognosen medan hektarskördarna antas öka med 0,6 snarare än 0,5 % per år.

A3 Beräkningar relaterade till markanvändning, produktion av biobränslen samt lagring och spridning av rötad stallgödsel

A3.1. Förändringar i markanvändning i referens- och produktionsscenarierna

Från simuleringarna med SASM får man arealer för olika grödoslag. För att kunna räkna ut förändringar i kolinlagringen slogs arealen av olika grödoslag samman

¹¹⁴ Jonasson (2018). PM. Scenarier för jordbrukets klimatpåverkan med livsmedelsstrategin och ändrad konsumtion.

enligt Bolinder & Kätterer (2019)¹¹⁵ där tre större kategorier av grödor bildades: ettåriga grödor, vall & grönfoder samt träda & gröngödsel. I växtföljd med träda eller gröngödsling antas 4 år ettårig gröda följt av 1 år med gröngödsling eller träda. I åttaårig vall antas 8 år vall följt av 1 år gröda och i treårig vall tre år vall följt av 1 år gröda. Den permanenta vallen som används till vall foder eller bete (eller en kombination) förnyas generellt sett inte och kan ligga obruten mellan 10 till 20 år. I beräkningarna med SASM ingår den inte i någon växtföljd¹¹⁶. Vi antog att långliggande träda är framför allt äldre vall som får ligga kvar eller att det är mark som blir besädd (i det fall det rör sig om en övergång från mark med ettåriga grödor).

Tabell A1. Ändrad markanvändning samt överskottsareal för referensscenariot (SASM 2045) och produktionsscenariot (PROD2045) jämfört med SASM 2017 (1000 hektar).

	SASM 2045	PROD 2045
Ettåriga grödor till gröngödsling	22	103
3-årig vall till gröngödsling	0	26
8-årig vall till gröngödsling	0	28
Ettåriga grödor till 1-årig träda	27	0
Ettåriga grödor till långliggande träda	27	0
Permanent vall till långliggande träda	303	176
Totalt	379	333
3-årig vall till överskottsareal	124	0
8-årig vall till överskottsareal	20	1
Permanent vall till överskottsareal	63	198
1-årig träda till överskottsareal	0	7
Totalt	207	206

Den areal som finns tillgänglig för åtgärder för att t ex öka inlagring av kol eller öka produktionen av biobränslen är den areal som klassas som långliggande träda. I **produktionsscenariot**, är denna areal 198 000 hektar, att jämföras med 351 000 hektar i referensscenariot och 21 000 hektar år 2017.

¹¹⁵ Bolinder & Kätterer (2019). PM till klimatpolitiska vägvalsutredningen.

¹¹⁶ Ibid.

Den areal som tas ur produktion antas antingen bli bebyggd eller aktivt eller passivt beskogas. Den totala arealen som tas ur produktion är i åtgärdsscenarioet: 206 000 hektar. En del jordbruksmark som tas ur produktion bebyggs. Vi antar att den nuvarande trenden för bebyggd jordbruksmark fortsätter¹¹⁷ vilket leder till 16 000 hektar av den jordbruksmark som tas ur produktion bebyggs.

Areal för återvätning

I Färdplan 2050¹¹⁸ skattades det att det fanns 85 000 hektar organogen åkermark i träda eller vall som var möjlig att återvätas. I denna antas att 50 % av denna areal kan återvätas och att all denna areal hamnar i den areal som klassas som långliggande träda. Den areal som kan återvätas kommer i realiteten även att vara sådan mark som överges/beskogas men för enkelhetens skull antas att all mark som återväts tas från den långliggande trädan.

Arealen mellangrödor

Den rapporterade arealen mellangrödor var 2016 64 000 hektar. Enligt Prade m fl. (2017)¹¹⁹ är potentiella arealen att odla mellangrödor idag 194 000 hektar. Denna areal beräknas som summan av en fjärdedel av arealen vårsådd spannmål söder om 61°N, arealen livsmedelsärter samt den arealen nypotatis (17 % av potatis arealen). I åtgärdsscenarioet gör vi samma antaganden som Prade m fl. (2017)¹²⁰. Den totala arealen vårsådd spannmål i scenarierna har skattats (Jonasson, 2018 pers komm) till 533 000 hektar i produktionsscenarioet och i åtgärdsscenarioet (att jämföras med 545 000 hektar i referensscenarioet). Arealen nypotatis antas vara 17 % av den totala potatisarealen och arealen livsmedelsärter antas vara oförändrad jämfört med 2017 (21 000 hektar; Jordbruksverket 2019). Utöver denna areal antar vi att man 2045 kan utnyttja halva arealen höstsådd spannmål (Kätterer, 2019 pers komm). Totalt antar vi därför potentialen till 354 000 hektar mellangrödor.

Energiskog

Av den kvarvarande arealen långliggande träda antas att hälften av arealen odlas med energiskog. För åtgärdsscenarioet blir detta en areal på 78 000 hektar. Om man istället gjort samma åtgärd baserat på arealerna från referensscenarioet hade denna areal istället blivit 158 000 hektar.

A3.2 Utsläppsminskningar i primärproduktionen

¹¹⁷ Jordbruksverket (2017). Exploatering av jordbruksmark 2011–2015.

¹¹⁸ Jordbruksverket (2012). Ett klimatvänligt jordbruk 2050.

¹¹⁹ Prade m fl. (2017). Can domestic production of iLUC-free feedstock from arable land supply Sweden's future demand for biofuels?

¹²⁰ Prade m fl. (2017). Can domestic production of iLUC-free feedstock from arable land supply Sweden's future demand for biofuels?

De antaganden vad gäller utsläppsminskningar som görs i ALBIO-modellen finns beskrivna i kapitel 4.1. Beräkningarna bygger på antaganden som gjorts i Bryngelsson m fl. (2016)¹²¹ och finns beskrivna i Wirsenius (2019)¹²².

A3.3. Minskade utsläpp från rötning av stallgödsel

För produktion av biogas delas utsläppen ut baserat på lagring och spridning av stallgödsel, produktion samt lagring av rötrest. Beräkningar görs enligt tabell 9 och 10 i Lantz & Björnsson (2016)¹²³ för nöt- respektive svinflytgödsel. Eftersom denna tabell baseras på dagens produktionssystem görs ett par modifieringar i beräkningarna av utsläppsminskningarna i åtgärdsscenarioet:

1. För lagring av stallgödsel räknar vi med samma antaganden som görs i ALBIO-modellen, det vill säga att metanet facklas bort med en effektivitet på 80% och en anslutningsgrad på 90%. Detta ger att utsläppen av metan både med och utan rötning antas vara 18% av vad som antas i dagens system
2. I produktionsledet antas samma minskning av metanutsläppet som ovan, men en anslutningsgrad på 100 %.
3. För rötrestlagring antas användning av ett gastätt tak, vilket ger utsläpp motsvarande det som i Lantz & Björnsson (2016)¹²⁴ Tabell 9 och 10 i kallas "Täckning^C"
4. För spridning av stallgödsel görs samma antaganden som i ALBIO-modellen vad gäller nitrifikationshämmare, det vill säga att utsläppen av lustgas antas minska med 40% och en implementeringsgrad på 95%
5. För transport och spridning antas utsläppen från drivmedel bestå av 100 % förnybart vilket antas ge en substitutionsgrad på 80 %

A3.4. Produktion av biobränslen från jordbrukets restprodukter

Det finns en stor potential i Sverige för att använda restprodukter för produktion av biobränslen, antingen genom etanol eller som biogas¹²⁵. Här använder vi oss av samma metod som Prade m. fl (2017)¹²⁶ för att räkna ut den maximala mängden producerad biobränsle, angett i TWh:

¹²¹ Bryngelsson m fl (2016). How can the EU climate targets be met? A combined analysis of technological and demand-side changes in food and agriculture.

¹²² Wirsenius (2019). PM. Utsläpp av växthusgaser från svensk produktion och konsumtion av mat år 2045.

¹²³ Lantz & Björnsson (2016). Emissioner av växthusgaser vid produktion och användning av biogas från gödsel

¹²⁴ Ibid.

¹²⁵ Prade m fl. (2016). Can domestic production of iLUC-free feedstock from arable land supply Sweden's future demand for biofuels?

¹²⁶ Prade m fl. (2017). Can domestic production of iLUC-free feedstock from arable land supply Sweden's future demand for biofuels?

$$\text{Ekvation A1: } P=A * Y * E * 1000$$

Där A är arealen (1000 ha) för den aktuella grödan, Y är skörden för grödan eller skörderesterna i ton torrsbstans per hektar och E är energipotentialen i MWh per ton torrsbstans. För E används värden för biogas respektive etanol från tabell A4.3 i Prade m fl (2017)¹²⁷ och för A tas siffrorna från SASM-körningarna för 2017 och 2045 (REF + LIVS). För skörden (Y) används samma värden som Prade mfl (2017) (Tabell 4)¹²⁸ men omräknat på den antagna skördeökningen för 2045 som antagits i SASM-körningarna, det vill säga ca 15 % högre värden jämfört med 2017. Värdet i Ekvation A1 ovan ger den teoretiska potentialen för produktionen av biogas respektive etanol.

Halm

För halm behöver en viss mängd halm lämnas på fältet för att inte påverka kolinlagringen negativt. Det är denna mängd halm som anges i tabell 4 i Prade m fl. (2017)¹²⁹ och inte, som det felaktigt står, det hållbara uttaget (Prade, 2019 pers. komm.). Det hållbara uttaget för 2015 blir istället differensen mellan den tekniska potentialen och detta värde.

För 2045 räknas den teoretiska skördenivån ut med hjälp av att dividera den teoretiska produktionen (PT) (1000 ton torrsbstans) med den potentiella arealen (1000 hektar) (Tabell 4; Prade m fl 2017)¹³⁰ multiplicerat med skördeökningen till:

$$\text{Ekvation A2: } Y(2045) = (PT / A) * 1,15$$

Andelen av den tekniska potentialen som behöver plöjas ner för att få inte minska på kolinlagringen (B) räknas ut genom att dividera mängden halm som behöver plöjas ned (R) med den tekniska potentialen (PT) (Tabell 4; Prade m fl 2017)¹³¹.

$$\text{Ekvation A3: } B = R / PT$$

För strå blir $B = 1064/2270 = 47\%$ och för oljevaxter $93/270 = 34\%$.

För halm finns även konkurrerande användning av halm t ex för foder, strö och uppvärmning. Enligt Prade (2019, pers. komm.) var den alternativa användningen (AA) för halm från stråsäd 1067 kton och för halm från oljevaxter 21 kton torrsbstans. För 2045 antar vi att den alternativa användningen av halm är densamma som för år 2017.

¹²⁷ Ibid.

¹²⁸ Ibid.

¹²⁹ Ibid.

¹³⁰ Ibid.

¹³¹ Prade m fl. (2017). Can domestic production of iLUC-free feedstock from arable land supply Sweden's future demand for biofuels?

För halm ersätts alltså Y i Ekvation A1 med den hållbara potentialen (HP):

$$\text{Ekvation A4: } HP = Y(2045) \times (1-B) - AA$$

Biogasproduktion

Potentialen för att minska utsläppen av växthusgaser kan delas in i form av substitution av fossila bränslen, men också i form av minskade utsläpp från lagring och spridning av stallgödseln. För minskade utsläpp från lagring och spridning se A3.3. Den potentiella energin från stallgödsel (i TWh) räknas ut som:

$$\text{Ekvation A5: } P = G * V * E * 0,001$$

Där G är mängden producerad flytgödsel i Mton torrs substans, V är mängden producerad biogas per ton stallgödsel (m³ per ton torrs substans) och E är energimängden per m³ gas.

Mängden producerad flytgödsel (G) erhålls från simuleringar med ALBIO-modellen. För G används värden på 244 respektive 325 m³/ton för nöt- respektive svinflyt och för E används värdet 6,5 kWh/m³¹³².

3.5. Produktion av biobränslen från energiskog

Mängden biobränsle som produceras på den areal som i scenarierna antas vara bevuxen med energiskog antas vara 27 600 MWh per hektar och år¹³³.

A.3.6 Substitution av fossila bränslen

För substitution av fossila bränslen i jordbrukssektorn antas utsläppen minska med 80 % jämfört med idag.

A.3.7 Förändringar i kolinlagring orsakade av förändrad markanvändning

Förändrad markanvändning på arealen åkermark

Den förändrade markanvändningen på den areal som är åkermark bedöms, baserat på resonemang som förs av Bolinder & Kätterer (2019)¹³⁴ ha en marginell effekt på nettoinlagringen av kol.

Beskogning av nedlagd jordbruksmark

¹³² Svenskt Gastekniskt Center (2009). Basdata om biogas.

¹³³ Hushållningssällskapet (2014). Energiskogspoppel Slutrapport.

¹³⁴ Bolinder & Kätterer (2019). PM Klimatpolitiska vägvalsutredningen.

Beskogning av nedlagd jordbruksmark kan antingen ske passivt genom igenväxning eller genom aktiva skogsbruksåtgärder. Tillväxten och kolinlagringen är betydligt högre vid aktiv beskogning jämfört med passiv beskogning.

Beskogningens effekt på kolinlagring beror på vilket trädslag som planteras och på vilken mark det sker. Plantering av skog på jordbruksmark där det tidigare odlats vall kommer initialt att resultera i att markens kolförråd minskar men så småningom kommer kolförlusterna att kompenseras genom ökad kolinlagring i biomassa och mark. Beskogning med snabbväxande trädslag kommer snabbare att kunna kompensera kolförluster i marken med inlagring i biomassa jämfört med ett långsamväxande trädslag. För ett enskilt bestånd resulterar beskogningen i en inlagringseffekt under den första omloppstiden men som kvarstår så länge marken återplanteras efter avverkning. Den totala kolinlagringseffekten i ett enskilt landskap eller i ett nationellt perspektiv kan öka så länge ny mark besogas. Sammantaget bedöms beskogning av mark som tagits ur produktion resultera i betydande kolinlagring. Effekten på kolinlagring genom beskogning redovisas dock inte i denna rapport.

Bebyggelse på nedlagd jordbruksmark

Bebyggelse på jordbruksmark leder till en minskning av jordbruksmark. Eftersom den totala arealen bebyggd mark relativt sett är liten blir effekten på kolinlagringen liten. Även om man skulle anta att all mark som bebyggs är permanent gräsmark skulle effekten då bli en minskad inbindning motsvarande 50 kton koldioxid. Därför antas effekten av bebyggd mark vara netto-noll.

Förändrad kolinlagring av en ökad areal energiskog.

Energiskog genererar en ökad kolinlagring jämfört med ettåriga grödor (450 kg kol per hektar och år)¹³⁵. Eftersom den alternativa markanvändningen i detta fall är långliggande träd som har en ännu högre kolinlagring per hektar (645 kg kol per hektar och år om värdet för vall och skyddszoner används även för långliggande träd)¹³⁶¹³⁷ innebär en ökad areal energiskog en minskning av kolinlagringen med 195 kg kol per hektar och år.

A3.8 Återvätning av organogena jordar

Dränerade våtmarkers släpper ifrån sig stora mängder koldioxid och lustgas. Återvätning kan, om kostnaderna hålls låga, vara en samhällsekonomiskt lönsam åtgärd¹³⁸. Utsläppen av växthusgaser både före och efter återvätning beräknas med

¹³⁵ Bolinder, Freeman & Kätterer (2017). Sammanställning av underlag för skattning av effekter på kolinlagring genom insatser i Landsbygdsprogrammet.

¹³⁶ Bolinder, M. & Kätterer, T. (2019). PM Analysera långsiktiga effekter på kolbalansen av åtgärder på jordbruksmark. Klimatpolitiska vägvalsutredningen.

¹³⁷ Ibid.

¹³⁸ Jordbruksverket (2018b). Återvätning av organogen jordbruksmark som klimatåtgärd

hjälp av emissionsfaktorer¹³⁹. Om man antar att den mark som återväts är åkermark i södra Sverige innebär en återvätning i genomsnitt en minskning av utsläppen av växthusgaser med 21 ton koldioxidekvivalenter per hektar och år. Denna siffra inkluderar även utsläppen av lustgas och metan, där lustgas från organogen mark bokförs inom jordbrukssektorn.

A3.9 Ökad kolinlagring från en ökad användning av mellangrödor

Den ökade kolinlagringen från den ökade arealen mellangrödor antas vara 330 kg kol per hektar och år¹⁴⁰.

¹³⁹ Lindgren & Lundblad (2014). Towards new reporting of drained organic soils under the UNFCCC – assessment of emission factors and areas in Sweden.

¹⁴⁰ Bolinder, Freeman & Kätterer (2017). Sammanställning av underlag för skattning av effekter på kolinlagring genom insatser i Landsbygdsprogrammet.

BILAGA B. Förändrad produktion i referensscenariot och produktionsscenariot baserat på simuleringar med SASM-modellen

De resultat som presenteras här kommer från modellkörningar med SASM-modellen och beror alltså på antaganden som gjorts i modellen, men även på de antaganden vi gjort i beskrivningen av scenarierna. Både SASM-modellen, modellantaganden och resultat från simuleringarna som ligger till grund för denna rapport finns beskrivna i en bakgrundsrapport¹⁴¹.

Förändrade arealer och djurantal

I referensscenariot antas den trendmässiga minskningen av jordbruksmark vara 3,8 respektive 8,1 % från 2017 till 2030 respektive 2045. Trots ökad produktion beräknas den aktivt brukade åkermarken kunna minska snabbare är det trendmässiga bortfallet av åker vilket möjliggörs av den trendmässiga ökningen av skördenivån per hektar. Minskat foderbehov till djuren spelar också in för behovet av areal till vall. Effekten av att den aktivt brukade arealen minskar blir att mer åker läggs i träda. 2017 beräknades 21 000 hektar vara såpass olönsamma att odla att det var billigare att lägga den i långliggande träda. 2045 beräknas den långliggande trädan ha ökat till 351 000 hektar i referensscenariot medan den i produktionsscenariot blir 198 000 hektar. Egentligen skulle en stor del av denna areal inte längre vara lönsam att hålla i brukbart skick eftersom EU-stöden urholkas med inflationen. Det har dock antagits att detta inte kommer tillåtas utan att stöden justeras. Därför ligger en restriktion i scenariot som gör att marken hålls kvar som åkermark. Minskat foderbehov till djuren spelar också in för behovet av areal till vall. Ett ökat antal nötkreatur och ökad andel ekologisk produktion i produktionsscenariot jämfört med referensscenariot gör att behovet av arealen vall behöver öka för att täcka djurens behov av grovfoder.

För både referensscenariot och produktionsscenariot kan man se en minskad areal vall, medan arealen träda/gröngödsling ökar (Tabell B1). För övriga grödor är förändringen mindre. Arealen vall är större i produktionsscenariot än i referensscenariot medan arealen träda/gröngödsling och spannmål är något mindre. Arealen betesmark i referensscenariot minskar till 416 000

¹⁴¹ Jonasson (2018). PM. Scenarier för jordbrukets klimatpåverkan med livsmedelsstrategin och ändrad konsumtion.

hektar, medan de antaganden som görs i produktionsscenarioet gör att arealen betesmark är oförändrad jämfört med 2017.

Tabell B1. Beräknad markanvändning jämfört med nuvarande (1 000 ha)

	2017	2030 REF	2030 PROD	2045 REF	2045 PROD
Vall, grönfoder	1 129	818	866	619	700
Höstsäd	391	430	410	408	391
Vårsäd	648	590	561	563	539
Oljeväxt	100	105	114	101	111
Träda, gröngödsling	130	363	346	509	456
Socketbetor	31	30	30	28	28
Potatis	23	26	26	31	26
Öv. Grödor	107	99	107	93	101
Åker totalt	2 559	2 461	2 461	2 353	2 353
Betesmark (hävdad)	453	435	453	416	453

Källa: Sammanställning av officiell statistik och beräkningar med SASM

I båda scenarierna går antalet mjölk- och nötdjur ner medan antalet grisar, kycklingar och höns går upp (Tabell B2). Förändringarna i antalet djur har en nära koppling till den producerade volymen kött. Produktionen av mjölk beräknas ändå öka trots att antalet mjölkkor beräknas minska. Förklaringen ligger i högre produktion per ko. Produktionen av ägg beräknas också öka mer än antalet värphöns. År 2045 beräknas antalet hönor minska eftersom avkastningen per höna ökar snabbare än efterfrågan. Efterfrågan ökar i takt med befolkningstillväxten. I produktionsscenarioet blir minskningen av antalet nöt- och mjölkdjur något lägre medan antalet grisar blir något fler jämfört med referensscenarioet.

Tabell B2. Beräknad djurhållning (1 000 st)

	2017	2030 REF	2030 PROD	2045 REF	2045 PROD
Mjölkkor	326	283	338	273	359
Am/Dikor	189	123	114	74	82
Summa Kalvar < 1 år	444	354	395	305	389
Summa Ungnöt > 1 år	435	341	377	290	369
Sugga	135	139	143	144	150
Värphöns	7 828	9 561	9 554	8 717	8 709
Slaktkyckling prod.	103 488	115 157	115 112	119 725	119 666

Källa: Sammanställning av officiell statistik och beräkningar med SASM

Förändrat produktionsvärde

I båda scenarierna ökar den producerade mängden fram till 2045. Det enda undantaget är nötköttet som beräknas minska i volym (i referensscenariot). Flera faktorer bidrar till detta. Antalet mjölkkor minskar genom ökad avkastning per ko. Då blir det färre kalvar som kan födas upp till slakt. Antalet dikor minskar också men det till följd av låg lönsamhet. Dikoproduktionen är starkt beroende av EU-ersättningarna och dessa antas sjunka med inflationen. Priset på nötkött beräknas också ha en svagare utveckling på EU-marknaden än andra produkter fram till år 2027 enligt prisprognosen från OECD och FAO. De reella priserna förväntas dock sjunka vilket gör att den sammanlagda effekten blir en minskning av jordbruksproduktionens värde med 9 procent 2045 jämfört med 2017 i referensscenariot (Tabell B3). Bortfallet är störst för nötköttet som både beräknas tappa i volym och i pris. Mjölken beräknas också tappa mycket i värde genom lägre pris. I produktionsscenarioet ökar produktionsvärdet i enlighet med antagandet i scenariot. Minskningen i produktionsvärdet för kött blir något mindre jämfört med referensscenariot medan minskningen för spannmål blir något högre. För mjölk ökar produktionsvärdet istället i produktionsscenarioet.

En stor del av det ökade produktionsvärdet ligger i form av mervärdet för ekologisk produktion särskilt i produktionsscenarioet. I siffrorna nedan (Tabell B3) rapporteras det ekologiska mervärdet separat och fördelas inte per produkt. Hade det ekologiska mervärdet istället fördelats på produkterna hade även spannmål ökat i värde.

**Tabell B3. Beräknat produktionsvärde jämfört med nuvarande (milj kr)
(2030 och 2045 är omräknade med inflationen)**

	2017	2030 REF	2030 PROD	2045 REF	2045 PROD
Spannmål	7 109	6 533	6 239	5 945	5 806
Oljeväxt	1 161	1 364	1 333	1 312	1 323
Socket	690	600	608	630	648
Potatis	1 687	1 804	1 811	1 733	1 724
Mjölk	9 293	8 735	9 861	8 368	10 282
Nötkött	5 111	3 335	3 863	2 691	3 615
Griskött	3 648	4 351	4 363	4 881	4 919
Fjäderfä	1 419	1 501	1 510	1 395	1 408
Får, getter	371	311	311	276	276
Ägg	1 476	1 763	1 779	1 399	1 418
Eko mervärde	1 726	1 876	3 957	2 022	4 476
TOTALT	33 691	32 172	35 635	30 653	35 894

Källa: Sammanställning av officiell statistik och beräkningar med SASM

Djurantal i scenarier med minskad köttkonsumtion

I scenarierna med minskad konsumtion av nötkött med 50% (Scenario 4 och 5) antas djurantalet vara detsamma som det som fås fram i SASM-modellen för produktionsscenarioet. För att åstadkomma en ytterligare minskning av konsumtionen antas ett minskat djurantal i modellen. I de scenarier som gjorts med en minskning av nötköttskonsumtionen med 75 procent antas konsumtionen av nötkött minska till den mängd som produceras som bi-produkt från svenska mjölkkrasdjur. All nötköttskonsumtion tillgodoses alltså genom uppfödning av mjölkungdjur samt kött från utslaktade mjölkkor. Ingen produktion av nötkött från diko-system sker (Tabell B4).

Tabell B4 Antal djur (i tusental) i svensk djurproduktion för basåret 2017 och scenarierna med konsumtionsåtgärder för år 2045.

	2017	2045 50% reduktion av nötkött	2045 75% reduktion av nötkött
Nötkreatur	1 430	1 190	930
Mjölkkor	320	350	350
Dikor (dvs kor av köttras)	220	100	0
Kvigor för rekrytering	330	310	280
Stutar/tjurar av mjölkkras	200	210	210
Stutar/tjurar av köttras	80	40	0
Kvigor av mjölkkras	20	20	20
Kvigor av köttras	70	35	0
Kalvar mjölkkras (< 3 månader)	50	65	70
Kalvar köttras (< 7 månader)	120	55	0
Grisar			
Suggor	135	150	145
Fjäderfä			
Värphöns	7 800	8 700	8 700

