



Kor och klimat

Elin Rööf



Centrum för ekologisk produktion och konsumtion

Förord

Kan klimatpåverkan som orsakas av utsläpp av växthusgaser från produktionssystem med idisslande djur, till exempel kor, får och getter, kompenseras av kolinlagring i betesmarker och på åkermark där djurens foder odlas? Denna skrift ämnar att kortfattat beskriva kunskapsläget vad gäller den frågan.

Kolinlagring är en högst relevant angelägenhet för ekologisk mjölk- och nötköttsproduktion i vilken foderstärta innehåller mycket grovfoder och bete. Därför valde EPOK att engagera sig i en internationell forskargrupp under ledning av Food Climate Research Network (FCRN), Oxford University, som under 2016–2017 arbetade med att försöka bringa klarhet i den många gånger polariserade debatten kring betande djur och dess klimatpåverkan. Det arbetet resulterade i en rapport, en kortfilm samt omfattande medierapportering. Allt detta material finns samlat här: <https://www.fcrn.org.uk/projects/grazed-and-confused>.

Denna skrift är en kortfattad sammanfattning av ovanstående arbete. Den innehåller också delar som behandlar svenska förhållanden specifikt. I skriften belyses alltså frågor om kolinlagring samt idisslarnas klimatpåverkan men inte andra aspekter på produktionssystem med idisslare såsom värdet av betande djur för biologisk mångfald och ett öppet landskap. Vi vill betona att många fler aspekter än de som finns med här behöver tas med när vi diskuterar hållbarhet av olika typer av livsmedelsproduktion i ett bredare systemperspektiv.

Författaren riktar ett stort tack till följande personer som svarat på frågor och granskat olika delar av texten: Daniel Johansson, Fredrik Hedenus, Martin Persson och Rasmus Einarsson vid Chalmers, Peter Einarsson vid Kvarnå kern AB, Mattias Lundblad, Thomas Kätterer och Mikaela Lindberg vid SLU, Maria Wivstad, Karin Ullvén och Eva Salomon vid EPOK, SLU. Arbetet med skriften har finansierats av EPOK. Det ska dock påpekas att det är författaren som ansvarar för rapportens innehåll

Uppsala, april 2019

*Elin Röö s
Biträdande universitetslektor och författare till skriften,
Institutionen för energi och teknik, SLU*

*Maria Wivstad
Föreståndare,
EPOK, SLU*

Kor och klimat

Publiceringsår: 2019, Uppsala

Författare: Elin Röö s, Inst. för energi och teknik, SLU

Utgivare: SLU, EPOK – Centrum för ekologisk produktion och konsumtion

Layout och textredigering: Karin Ullvén

Illustrationer, omslag: Fredrik Saarkoppel

Tryckeri:

Font: Akzidenz Grotesk & Bembo

ISBN 978-91-576-9673-1

© SLU, Sveriges lantbruksuniversitet

Sammanfattning

Produktion av kött och mjölk från idisslare genererar utsläpp av växthusgaser i form av metan från idisslarnas fodermältning, lustgas och koldioxid från foderproduktionen, metan och lustgas från gödselhantering samt koldioxid från energianvändning i stallar och slakterier. Till det kommer utsläpp från avskogning i framför allt Sydamerika som orsakas av ökad efterfrågan på foder och betesmark. Utsläppen från djurhållningen domineras av utsläpp av metan från framför allt idisslarnas fodermältning. Metan är en växthusgas som på kort sikt värmer atmosfären betydligt mer än koldioxid men som bryts ner efter cirka ett decennium, medan en stor del av koldioxiden stannar i atmosfären för alltid. Detta innebär förenklat att **konstanta utsläpp av metan inte ytterligare ökar temperaturen eftersom det metan som släpps ut bara ersätter det metan som försvinner**. Ökade utsläpp av metan ökar dock uppvärmningen medan minskade utsläpp av metan medför en temperatursänkning. Minskade utsläpp av koldioxid innebär däremot endast en långsammare uppvärmning av atmosfären. Sett över hundra år och med både gasernas uppvärmande förmåga och deras livslängd beaktat orsakar utsläpp av 1 kg metan en klimateffekt som är 34 gånger större än utsläpp av 1 kg koldioxid.

Under vissa förhållanden kan utsläppen som djurhållningen orsakar delvis eller helt kompenseras av att marken där djurens foder odlas och där de betar lagrar in kol genom att en del av kolet i växtresterna stabiliseras i marken under nedbrytningsprocessen. Störst potential att lagra in kol har marker med lågt kolinnehåll, till exempel överbetade marker eller åkermark där ettåriga grödor odlats under lång tid. Förändrad markanvändning, som övergång från ettåriga grödor till flerårig vall, leder till att större mängder kol tillförs marken. **Kolinlagringen avtar med tiden då marken intar ett nytt jämviktsläge** och markkolet kan också återgå till atmosfären om markanvändningen förändras igen, till exempel om vall eller permanenta beten på åkermark plöjs upp.

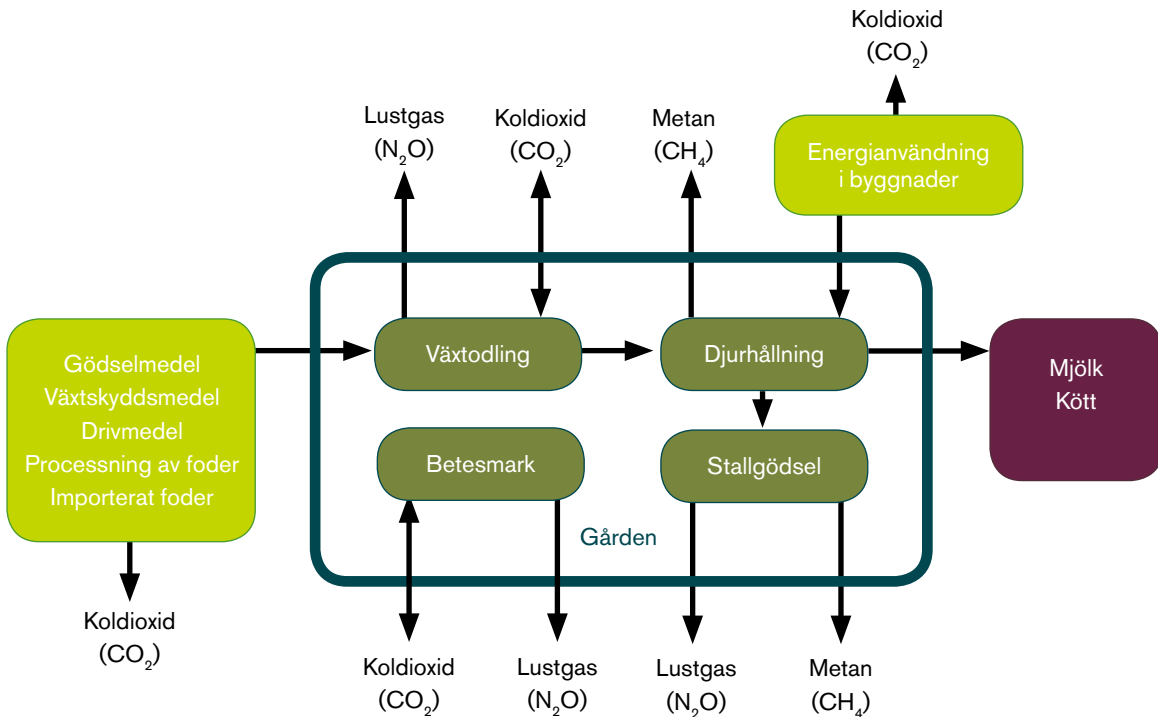
Globalt finns betydande potential att lagra in kol i jordbruksmark. Potentialen att lagra in kol är större i åkermark (globalt 2-7 miljarder ton koldioxid per år) än i betesmark (globalt 0,35-1,4 miljarder ton koldioxid per år). Utsläppen förknippade med all djurhållning globalt uppgår till cirka åtta miljarder ton koldioxidekvivalenter. Kolinlagring i betesmarken globalt kan således inte kompensera för djurhållningens eller de betande djurens utsläpp (två miljarder ton koldioxidekvivalenter), och är betydligt lägre än de totala utsläppen av växthusgaser globalt (cirka 50 miljarder ton koldioxidekvivalenter). Detsamma gäller även för Sverige där betesmarkerna idag beräknas lagra in mellan 0,1 och 0,3 miljoner ton koldioxid per år vilket kan jämföras med utsläppen från idisslarna på cirka sex miljoner ton koldioxidekvivalenter per år eller Sveriges totala utsläpp på 53 miljoner ton koldioxidekvivalenter per år. Mätningar av kolhalten i svensk åkermark tyder på att den ökade vallodling som skett i Sverige under de senaste decennierna årligen ökar inlagringen av kol motsvarande totalt cirka 2,4 miljoner ton koldioxid per år.

Att öka inlagringen av kol i marken och att bibehålla befintligt markkol är viktigt för att öka och bibehålla markens bördighet och är en viktig del i att minska klimatpåverkan. Produktionssystem med bete har många fördelar, bland annat för djurens välfärd och genom att djuren omvandlar för människan osmältbar biomassa till näringsrika livsmedel. Dessutom bidrar bete av svenska naturbetesmarker till att livsmiljöer för många hotade arter bibehålls. Det är dock **inte troligt att inlagring av kol i betes- och fodermarker helt eller till stor del kan kompensera för de utsläpp av växthusgaser som djurhållningen orsakar utom i enskilda undantagsfall**.

En klok avvägning mellan flera miljömål och sociala aspekter behöver göras för att komma fram till vad som kan anses vara en lagom stor mängd idisslare i Sverige och globalt. ■

Innehåll

1. Inledning	5
2. Utsläpp av växthusgaser från djurhållning	6
3. Så fungerar kolinlagring.....	7
4. Kolinlagring i gräsmarker globalt	10
5. Kolinlagring i svensk åkermark	12
6. Kolinlagring i svensk betesmark	15
7. Klimatneutrala produktionssystem.....	17
8. Klimatpåverkan från metan	19
9. Slutsatser	23
Referenser	26



Figur 1. För att kunna bedöma nettoeffekten av kolinlagring i mark måste man beakta både utsläppen och inlagringen.

1. Inledning

I debatten om idisslarnas klimatpåverkan dyker olika påståenden upp kring kolinlagring. Resonemanget är att klimatpåverkan från idisslarna inte är så stor som hittills gjorts gällande eftersom utsläppen av växthusgaser helt eller delvis kompenseras av den inlagring av kol som sker i betesmark och i åkermark som används för foderproduktion. Ett av de mer långtgående påståendena i detta sammanhang som fått stor spridning kommer från Allan Savory, biolog från Zimbabwe, som i sitt TED-talk från 2013¹ hävdar att genom att införa så kallad *holistic grazing* skulle 500 miljarder ton kol kunna tas upp från atmosfären av världens betesmarker under 40 år. Detta kan jämföras med de cirka 555 miljarder ton kol som har släppts ut hittills sedan den industriella revolutionen. Påståendet bygger dock på ett antal mycket optimistiska antaganden. Dels är den årliga inlagringstakt som Savory antar (2,5 ton kol per hektar – cirka 9 ton koldioxid per hektar) en mycket högre inlagringstakt än de genomsnittliga potentialer man finner i den vetenskapliga litteraturen. Och dels antar Savory att *holistic grazing* ska införas på fem miljarder hektar betesmark, vilket är mer betesmark än vad till exempel FAO och IPCC uppskattar att det finns (cirka 3,5 miljarder hektar²). Vidare är det inte troligt att en sådan hög inlagring skulle kunna pågå i 40 år på all betesmark globalt eftersom kolinlagringen avtar med tiden och potentialen hos olika marker att lagra in kol är mycket varierande. Slutligen beaktar inte Savory de ökade metan- och lustgasutsläpp som storskaligt införande av *holistic grazing* skulle innebära.

Även om Savorys påstående om potentialen för kolinlagring i betesmarker kan anses kraftigt överdrivna finns all anledning att i större utsträckning beakta utsläpp från eller inlagring av kol i jordbruksmarken när vi uppskattar klimatpåverkan från olika jordbrukssystem. Det är viktigt vid utvärdering av produktionsformer med mycket bete och vall i foderstaten, som till exempel i ekologisk djurproduktion, i relation till produktionsformer med mer spannmål och proteinfoder i foderstaten. Vi vet med säkerhet att om mer kol tillförs marken än vad som avgår, binder marken in kol och det blir en positiv effekt för klimatet – koldioxid tas upp från atmosfären och kolet ombildas till mer stabila former i marken. Eftersom förrådet av kol

i marken är stort kan små förändringar i markkolet ha stor betydelse för den totala växthusgasbalansen jämfört med andra utsläppskällor från jordbruket såsom till exempel användning av fossila drivmedel. Om marken är en kolsänka eller ej beror på många faktorer, bland annat typ av mark och markens ursprungliga kolhalt samt hur mycket kol som tillförs i form av rötter, växtrester, stallgödsel och annat organiskt material. Generellt gäller att odling av vall (gräs och eventuellt andra örter, exempelvis klöver) som utgör en stor del av idisslarnas foderstat i Sverige lagrar in eller håller kvar mer kol än odling av spannmål och andra ettåriga grödor.

Frågan är då: I vilken grad kan klimatpåverkan som orsakas av utsläpp av växthusgaser från produktionsystem med idisslande djur, till exempel kor, får och getter, kompenseras av kolinlagring i betesmarker och på åkermark där djurens foder odlas?

Denna skrift ämnar att på ett kortfattat och lättbegripligt sätt beskriva kunskapsläget när det gäller att svara på denna fråga. För att göra det behöver vi dels veta hur stora utsläppen av växthusgaser är från produktionen av kött och mjölk från idisslande djur i olika system och dels hur mycket kol som lagras in i marken i dessa system. Genom att jämföra utsläpp och inlagring kan man få en uppskattning av vad nettoeffekten är (Figur 1).

Rapporten är uppbyggd på följande sätt: I kapitel 2 redovisas kortfattat djurhållningens utsläpp i Sverige och världen. I kapitel 3 förklaras hur kolinlagring i mark fungerar och i kapitel 4 redovisas vad den senaste litteraturen säger om potentialen att lagra in kol i världens betesmarker. I kapitel 5 och 6 vänder vi blicken mot den svenska åker- och betesmarken. Kapitel 7 beskriver kortfattat några fallstudier som beaktar både utsläpp och kolinlagring i idisslarsystem. I kapitel 8 reder vi ut metanets klimatpåverkan eftersom det är denna växthusgas som dominerar klimatpåverkan från mjölk- och köttproduktion från idisslare. I kapitel 9 sammanfattas några slutsatser. ■

¹ https://www.ted.com/talks/allan_savory_how_to_green_the_world_s_deserts_and_reverse_climate_change?language=en

² Ett ton kol motsvarar ca 3,7 ton koldioxid.

2. Utsläpp av växthusgaser från djurhållning

Enligt FAO orsakar den globala djurhållningen cirka 15 procent av de globala växthusgasutsläppen (Figur 2)². I den siffran är då inräknat utsläpp från foderproduktion (inklusive avskogning och annan förändrad markanvändning relaterat till djurhållningen), metanutsläpp från idisslarnas fodermältning samt utsläpp från gödselhantering och energianvändning i hela kedjan inklusive slakt och transporter.

Den svenska djurhållningen (exklusive hästar) står för 15 procent (cirka åtta miljoner ton koldioxidkvivalenter) av Sveriges totala utsläpp av växthusgaser, varav idisslarna står för tolv och grisar och fjäderfä för tre procentenheter⁴. Eftersom cirka 50 procent av nötköttet, 30 procent av gris- och kycklingköttet, 5 procent av äggen och 25 procent av mjölken (främst i form av ost) i den svenska kosten importeras⁵ så är det stor skillnad på de utsläpp som orsakas av den *svenska djurhållningen*, det vill säga cirka åtta miljoner ton och de utsläpp som orsakas av den *svenska animaliekonsumtionen* som uppgår till cirka tretton miljoner ton koldioxidkvivalenter⁶ (Figur 3).

Genom att fördela utsläppen på produkter får man fram ett mått på utsläppsintensiteten, det vill säga ut-

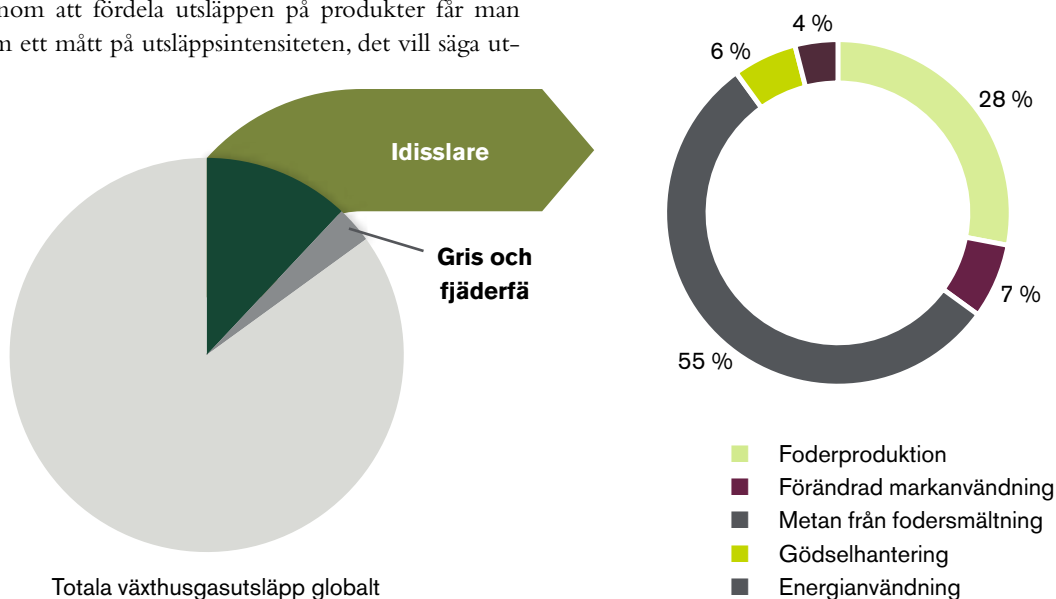
släpp per kg produkt. Kött från idisslare orsakar då betydligt större utsläpp än kött från enkelmagade (gris och fjäderfä) djur och vegetabiliska proteinkällor på grund av framför allt metanutsläppen. Variationen är dock stor. Generellt har mer extensiva system högre utsläpp av växthusgaser per kg produkt eftersom djuren växer långsammare och då äter mer och hinner släppa ut mer metan under sin livstid i förhållande till den mängd kött som produceras. Dock har eventuell kolinlagring i marken oftast inte beaktats i de bakomliggande analyserna. Vi återkommer till detta i kapitel 7. Observera även att bedömning av vilket kött som är mest hållbart behöver beakta fler aspekter än endast klimatpåverkan, däribland andra miljöaspekter, antibiotikaanvändning, djurvälstånd etc. ■

³ <https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions>

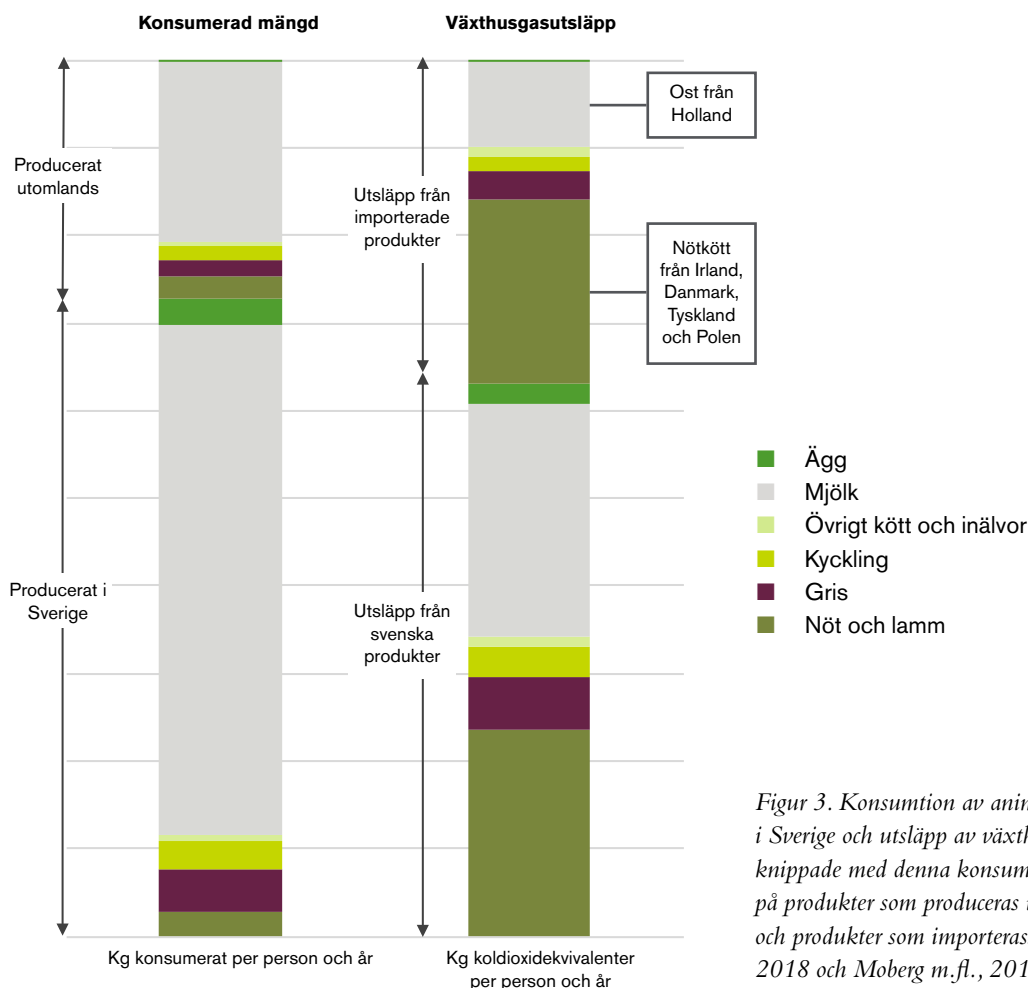
⁴ Beräknad utifrån produktionsstatistik (SJV, 2018) och klimatdata i Moberg et al (2019).

⁵ <http://www.jordbruksverket.se/download/18.1b358225166a2c7e01d5acda/1540804192724/kortanalysprocent20svenskprocent20marknadsandelprocent20-procent202018.pdf>

⁶ Beräknad utifrån konsumtionsstatistik (SJV, 2018) och klimatdata i Moberg et al (2019).



Figur 2. Idisslarnas bidrag till de globala växthusgasutsläppen. Källa: Gerber m.fl. (2013). Totalt orsakade djurhållningen 8,1 miljarder ton koldioxidkvivalenter år 2010, varav idisslarnas bidrag var 6,4 miljarder ton koldioxidkvivalenter dominerat av nötkreaturens utsläpp på 5,0 miljarder ton koldioxidkvivalenter. De totala utsläppen av växthusgaser från alla sektorer (inklusive energisektorn, transportsektorn etc) var samma år 51 miljarder ton koldioxidkvivalenter³.



Figur 3. Konsumtion av animalieprodukter i Sverige och utsläpp av växthusgaser förknippade med denna konsumtion uppdelat på produkter som produceras i Sverige och produkter som importeras. Källa: SJV, 2018 och Moberg m.fl., 2019.

3. Så fungerar kolinlagring

Kolinlagring innebär att mängden kol som tillförs marken är större än den som avgår från marken under nedbrytningsprocessen. På så sätt ökar markens kolförråd. Tillförsel av organiskt material till marken är en viktig faktor för kolinlagring. Genom att tillföra näringsämnen i form av gödsel eller växtrester från kvävefixerande växter ökar grödornas tillväxt och på så sätt också tillförseln av kolrik rotmassa och skörderester till marken. Mellangrödor är också ett bra sätt att öka tillförsel av kol till marken (Poeplau m.fl., 2015a). Stallgödsel innehåller

mycket kol och är viktig för kolbalansen där den tillförs, men den tillför inte något nytt kol utan kolet förflyttas bara i landskapet. Det vill säga att om exempelvis kolet i foder och halm som skördas från en åker sprids på en annan åker så innebär det att kol bara flyttas från en åker till en annan och det sker ingen nettoinlagring av kol på gården som helhet (Powlson m.fl., 2011). Hur snabb nedbrytningen av organiskt material är påverkar också kolbalansen och styrs i stor utsträckning av temperaturen och mängden vatten i marken – med hög temperatur och lagom tillgång till

Fördjupningsruta 1:

Olika sätt att sammanställa utsläpp av växthusgaser

Utsläpp av växthusgaser från jordbruk kan sammanställas på olika sätt vilket lätt kan bli förvirrande. Vilka utsläppskällor som räknas till sektorn "jordbruk" varierar och vidare kan utsläpp sammanställas globalt, för enskilda länder eller för olika produkter. Man kan räkna på det som produceras i en viss region eller vad som konsumeras där.

I de riktlinjer som FN:s klimatpanel IPCC ger ut över hur länder ska rapportera sina årliga växthusgasutsläpp så ska endast följande utsläppskällor rapporteras under sektorn jordbruk:

- Metan från djurens fodermältning
- Utsläpp av lustgas och koldioxid från mark
- Utsläpp av metan och lustgas från gödselhantering⁷

Energirelaterade utsläpp inom jordbruket som uppstår till exempel vid produktion av gödsel, dieselanvändning, transporter och el ska rapporteras in under andra sektorer.

Enligt detta sätt att sammanställa utsläppen orsakade jordbruket globalt 2010 cirka 5,5–5,8 miljarder ton koldioxidekvivalenter (IPCC, 2013) vilket motsvarar cirka 10 procent av de globala utsläppen⁸. Energirelaterade utsläpp i jordbrukssektor, till exempel från tillverkning av mineralgödsel och die-

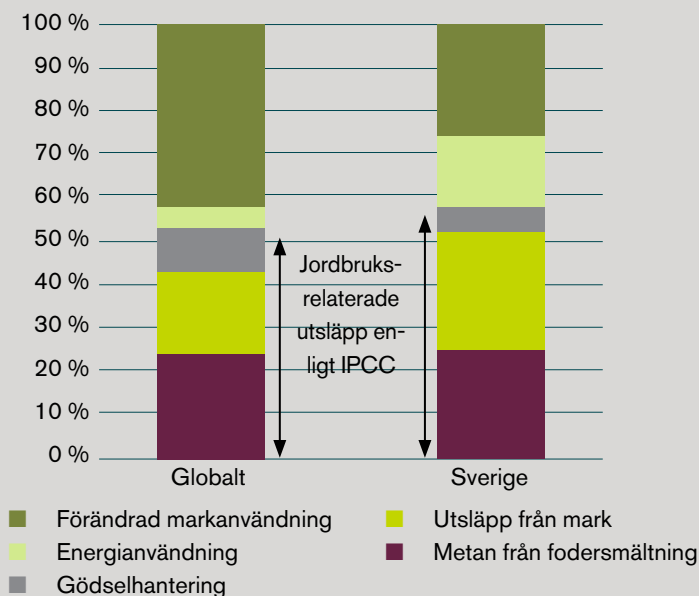
selanvändning på gårdar, adderar 0,3–0,8 miljarder ton koldioxidekvivalenter ytterligare (Vermeulen m.fl., 2012). Eftersom avskogning ofta är en konsekvens av ökat anspråk på jordbruksmark kan man argumentera för att även en viss del av de utsläpp som orsakas av avskogning ska räknas in i jordbrukets utsläpp (Figur 5). Jordbrukets utsläpp blir då totalt någonstans mellan 15 och 24 procent av de totala globala utsläppen beroende på hur man bokför utsläppen från avskogning.

Motsvarande sammanställning kan göras för Sverige (Figur 5). Jordbrukets utsläpp (cirka sju miljoner ton koldioxidekvivalenter enligt IPCCs sätt att räkna) utgör då 13 procent av Sveriges totala utsläpp av växthusgaser – 53 miljoner ton koldioxidekvivalenter. Om även energianvändningen och utsläpp från mulljordarna räknas in blir andelen 23 procent⁹. Här är dock inte den kol som lagras in i svensk jordbruksmark – uppskattad till 2,4 miljoner ton koldioxid årligen – medräknad. Mer om det i kapitel 5.

⁷ <https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Vaxthusgaser-utslapp-fran-jordbruk/>

⁸ <https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions>

⁹ <https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions>



Figur 5. Källor till utsläpp av växthusgaser från jordbruket, globalt och i Sverige. Förändrad markanvändning globalt är framför allt avskogning medan i Sverige är det utsläpp från dränerade före detta torvmarker.

Så fungerar kolinlagring, forts.

vatten sker nedbrytningen som snabbast och kolavgången ökar. Förbättrad skötsel av betesmarker för att optimera tillväxten leder också till ökad kolinlagring. Ofta är ett ”lagom” högt betestryck det som ger högst inlagring eftersom tillväxten av biomassa gynnas.

Tidigare markanvändning har stor betydelse för hur hög kolhalten är i marken idag. Gräsmarker som har skötts på ett och samma sätt under lång tid kan innehålla mycket kol men lagrar inte in någon ny kol eftersom kolinlagringspotentialen avtar med tiden och närmar sig noll då marken uppnår ett nytt jämviktsläge. Störst potential att lagra in kol har marker som är kolfattiga och där man börjar odla grödor som tillför mycket växtrester. Åkermark som länge odlats med ettåriga grödor och som sås med vall binder i regel kol,

medan en mark som varit odlad med vall under lång tid förlorar kol om den plöjs upp. Flerårig vall tillför stora mängder växtrester, inte minst rötter, vilka är en bidragande orsak till vallodlingens potential att lagra in kol. Rasse m.fl. (2005) visade att en större del av kolet i rötter binds in i stabila kolföreningar jämfört med ovanjordiska skörderester. Andra faktorer som påverkar inlagring av kol i mark är jordart, nederbörd och temperatur och näringsstatus. Variationen när det gäller hur mycket kol som binds in i olika typer av marker på olika platser och under olika förhållanden och skötsel är mycket stor. Det är också komplicerat att mäta markkolförändringar och på så sätt säkerställa att inlagring verkligen sker (se Fördjupningsruta 2). En viktig aspekt att beakta är att kolet som lagras in i marken kan förloras igen, till exempel om en vall plöjs upp och ersätts med ettåriga grödor eller om mängden växtrester från olika grödor minskar över tid. ■

Fördjupningsruta 2:

Att mäta förändringar av markkolsinnehåll

Att mäta förändringar i markkol är svårt eftersom förändringarna är små i förhållande till det totala innehållet av markkol och variationerna kan vara betydande över åren.

Det finns i huvudsak tre olika sätt att mäta markkolsförändringar (Karlton m.fl., 2010):

- Upprepade mätningar av markens faktiska kolhalt – kolkoncentrationen i markprov mäts över tid och förändringar kan således skattas. Det krävs ett stort antal provtyper för att kunna skatta små förändringar och långa mätserier – 10 till 15 år – för att kunna säkerställa att inlagring verkligen sker.
- Massbalansmetoder – här utgår man från tillfört kväve och under antagandet att kvoten mellan kol och kväve är konstant kan man således beräkna hur mycket kol som lagras in.

- Eddy flux-metoder – går ut på att mäta och beräkna flöden i atmosfäriska gränsskikt. Genom statistiska metoder får man ut flöden av värme, vatten och koldioxid och genom att jämföra inflödet av koldioxid till marken med utflödet kan man uppskatta kolinlagringen. Eftersom man endast mäter kolflöden ovan jord vet man inte hur mycket kol som faktiskt stannar i marken. En del kan till exempel lakas ut i vatten och försvinna den vägen. Även med den här metoden behöver man mäta över lång tid för att kunna säkerställa att inlagring sker.

Man kan också beräkna potentiella markkolsförändringar med matematiska modeller. Det finns ett flertal sådana modeller tillgängliga som varierar i komplexitet. En sådan modell är ICBM som används för bland annat klimatrapporeringen i Sverige (Andrén m.fl., 2004; 2008).

4. Kolinlagring i betes- och åkermark globalt

Det är komplicerat och behäftat med stora osäkerheter att uppskatta den totala potentialen att lagra in kol i världens gräsmarker. Det är dels osäkert hur mycket gräsmark som finns – FAO uppskattar det till cirka 3,4 miljarder hektar (Fördjupningsruta 4). Vidare är det stor skillnad i potential för kolinlagring i olika typer av gräsmarker beroende på bland annat klimat, jordart, växtarter, skötselåtgärder och historisk markanvändning.

Conant m.fl. (2017) sammanställde data från 126 vetenskapliga studier i vilka man mätt markkolsförändringar från någon typ av förändrad betesskötsel från olika delar av världen (gödsling, odling av baljväxter med mera). Den genomsnittliga inlagringen uppmättes till 1,7 ton koldioxid per hektar och år men med stor variation. Författarna är tydliga med att denna siffra inte kan användas för att extrapolera inlagripotentialen för en viss region eller för potentialen globalt. Man kan alltså inte rakt av multiplicera 1,7 ton koldioxid med mängden gräsmark. För att kunna be-

döma den totala potentialen måste man ta hänsyn till på vilka gräsmarker inlagring har potential att ske. Eftersom studierna som inkluderas i Conant m.fl. (2017) har utförts på marker där man förväntat sig en inlagring är de inte representativa för gräsmarker i stort. Conant m.fl. (2017) skriver:

“However, each of these grazing studies investigated the impacts of a specific grazing management intervention under conditions in which the implemented change in grazing management was warranted and expected to be beneficial. Thus these results do not apply uniformly to all grazing lands and extrapolating the results of this synthesis regionally or globally requires information about where there is scope for improvement of grassland management...”

För att uppskatta potentialen för kolinlagring i världens gräsmarker med hänsyn till var inlagring har potential att ske, använde Henderson m.fl. (2015) två biofysiska modeller som beskriver bland annat kol- och kväveflöden i jordbrukssystem. Åtgärderna som undersöktes var 1) förbättrade betesmetoder, 2) insådd av baljväxter och 3) gödsling med kväve. De inkluderade de gräsmarker där bete för närvarande sker i sina beräkningar, cirka 2,6 miljarder hektar globalt. Insådd av baljväxter eller kvävegödsling tillämpades inte på marker som klassificerades som *rangelands*, det vill säga marker som inte plöjs eller brukas, och som täcks med ursprunglig vegetation (vilket ungefärligt motsvarar våra naturbetesmarker).

Forskarna fann att på majoriteten av betesmarkerna hade åtgärderna ingen positiv effekt på kolinlagringen, snarare förlorades markkol. Men på 28 procent av ytan ledde förbättrade betesmetoder till en inlagring på totalt 148 miljoner ton koldioxid per år. Odling av baljväxter ledde många gånger till att utsläppen av lustgas ökade så mycket att det inte blev någon nettovinst för klimatet. Men på tio procent av betesmarkerna översteg inte klimatpåverkan från lustgasutsläppen den från kolinlagringen (i termer av koldioxidekvivalenter – se kapitel 8) som skedde när baljväxter såddes in och på dessa marker kunde hela 203 miljoner ton koldioxid per år lagras in. Dock ökade lustgasutsläppen på dessa tio procent av betesmarkerna så att den totala klimateffekten av kolinlagringen minskade till 147 miljoner

Fördjupningsruta 3: Kolinlagring och lustgasutsläpp

Lustgas (N_2O) är en kraftig växthusgas – utsläpp av 1 kg lustgas motsvarar utsläpp av cirka 298 kg koldioxid ur ett 100-årsperspektiv (IPCC, 2013). Lustgas bildas i marken som en biprodukt vid omsättningen av kväve i marken. Det kan bildas under nitrifikationen när ammoniumjoner oxideras av bakterier till nitrat. I svenskt klimat är dock denitrifikationen den största källan till lustgasutsläpp. Denitrifikation innebär att nitrat används istället för syrgas i andningsprocessen hos mikroorganismer när vattenhalten är hög.

Kol- och kvävecykeln är tätt sammankopplade. När kolinnehållet i marken ökar, ökar också kväveomsättningen och därmed även avgång av lustgas från marken. Ökade utsläpp av lustgas kan därför helt eller delvis upphäva klimatvinsten med kolinlagringen (Li m.fl., 2005).

Andel av betesmarken	Kommentar	Inlagring och utsläpp, miljoner ton koldioxidekvivalenter per år
28 %	Inlagring genom förbättrade betesmetoder	+148
10 %	Inlagring från insådd av baljväxter	+203
	- Ökade utsläpp av lustgas på dessa 10 %	-56
	Nettopotential	295

Tabell 1. Potential för inlagring av kol i världens betesmarker enligt Henderson m.fl. (2015). Total areal gräsmark globalt som används till bete uppskattades till 2,6 miljarder hektar.

ton koldioxid per år. Gödsling med kväve innebar en ganska liten ökning av kolinbindningen och på alla marker översteg de ökade lustgasutsläppens klimatpåverkan den positiva effekten av kolinlagringen. Nettopotentialen bedömdes alltså vara 295 miljoner ton koldioxid per år (Tabell 1).

Resultaten från denna studie visade att åtgärder för att förbättra betet med syfte att öka kolinlagringen ofta inte fick någon effekt. Ibland förloras istället kol från marken, samt att det fanns risk för ökade utsläpp av lustgas, vilket kan radera vinsterna med kolinlagringen. Sammantaget uppskattas dock att det finns potential för ökad kolinlagring i en del av världens betesmarker, speciellt om bete förbättras genom förbättrade betesmetoder och insådd av baljväxter.

Henderson m.fl. (2015) beräknade också hur utsläppen från idisslarna (metan från fodersmältning och utsläpp från gödsel) skulle öka om antalet djur ökar till att motsvara den ökade mängd biomassa som skulle produceras genom de studerade åtgärderna. Man fann att genom förbättrade betesmetoder, och därmed mer biomassa och fler djur, skulle de ökade utsläppen från djuren radera ut klimatvinsten med kolinlagringen. Notera dock att om den ökade biomassan från förbättrade betesmetoder används till att ersätta kraftfoder i foderstaten hos befintliga djur så att det totala antalet djur inte ökar kan så kan en klimatvinst istället bli resultatet. För insådd av baljväxter däremot innebar de ökade utsläppen från djuren att endast 26 procent av kolinlagringen åts upp. Alltså var nettoeffekten här positiv ur klimatsynpunkt (109 miljoner ton koldioxid kunde lagras in per år).

Vad gäller tidigare vetenskapliga uppskattningar om den globala potentialen att lagra in kol i betesmarker är Smith m.fl. (2008) en studie som citerats flitigt. Här

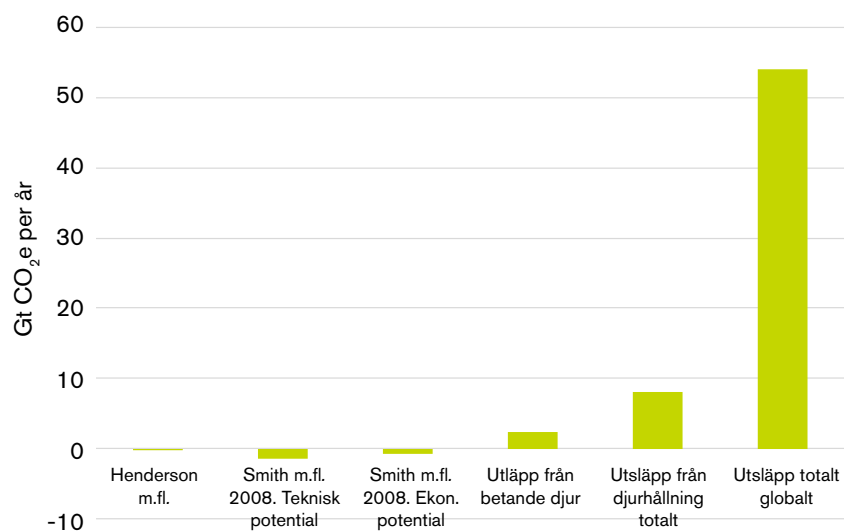
uppskattades att den totala kolinlagringspotentialen är betydligt högre, 1400 miljoner ton koldioxid per år, trots att Smith m.fl. (2008) använder en genomsnittligt lägre uppskattning av inlagringspotentialen (0,11–0,81 ton koldioxid per hektar och år) än vad resultaten i Henderson m.fl. (2015) visar (0,13–0,32 ton koldioxid per hektar och år från förbättrad betesskötsel, och 0,5–4,2 ton koldioxid netto per hektar och år från insådd av baljväxter). Men Smith m.fl. (2008) antar att inlagringen per hektar kan realiseras på en mycket stor areal, 2,4 miljarder hektar, medan modellerna i Henderson m.fl. (2015) visade att inlagring var sannolik endast på 0,7 miljarder hektar (28 procent av de betade gräsmarkerna). Smith m.fl. (2008) uppskattar dock att potentialen skulle reduceras till 800 miljoner ton koldioxid per år om olika hinder till storskalig implementering av åtgärder för att lagra in kol i betesmarker beaktas.

I figur 6 visas den uppskattade kolinlagringspotentialen i betesmark från Henderson m.fl. (2015) och Smith m.fl. (2008) i förhållande till utsläppen från betesbaserade system, all djurhållning och de totala globala utsläppen. Även under optimistiska antaganden så överstiger utsläppen från de betande djuren kolinlagringen i betesmarken, och i förhållande till de globala utsläppen är kolinlagringspotentialen liten. Här är dock potentialen för kolinlagring i åkermark där foder odlas inte medräknad, mer om det nedan. **Oavsett om den totala globala potentialen för kolinlagringen är liten i förhållande till de totala utsläppen är åtgärder för att öka inlagringen av kol i jordbruksmark eller för att stoppa ytterligare förlust av markkol mycket betydelsefulla eftersom det är en viktig del för att nå noll nettoutsläpp av koldioxid, men framför allt eftersom det bidrar till att öka markens bördighet och därmed långsiktiga produktionsförmåga.**

Potentialen för kolinlagring i åkermark globalt bedöms vara betydligt större än potentialen att lagra in kol i permanenta betesmarker, eftersom mycket kol har förlorats från åkermarken historiskt. Med hjälp av åtgärder som förbättrade växtföljder, mellangrödor och förbättrad stallgödselanvändning kan mycket av detta kol lagras in igen. Potentialen bedöms totalt

ligga någonstans mellan två och sju miljarder ton koldioxid per år totalt vilket motsvarar ett genomsnittligt värde på mellan ett och fem ton koldioxid per hektar och år (Zomer m.fl., 2017; Smith, 2016; IPCC 2018). Denna inlagringspotential kan ske både på mark där det odlas vegetabilier för direktkonsumtion och där det odlas foder. ■

Figur 6. Potential för kolinlagring i gräsmarker i förhållande till utsläpp från betesbaserade system, djurhållningen totalt och de globala utsläppen totalt från alla sektorer. Potential för kolinlagring i åkermark där foder odlas är inte medräknad.



5. Kolinlagring i svensk åkermark

Den svenska jordbruksmarken utgör cirka tre miljoner hektar och innehåller cirka 300 miljoner ton kol (NVV, 2018). Tre omfattande inventeringar av den svenska åkermarken har genomförts. En mellan 1988 och 1997, en mellan 2001 och 2007, och slutligen en mellan 2010 och 2017¹².

I dessa inventeringar mäts bland annat kolhalten i matjordslagret (0–20 cm) och i alven (40–60 cm). Mätningarna indikerar att den genomsnittliga koncentrationen av kol i den svenska åkermarken ökat från 2,48 procent till 2,67 procent över perioden vilket innebär en ökning på 7,7 procent över hela perioden eller 0,38 procent per år (Poeplau m.fl., 2015b). En procentuell årlig ökning av kolhalten med 0,38 procent motsvarar en inlagring på 0,9 ton koldiox-

id per hektar (kan jämföras med uppskattningen av vad som skulle kunna lagras in globalt, det vill säga mellan ett till fem ton koldioxid per hektar och år). Ökningen av markkolet bedöms främst vara kopplad till ökad vallodling och gröntråda – andelen vall och gröntråda av den totala användningen av åkermark har under perioden ökat från cirka 30 procent till knappt 50 procent (Figur 7). Långliggande försök visar också att skillnaden i kolhalt mellan växtföljder med i huvudsak vall och de med i huvudsak ettåriga grödor är väsentlig. I ett försök i södra Sverige skiljde det mellan 0,36–0,59 ton kol per hektar mellan en växtföljd med tre år vall och ett år spannmål och en växtföljd med bara spannmål. (Börjesson m.fl., 2018).

¹² <https://www.slu.se/institutioner/mark-miljo/miljoanalys/akermarksinventeringen/undersokningar/mark-grodoinventeringen/>

Fördjupningsruta 4: Olika typer av jordbruksmark

Inom FAO:s jordbruksstatistik delar man upp jordbruksmarken i följande kategorier (FAOSTAT – definitions and standards):

- *arable land* – åkermark med tillfälliga grödor, det vill säga ettåriga grödor som spannmål, baljväxter, oljeväxter, rotfrukter och grönsaker eller vall som ligger mindre än fem år i följd
- *land under permanent crops* – åkermark som används för fleråriga grödor, till exempel fruktträd
- *cropland* – summan av *arable land* och *permanent crops*
- *land under permanent meadows and pastures* – marker som sås med foderväxter som skördas eller betas och som ligger minst fem år i följd. Denna kategori kallas ofta för *grasslands*

Man skiljer också ofta på *rangelands* och *pastures*. *Rangelands* är beväxta med ursprunglig vegetation och bearbetas ofta inte, medan *pastures* är marker som sås, gödslas, ibland bevattnas och sedan skördas eller betas (Henderson m.fl., 2015).

Enligt FAO finns globalt cirka 1,6 miljarder hektar åkermark (*cropland*) och 3,4 miljarder hektar betesmark (*permanent meadows and pastures*) (FAOSTAT, 2016). Trots att det finns mycket mer betesmark än åkermark globalt kommer den allra mesta maten från åkermark – globalt kommer bara ett gram protein per person och dag från djur i betesbaserade system (sådana där 90 procent av fodret kommer från bete) av totalt 81 gram protein (Garnett m.fl., 2017). Betesmarkerna bidrar dock också med foder i system som nyttjar både betesmark och åkermark.

I Sverige är förhållandet mellan åkermark och betesmark omvänt – endast 15 procent av den svenska jordbruksmarken är betesmark och resten är åkermark. Enligt Jordbruksverket är betesmark "ett jordbruksskifte som inte är åkermark och som sköts

med bete, avslagning eller putsning. På marken ska det växa gräs eller örter som kan användas till foder.", medan åkermark är "jordbruksmark som används för växtodling eller som hålls i ett sådant tillstånd att den kan användas för växtodling". Siffrorna vad gäller hur mycket mark som används till bete i Sverige och globalt är dock inte helt jämförbara, eftersom vi har mycket bete även på åkermark, se nedan. Delar av Sveriges stora areal av vall som ingår i en växtföljd både skördas och betas.

Den svenska betesmarken består av före detta åkermark som inte längre brukas eftersom skiftena är små och/eller ligger otillgängligt samt av mark som varit betesmark under lång tid och inte gödslats eller plöjts, så kallade naturbetesmarker. En del av dessa naturbetesmarker har en mycket rik biologisk mångfald. Trettio procent av alla rödlistade arter hotas på grund av att naturbetesmarkerna växer igen, gödslas eller planteras med skog enligt ArtDatabanken¹⁰.

Vall (klöver/gräs) och spannmål dominerar odlingen på den svenska åkermarken. Vallen slås och ensileras eller torkas för att användas som djurfoder. En del av vallen betes också av djur men marktypen är fortfarande åker och inte betesmark – detta bete kallas åkermarksbete och bör inte förväxlas med bete på den egentliga betesmarken inklusive naturbeten.

Även i andra länder finns betesmarker med höga biologiska värden där betande tama djur är en förutsättning för att bevara dessa, bland annat på flera platser runt om i Europa¹¹. På andra platser är dock betande tamdjur ett stort hot mot vilda djur- och växtarter då naturlig vegetation tas bort för att bereda plats för betande tamdjur.

¹⁰ https://www.artdatabanken.se/globalassets/ew/subw/artd/2.-var-verksamhet/publikationer/21.-tillstand-och-trender/rapport_tillstand_och_trender.pdf

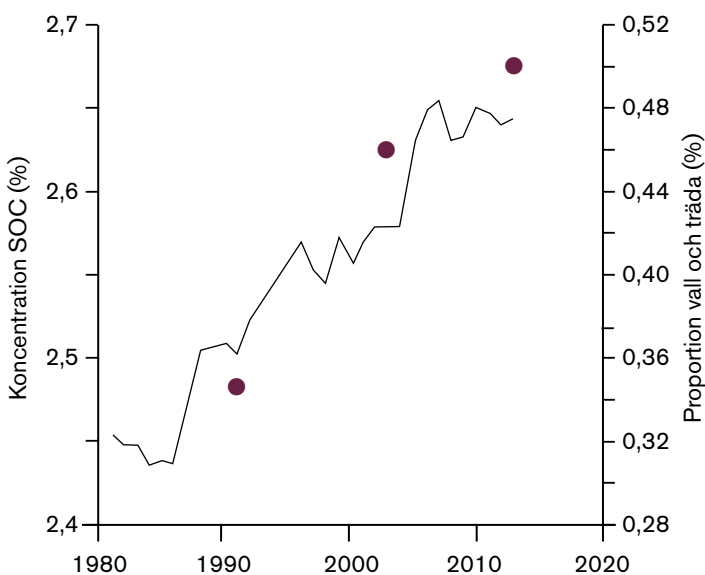
¹¹ <http://www.efnecp.org/projects/projects-in-romania/>

Kolinlagring i svensk åkermark, forts.

Den ökade vallarealen antas i stor utsträckning vara en konsekvens av ett ökat antal hästar. Poeplau m.fl. (2015b) uppskattar att antalet hästar har mer än dubblerats medan antalet nötkreatur minskat med 23 procent.

Analysen av mätdata i Poeplau m.fl. (2015b) visar således att den svenska åkermarken just nu lagrar in cirka 2,4 miljoner ton koldioxid per år¹³, vilket motsvarar 20 procent av de totala utsläppen från jordbruket (Fördjupningsruta 1). Under förutsättning att mängden växtrester som totalt tillförs marken inte minskar kommer denna årliga inlagring att kunna pågå i många år framöver, kanske så länge som 30–50 år, innan jorden närmar sig ett nytt jämviktsläge. **Resultaten ska dock tolkas med viss försiktighet. Dels finns problem med själva urvalet av mätpunkter och det finns stora utmaningar med att mäta små förändringar av markkol. De modelleringar av markkolsförändringar som görs för den svenska klimatinventeringen visar inte på en inlagring utan på mer eller mindre konstanta markkolsförråd. Forskning pågår för att förbättra både analysen av mätdata och modelleringen av markkol.**

Förutom vallodling finns flera andra åtgärder för att öka åkermarkens kolhalt. Forskare vid SLU genomförde 2017 på uppdrag av Jordbruksverket en litteraturstudie över vilka åtgärder som kan vara effektiva för att öka kolinlagringen i svensk jordbruksmark¹⁴. Studien bygger på metaanalyser av publicerade studier och resultat från de långliggande försöken i Sverige. **Analysen visar att vallodling, skyddszoner, energiskog och fånggrödor är insatser som med ganska stor sannolikhet har potential att leda till att kol lagras in i marken.** Att låta halmen ligga kvar och att tillföra stallgödsel och röttslam är andra effektiva åtgärder. För direktsådd och minskad jordbearbetning, det vill säga att man sår utan att plöja, visar flertalet nya metaanalyser att den totala kolinlagringen inte påverkas nämnvärt (Haddaway m.fl., 2017). Direktsådd gör att kolinlagringen ökar i det övre matjordslagret, men den minskar längre ned så totaleffekten blir noll. Dessutom ökar inte nedbrytningen av det organiska materialet i matjorden så mycket vid plöjning under svenska förhållanden som man tidigare trott och som studier från andra delar av världen visar (Kainiemi, 2014). Att marken ligger bar under en längre tid är dock inte bra då det leder till förlust av kol i och med att man har en fortgående nedbrytning under en stor del av året och att ingen



Figur 7: Genomsnittlig kolkoncentration i den svenska åkermarken från de tre olika markinventeringarna (punkter) och andel av åkermarken som odlas med vall eller som ligger i träda (linje) enligt Poeplau m.fl., 2015b).

växtlighet finns som bidrar med växtmaterial. För de åtgärder som troligtvis ofta leder till kolinlagring tog Kainiemi (2014) fram följande nyckeltal för den årliga potentialen:

- Övergång från ettåriga grödor till vall (på åker eller i skydds-zoner) – 2,4 ton koldioxid per hektar
- Tillförsel av stallgödsel – 2,0 ton koldioxid per hektar
- Odling av energiskog – 1,7 ton koldioxid per hektar
- Fånggrödor – 1,2 ton koldioxid per hektar
- Tillförsel av rötslam – 0,29 ton koldioxid per hektar
- Lämna kvar halmen – 0,18 ton koldioxid per hektar

Användning av dessa nyckeltal måste göras med försiktighet. Till exempel sprids redan så gott som all stallgödsel på åkermark i Sverige, så den potentialen är i princip till stor del utnyttjad. Fånggrödor däremot skulle kunna användas mycket mer, uppskattningsvis på upp till så mycket som 20 procent av åkermarken (Thomas Kätterer, personligt meddelande). Vad gäller vallodling beror den totala klimateffekten på vad den ökade vallarealen används till. Vallarna kan till exempel användas till energiproduktion, till att öka vallande-

len i idisslarnas foderstater eller till ökad djurhållning. Ökar djurhållningen ökar också utsläppen från idisslarnas matsmältning och från gödselhantering. Om ökad inhemsk produktion ersätter import medför dock inte en ökad vallbaserad produktion i Sverige ökade utsläpp totalt. För att bedöma om inlagringen av kol blir en total klimatvinst måste man således ta hänsyn till eventuellt ökade utsläpp av växthusgaser från produktionen i sin helhet – mer om detta i kapitel 7. Det bör observeras att den höga inlagripotentialen för vall gäller vid en övergång från ettåriga grödor till vall, det vill säga en förändrad markanvändning. Marker som under lång tid (storleksordning 100 år) odlats med mycket vall befinner sig troligtvis nära eller i jämvikt och lagrar således inte in ytterligare kol, även om de håller mycket kol och förhindrar att det når atmosfären. Vid övergång från ettåriga grödor till vall måste man också beakta indirekta effekter såsom risken att odlingen av den ettåriga grödan flyttar någon annanstans och eventuellt ger upphov till kolför-luster i det odlingsystemet. ■

¹³ 0,9 ton koldioxid per ha * 2,6 miljoner ha åkermark

¹⁴ http://www.jordbruksverket.se/download/18.3421fb8e1634d8e3920b1d48/1526305320843/Rapport_kolinlagring.pdf

6. Kolinlagring i svensk betesmark

Vad gäller den svenska betesmarken så ingår den i den så kallade Markinventeringen¹⁵ (ska inte sammanblandas med Mark- och grödoinventeringen som görs för åkermarken). Markinventeringen utgörs av cirka 20 000 utlagda provtytor spridda över hela landet och på all mark förutom åkermark, bebyggd mark och kalfjäll. Varje år tar man prover på 10 procent av provtytorna så att samma provyta mäts var tionde år. Jordprovet tas i ytan och kolhalten analyseras. Sedan beräknar man kolinnehållet i hela markprofilen utifrån kolinnehållet i ytprovet. Mätningarna visar på en inlagring av kol i betesmarkerna på totalt i genomsnitt mellan 0,1 och 0,3 miljoner ton koldioxid per år vilket motsvarar 0,2–0,7 ton koldioxid per hektar och år.

Uppskattningen av kolinnehållet är osäker eftersom det totala kolinnehållet i marken är stort, provtytorna

i betesmarkerna är få och förändringarna små. Detta gör att resultatet är känsligt för slumpmässig variation. För att verifiera mätningarna i Markinventeringen genomförde Jordbruksverket en uppskattning av naturbetesmarkernas kolinlagripotential genom att använda en massbalansmetod (Fördjupningsruta 2) (Karlton m.fl., 2010). Genom att först bedöma hur mycket kväve som binds in i marken kan markens kolinlagring bedömas genom att multiplicera kväveinbindningen med markens kol-kväve-kvot. Mängden kväve fick man fram genom att beakta nedfall av atmosfäriskt kväve på naturbetesmarkerna, utlakning av kväve från dessa samt upptag av kväve i träd och andra växter. Inlagringen av kol skattades med hjälp av denna metod till 30 kg kol per hektar (motsvarar 0,11 ton koldioxid per hektar och år). Att de svenska

¹⁵ <https://www.slu.se/centrumbildningar-och-projekt/markinventeringen/>

naturbetesmarkerna generellt inte lagrar in mer kol beror på att tillväxten av biomassa är låg, bland annat på grund av att de inte gödslas. Utan tillväxt av biomassa kan ingen kolinlagring ske eftersom det då inte tillförs något kol från växtmaterial. Att gödsla de

svenska naturbetesmarkerna är inte ett alternativ eftersom konkurrenskraftiga växtarter som gynnas av gödsling skulle konkurrera ut många av de ovanliga och hotade arter som finns i dessa marker och som Sverige åtagit sig att bevara. ■

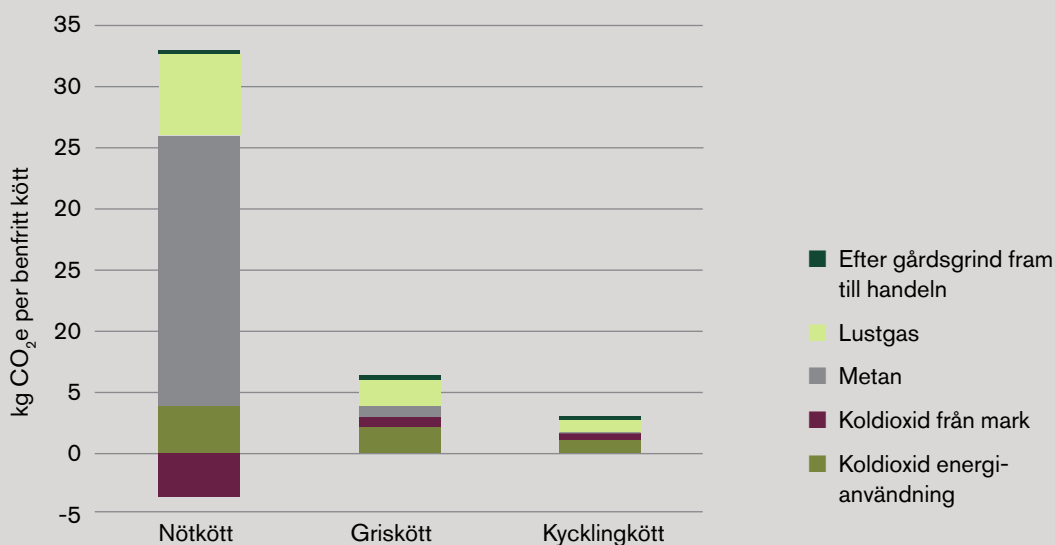
Fördjupningsruta 5:

Klimatavtryck av svenskt kött med kolinlagring inräknat

Ibland kan det vara intressant att beräkna klimatpåverkan per kg produkt, till exempel för det svenska "medelköttet". Det kan behövas för att följa förändringar över tid, för att användas vid beräkning av klimatpåverkan från olika kostmönster eller för konsumentinformation. Utsläppen förknippade med animalieproduktionen kan beräknas med faktorer och metoder som använts under relativt lång tid. Även om osäkerheten i beräkningarna är stor finns idag vedertagna metoder för att beräkna dessa. Till exempel kan metanutsläppen från fodersmältningen beräknas med hjälp av utsläppsfaktorer för olika djurslag och foderstater, och utsläpp från gödselhantering kan uppskattas med hjälp av faktorer som tagits fram baserat på empiriska data. Att ta hänsyn till markkolsförändringar är dock mer komplicerat eftersom man ofta inte vet exakt på vilka marker foder-

odlingen sker och huruvida dessa marker lagrar in eller förlorar kol.

Moberg m.fl. (2019) presenterar dock ett exempel på hur detta kan göras genom att beakta vad de kallar "potentiell markkolsförändring". Tillvägagångssättet är som följer: med hjälp av en enkel markkolsmodell (ICBM, Andrén et al., 2004; 2008) beräknades kolinnehållet i en hektar genomsnittlig svensk åkermark som skulle uppnås vid ett läge då markkolet är i jämvikt om man bara odlade vall år efter år med genomsnittliga svenska skördar. Samma sak upprepades för odling av bara spannmål, raps, baljväxter och rotfrukter. Kolhalten för respektive gröda jämfördes sedan med den nuvarande genomsnittliga svenska kolhalten (2,67 procent; Poeplau m.fl., 2015b). Skillnaden från nuläge och



Figur 8: Utsläpp från genomsnittligt svenskt nöt-, gris- och kycklingkött.

jämviktsläget utgör markkolsförändringspotentialen. Som förväntat visade sig vallen ha en potential att lagra in kol – cirka ett ton koldioxid per hektar och år (över hundra år) – medan odling av de ettåriga grödorna innebär en förlust av markkol på cirka ett halvt till drygt ett ton koldioxid per hektar och år (fördelat över 100 år). Skillnaden mellan vall och ettåriga grödor som man fick fram här stämmer bra överens med empiriska data för nordiska förhållanden (Kätterer m.fl., 2013). Baserat på genomsnittliga skördar för grödorna fick man fram ett mått på markkolsförändringspotential per kg gröda att lägga till eller dra ifrån utsläppen från foderodlingen för olika djurslag. Figur 8 visar klimatavtrycket för genomsnittligt svenskt nöt, gris och kycklingkött med

denna markkolsförändringspotential medräknad. För nötköttet blir det en nettoinlagring medan för gris- och kycklingköttet bidrar markkolsförändringen till ökade utsläpp.

Det är viktigt att komma ihåg att potentialen för förändring av markkol inte säger något om faktisk inlagring eller förlust av markkol. **Mycket av idisslarproduktionen sker sannolikt på marker som redan befinner sig i eller nära jämvikt**, så där sker ingen ytterligare inlagring. På samma sätt bedrivs mycket av odlingen av ettåriga grödor på marker som också de befinner sig i jämvikt och inte förlorar så mycket kol. Metoden beaktar dock just potentialen att lagra in, eller behålla, markkol vid vallodling.

7. Klimatneutrala produktionssystem

Hittills har vi i denna skrift diskuterat hur potentialen för kolinlagring kan kompensera för idisslarnas klimatpåverkande utsläpp på global och nationell nivå. Men hur är det då med enskilda produktionssystem? Finns det enskilda gårdar med idisslare där inlagringen är så stor att gården som helhet blir klimatneutral?

Det finns inte så många studier ännu som beaktat både utsläpp från djurhållningen och kolinlagring i mark på gårdsnivå. Här sammanfattas kort några av de som finns.

I en studie från USA jämfördes två system för nötköttsuppfödning (dikor) med avseende på utsläpp av växthusgaser; ett där djuren föddes upp med förbättrad betesskötsel, så kallade adaptive multi-paddock (AMP)-betande och ett där djuren slutuppfödades med spannmål i så kallade feedlots (FL) (Stanley m.fl., 2018). Man beaktade här samtliga utsläppskällor, men studerade bara själva uppfödningen av ungdjuren och inte hållningen av dikorna och deras kalvar. Förändringar i markens kolhalt mättes under fyra år. I genomsnitt fann man att det lagrades in 3,59 ton kol (13 ton koldioxid) per hektar och år i det betesbase-erade systemet vilket är en mycket hög inlagringstakt –

den genomsnittliga inlagringstakten från publicerade studier ligger på 1,7 ton koldioxid per hektar och år (se kapitel 4). När man tog med detta i beräkningen av klimatpåverkan för köttet så minskade klimatavtrycket för AMP-systemet från 9,62 till -6,65 kg koldioxidkvalenter per kg slaktkroppsvikt. I detta fall kunde alltså kolinlagringen mer än väl kompensera för utsläppen förknippade med djurhållningen. För FL-systemet ökade klimatavtrycket däremot något från 6,09 till 6,12 kg koldioxidkvalenter per kg slaktkroppsvikt när markkolsförändringar beaktades (förlust av kol i detta fall alltså). Författarna påpekar att det är troligt att den mycket höga inlagringstakten i betesmarken kommer att avta med tiden och att resultatet inte ska extrapoleras över lång tid.

Little m.fl. (2017) jämförde klimatpåverkan mellan två teoretiska mjölkproduktionssystem i Kanada, ett där luservall (och kraftfoder) användes som foder och ett med majsensilage (och kraftfoder). De fann att skillnaden i klimatpåverkan från hela gården totalt var mycket liten för dessa två varianter när man tog hänsyn till både utsläpp av växthusgaser och modellerade markkolsförändringar. Majs-systemet genererade något lägre utsläpp från djurens fodermältning och gödsel men högre utsläpp från energianvändning.

Majsvarianten genererade något lägre utsläpp totalt sett (8 procent lägre) än lusern-systemet per kg producerat protein. I denna studie beaktade man markkolsförändringar genom att utgå från ett läge där man odlar gräsvall och marken befinner sig i ett jämviktsläge och sedan övergår till antingen lusernvall eller odlar ensilagemajs. Man fann att för majs förlorades markkol medan för lusern lagrades kol in. Dock var förändringarna små, under en 30-årsperiod var utsläppen/inlagringen av koldioxid i mark mindre än en procent av utsläppen från djurhållningen. I studien var utgångsläget vallodling av gräs på mark i jämvikt och förändring till lusernvall eller majs innebar således inte en tillräckligt stor förändring i termer av tillförsel av kol till marken för att det skulle få stor effekt på markkolen. Studier har visat att en ren lusernvall inte bidrar till kolinlagring i marken i samma utsträckning som en klöver/gräsvall (Johnston m.fl. 2017), vilket är den vanligaste vallen i Sverige.

I en annan studie från Kanada jämförde författarna klimatavtrycket från nötkött producerat med fyra alternativa betesstrategier (Alemu m.fl., 2017). Man modellerade kolförändringar i marken med ICBM-modellen (Andrén & Kätterer, 1997) som verifierades mot uppmätta data. Klimatavtrycket varierade mellan 24,1 och 26,6 kg koldioxidekvivalenter per kg kött i slaktkroppsvikt. Kolinlagringen varierade mellan 0,037 ton koldioxid per hektar per år på betesmarken och 1,7 ton koldioxid per hektar per år på fält som odlades med rågvete som lämnades kvar på fältet och betades på vintern. Kolinlagringen minskade klimatavtrycket för nötköttet med mellan 12 och 25 procent.

I ytterligare en studie från Kanada studerades växthusgasutsläpp från mjölkproduktion. I huvudskenariot utgick man ifrån att både betesmarken och åkermarken var i jämvikt eftersom den brukats på samma sätt under lång tid (Beauchemin m.fl., 2011). I ett alternativt scenario tittade man istället på hur det skulle bli om betesmark med fleråriga gräs anlades på åkermark. Som förväntat blev effekten en helt annan – upp till 2,4 ton koldioxid lagrades in och det var tillräckligt för att kompensera för alla utsläppen från idisslarna. Även i denna studie är författarna tydliga med att påpeka att inlagringen i mark avtar med tiden medan utsläppen från djurhållningen är relativt konstanta så länge antalet djur inte minskar.

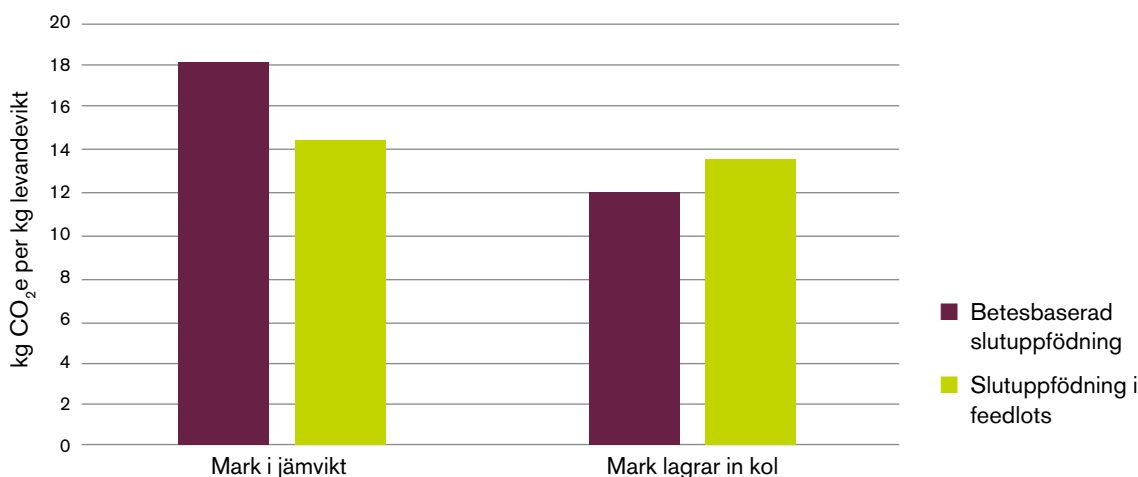
I en studie från USA där man återigen jämförde uppfostring på bete och i feedlots utgick man – efter att ha konsulterat experter – från att marken troligtvis var i jämvikt. Med hjälp av en känslighetsanalys testade man sedan hur resultaten skulle påverkas om man istället antog att kolinlagringen i marken skulle ske. (Pelletier m.fl., 2010). Studien kom fram till att när marken antogs vara i jämvikt resulterade feedlot-systemet i lägre utsläpp per kg kött. Men under antagandet att 0,44 ton koldioxidekvivalenter per hektar och år lagras in i marken som dikorna gick på med sina kalvar, och 1,5 ton koldioxidekvivalenter per hektar och år i övriga betesmarken (baserat på litteraturdata) så blev utsläppen istället lägre för det betesbaserade systemet (Figur 9).

Mogensen m.fl. (2015) studerade växthusgasutsläppen från nötköttsproduktion i Sverige och Danmark. De utgick från att odling av korn med all halm lämnad på åkern inte innebär någon markkolsförändring. Men för grödor som antingen lämnar mer eller mindre växtrester än kornodlingen antogs en förändring i markkol utifrån ett antagande att 10 procent av det kol som man tillför marken bildar stabila kolföreningar och stannar där. De använde också olika schabloner för att ta hänsyn till typ av gröda och jordbearbetning och fann att kolinlagringen sänkte klimatavtrycket för nötköttet med upp till cirka 15 procent. Inlagringen var större i de mer extensiva systemen med lägre tillväxt hos djuren och med mer grovfoder och bete, men de intensiva systemen där djuren slaktades vid en yngre ålder hade ändå totalt sett lägre klimatpåverkan.

Resultaten från dessa studier, det vill säga studier som beaktar både utsläpp från djurhållningen och kolinlagring i mark visar att kolinlagringen kan spela stor roll för resultatet i jämförelser mellan olika system och det är således viktigt att den beaktas vid beräkning av nötköttets totala klimatpåverkan. Studierna visar att det krävs en hög kolinlagringstakt för att kompensera för idisslarnas utsläpp. Sådana system kan absolut existera men de hör troligtvis till undantagen, i varje fall i Sverige. Även om kolinlagring inte generellt kan kompensera för djurhållningens utsläpp är det naturligtvis mycket viktigt – och i vissa fall helt avgörande – att ta med kolinlagringen när man beräknar utsläpp från olika system. **Ett mer extensivt betes- och grovfoderbaserat system kan till exempel orsaka högre metanutsläpp eftersom 1) djuren växer långsammare och därmed hinner släppa**

ut mer metan under sin livstid i relation till hur mycket livsmedel som produceras och 2) eftersom en grovfoderrik foderstat ger upphov till något högre metanutsläpp än en foderstat med mer spannmål och koncentrat. Men i ett betes- och grovfoderbaserat system är det troligt att kolinlagringen från foderodlingen blir

högre än ett system där mycket av foderodlingen består av mycket ettåriga grödor. Resultatet påverkas i huvudsak av följande tre parametrar; storleken på kolinlagringen, hur många djur man har per hektar (som avgör hur mycket växthusgasutsläpp det blir från fodersmältning, gödsel och foderodling) och tidsperspektivet. ■



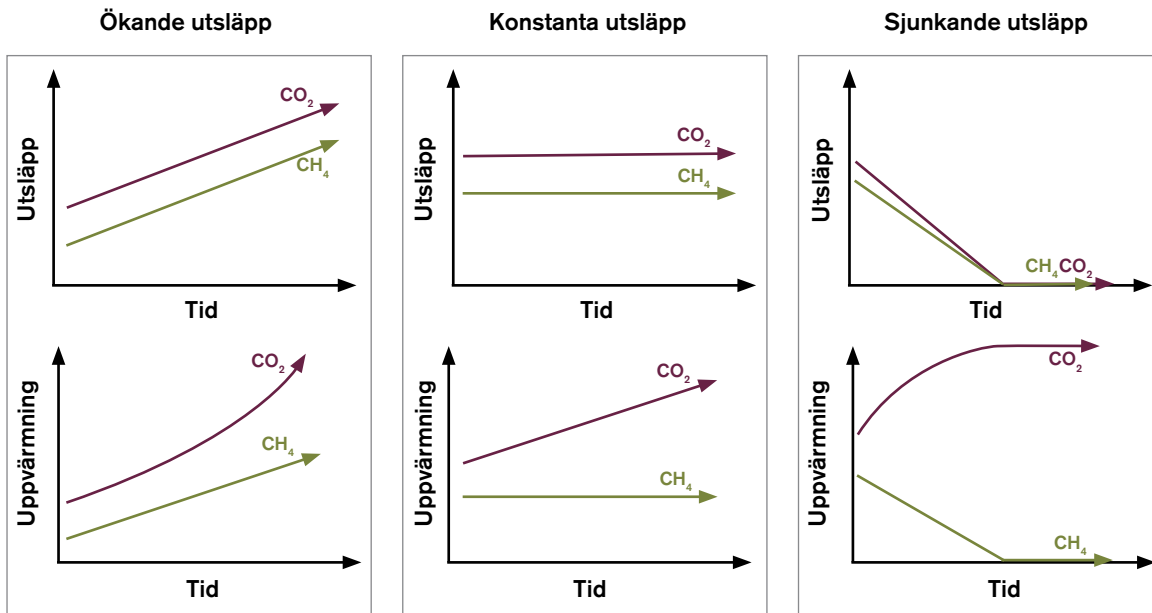
Figur 9. Klimatpåverkan från nötkött från USA antingen under antagandet att marken är i jämvikt eller under antagandet att marken lagrar in kol. Från Pelletier m.fl., 2010.

8. Klimatpåverkan från metan

Tama idisslare orsakar en tredjedel av de av människan orsakade globala utsläppen av metan. Metan bidrar, liksom koldioxid, till global uppvärmning men *hur* de bidrar ser olika ut. Ett kg metan värmer momentant ungefär 100 gånger mer än ett kg koldioxid men metanet bryts ned i atmosfären efter cirka 10 år medan en stor del av koldioxiden stannar i atmosfären för alltid. **På grund av metanets korta nedbrytningstid medför det förenklat att konstanta utsläpp av metan inte ytterligare ökar temperaturen eftersom det metan som släpps ut bara ersätter det metan som försvinner.** Däremot bidrar varje kg fossil koldioxid som släpps ut till att temperaturen höjs ytterligare eftersom koldioxiden blir kvar och värmer under lång tid. Ökade utsläpp av metan ökar dock uppvärmningen medan minskade utsläpp av metan medför en temperatursänkning. Minskade utsläpp av koldioxid däremot innebär endast en långsammare

uppvärmning av atmosfären (Figur 10). Räkna man påverkan över 100 år vilket är det vanligaste, så motsvarar utsläpp av 1 kg metan 28 eller 34 kg koldioxid (se mer om det senare i kapitlet).

För att nå ett visst temperaturmål, till exempel 1,5 eller 2-gradersmålet, är det helt avgörande att koldioxidutsläppen minskar ända ned till noll nettoutsläpp. Däremot kan vi tillåta en viss mängd konstanta metanutsläpp eftersom metanet bryts ned efter en relativt kort tidsperiod. I princip skulle vi alltså kunna fortsätta med dagens metanutsläpp och fortfarande klara 2-gradersmålet men då måste koldioxidutsläppen ned till noll ännu snabbare och ännu mer koldioxid tas ur atmosfären i framtiden med olika tekniker. En minskning av metanutsläppen bidrar däremot till en avkylande effekt av atmosfären som kan vara betydelsefull på kort sikt. Därför är det viktigt att både minska koldioxidutsläppen för att nå temperaturmål



Figur 10. Utsläpp av metan (CH_4) och koldioxid (CO_2), övre figurerna, påverkar den globala uppvärmningen, nedre figurerna, på olika sätt. Ökade utsläpp av både metan och koldioxid bidrar till ökad uppvärmning (vänster). Konstanta utsläpp av koldioxid bidrar också till fortsatt uppvärmning eftersom en stor del av koldioxiden stannar i atmosfären under lång tid medan konstanta utsläpp av metan inte ytterligare värmer eftersom metanet bryts ned efter cirka tio år och de nya utsläppen på så sätt bara ersätter den metan som försvinner (mitten). Minskade utsläpp av koldioxid gör att uppvärmningen saktar ned och avtar medan minskade utsläpp av metan gör att atmosfären kyls (höger).

på lång sikt och att minska eller i varje fall stabilisera metanutsläppen för att på kort sikt hålla nere temperaturen. Den senaste IPCC-rapporten (IPCC 2018) sammanfattar läget så här:

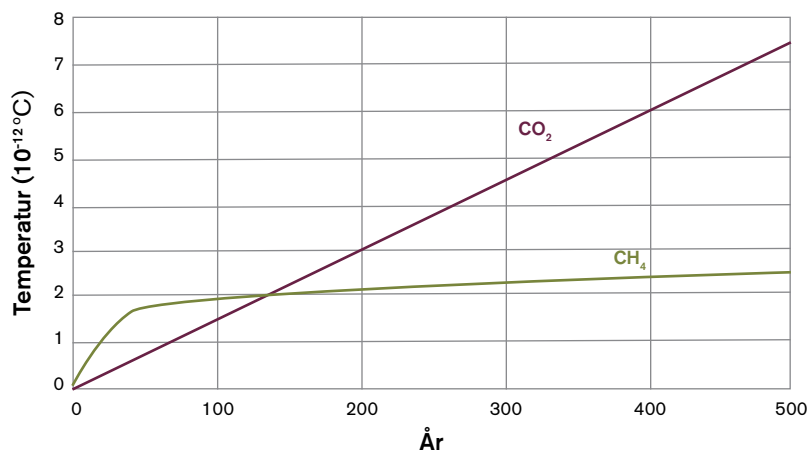
”Limiting warming to 1.5 C implies reaching net zero CO_2 emissions globally around 2050 and concurrent deep reductions in emissions of non- CO_2 forcers, particularly methane.”

Det finns olika sätt att väga samman de olika växthusgaserna till ett mått, ofta till så kallade koldioxidekvivalenter (CO_2e) – det vill säga att metan, lustgas och andra växthusgaser viktas i jämförelse med koldioxid. Ett av de vanligaste sätten att göra detta är att använda en metod som heter GWP100 (Global Warming Potential över 100 år). GWP100 används ofta inom klimatpolitiken och även i livscykelanalys (LCA) när man vill beräkna klimatpåverkan från en produkt vars produktion orsakar utsläpp av flera växthusgaser, till exempel ett kg nötkött. GWP100 fungerar så att man jämför den uppvärmande effekt som ett utsläpp av 1 kg metan har under hundra år i förhål-

lande till motsvarande utsläpp av 1 kg koldioxid. Man kommer då fram till att utifrån dagens koncentration av växthusgaser i atmosfären så motsvarar ett utsläpp av 1 kg metan ett utsläpp av 28 kg koldioxid under en 100-årsperiod och 1 kg lustgas¹⁶ på liknande sätt motsvarar 265 kg koldioxid (IPCC, 2013). Man räknar således ut den sammanlagda klimatpåverkan (GWP100) för en produkt i koldioxidekvivalenter enligt följande:

$$\begin{aligned} &\text{Koldioxidekvivalenter (CO}_2\text{e)} \\ &= 1 \cdot \text{mängden koldioxid} + 28 \cdot \text{mängden metan} \\ &+ 265 \cdot \text{mängden lustgas} \end{aligned}$$

I ovanstående formel har man dock inte beaktat att när utsläpp av metan (och lustgas) värmer atmosfären så innebär det att koldioxid som redan finns i atmosfären kommer att finnas kvar under längre tid än om uppvärmningen från metanet (och lustgasen) inte skett. Detta är en så kallad klimat-kolcykel-återkoppling (”climate-carbon cycle feedback” på engelska), det vill säga utsläpp av metan (och lustgas) påverkar



Figur 11. Temperaturförändringen av konstanta utsläpp av 1 kg metan per år och 28 kg koldioxid per år. Källa: Azar m.fl.¹⁸.

inte bara uppvärmningen direkt utan dess utsläpp påverkar också kolets kretslopp. Om denna effekt räknas med blir GWP100-värdet för metan istället 34 (och 298 för lustgas). Osäkerheten är dock mycket stor.

GWP100 är inte det enda sättet att vikta olika växthusgaser utan det finns flera andra sätt. Till exempel kan man använda GWP under andra tidsperioder, till exempel 20 eller 500 år. Använder man en kortare tidsperiod blir metanet värre relativt koldioxiden (84 gånger värre under en 20-årsperiod utan klimatkolcykel-återkoppling, 86 med klimatkolcykel-återkoppling) eftersom det finns i atmosfären och värmer en större del av tidsperioden, och tvärt om för en längre tidsperiod än 100 år. Det finns inget vetenskapligt svar på vilken tidsperiod som är ”korrekt” att titta på. Men vilken tidshorisont man väljer har värdemässiga implikationer. Att använda GWP20 betyder att ingen uppvärmning i närtid ges stor vikt, vilket kan vara viktigt för att förhindra vissa irreversibla processer. Däremot tar GWP20 inte hänsyn alls till uppvärmning som sker efter de 20 åren.

En annan metod, GTP (Global Temperature Potential), beaktar istället vad temperaturhöjningen blir vid en viss tidpunkt i framtiden av utsläpp av en viss gas idag och jämför det med motsvarande temperaturhöjning som ett utsläpp av motsvarande mängd koldioxid orsakar. Eftersom det globala klimatavtalet, Parisavtalet, innehåller ett temperaturmål – att hålla den globala uppvärmningen till max 2 grader (helst max 1,5 grader) – är GTP bättre relaterat till detta mål än GWP¹⁷. Svårigheten med denna metod är att avgöra

vid vilken tidpunkt i framtiden man ska titta på temperaturökningen. En del rapporter har använt hundra år framåt i tiden, det vill säga GTP100, men då har vi enligt de flesta scenarier redan överskridit Parisavtalets temperaturmål så det är mer relevant att använda den tidpunkt då vi närmar oss dessa mål (Persson m.fl., 2015). Det är dock svårt att avgöra exakt vilket år detta sker – studier visar att temperaturmålet troligtvis nås någon gång mellan 2050 och 2100. Tar man hänsyn till denna osäkerhet i GTP beräkningen blir värdet för metan 18. Värdet blir högre och högre när vi närmar oss temperaturmålet – om 15 år är värdet 28, det vill säga lika högt som GWP100-värdet. En annan nackdel med GTP är att den bara beaktar temperaturhöjningen vid just den tidpunkten och inte vad som händer med temperaturen före eller efter.

Vilken metod för att vikta de olika gaserna som är bäst beror på vad beräkningen ska användas till. Till exempel kan användningen av GWP100 bli missvisande om fokus med en viss politik är att begränsa uppvärmningen på lång sikt (flera hundra år) efter-

¹⁶ Lustgasen är långlivad precis som koldioxiden så de är lättare att jämföra än metan och koldioxid.

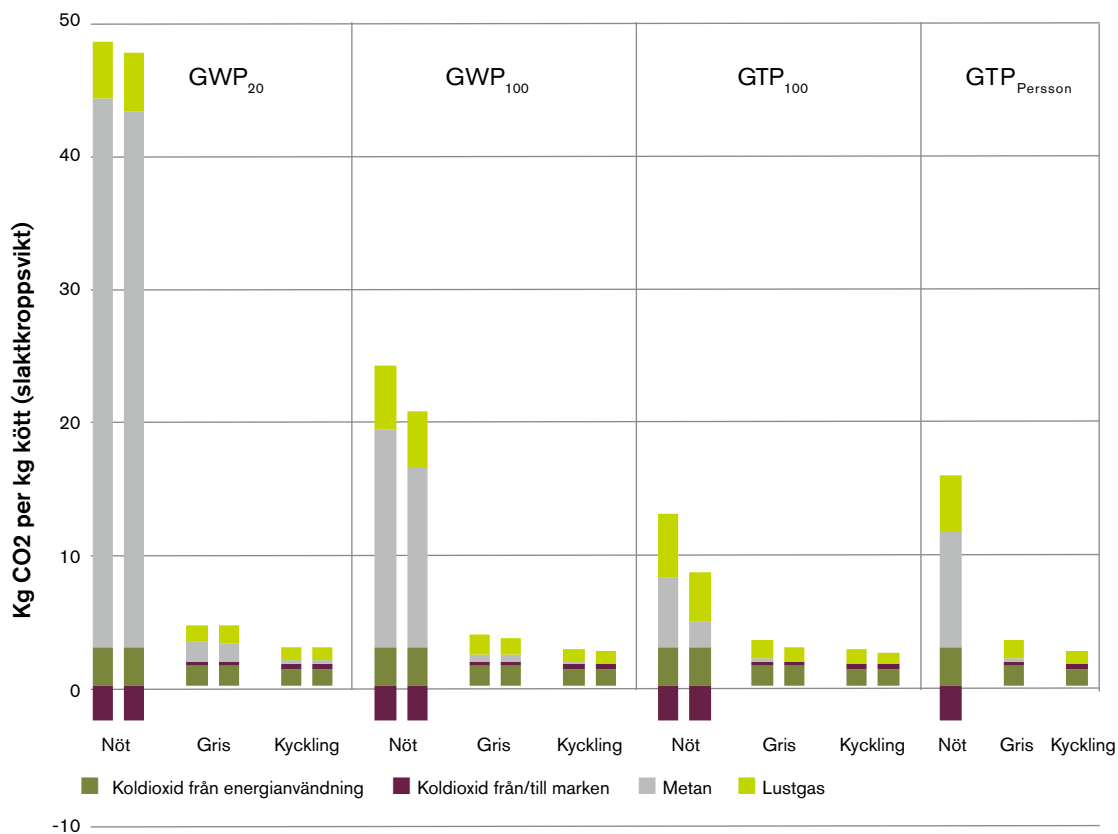
¹⁷ Det finns dock olika sätt att se på Parisavtalet. En tolkning är att det gäller att hålla temperaturen under en viss nivå (till exempel 2 grader) så kostnadseffektivt som möjligt. Enligt den tolkningen är GWP den metod som passar bäst eftersom den uppskattar temperaturhöjning vid en viss tidpunkt. Men man kan också tolka Parisavtalet så att temperaturmålet är en metafor för att undvika alla skador som kan uppstå p.g.a. klimatpåverkan. Med den tolkningen är GTP den bästa metoden eftersom den tar hänsyn till aggregerad förändring på strålningsbalansen under en viss tid. Vilket tidsperspektiv att beakta är dock fortfarande ett värderingsbaserat val.

¹⁸ <http://uppsala-initiativet.blogspot.com/2016/09/gastinlagg-att-jamfora-koldioxid-och.html>

som GWP100 inte tar hänsyn till vad som händer efter 100 år. När alla utsläpp görs om till koldioxid-ekvivalenter ger det intrycket av att man kan välja vilken gas man vill minska för att få en viss effekt på klimatet. Men om man jämför årliga utsläpp av 1 kg metan med årliga utsläpp av 28 kg koldioxid stämmer temperaturförändringen efter ca 100 år ganska bra. Efter det fortsätter dock koldioxidutsläppen att ytterligare höja temperaturen betydligt mer än metan-utsläppen (Figur 11).

För att råda bot på detta har forskare nyligen föreslagit en ny metod, GWP*, för att bättre kunna jämföra koldioxid och kortlivade gaser såsom metan. I GWP* motsvarar (i termer av uppvärmning) en årlig ökning av utsläppen av metan på ett ton ett engångsutsläpp

av koldioxid stort som GWP-värdet för metan för ett visst tidsspänn multiplicerat med det tidsspännet. Det vill säga, för GWP100 motsvarar en årlig ökning av metan på 1 ton ett engångsutsläpp av 28*100 ton koldioxid och tvärt om för en minskning (Allen m.fl., 2016). Denna metod kan vara användbar när man till exempel ska följa upp olika länders åtaganden i Parisavtalet och skulle ha stor betydelse för länder som till exempel Nya Zeeland där mycket av landets utsläpp utgörs av metan från djurhållning¹⁹. Så länge metan-utsläppen inte ökar räknas de inte med, men om de ökar (och bidrar till ytterligare temperaturhöjning) eller minskar (och bidrar till temperatursänkning) viktas de tungt mot koldioxiden. Man kan dock diskutera om det är länder med mycket idisslare idag som ska få använda sig av det utsläppsutrymme som



Figur 12. Klimatavtryck för nöt, gris och kycklingkött beräknat med olika sätt att vikta metan och lustgas mot koldioxid (data från Moberg m.fl., 2019). GWP20 - metan och lustgas viktas mot koldioxid utifrån dess förmåga att förändra jordens energibalans under 20 år, GWP100 - metan och lustgas viktas mot koldioxid utifrån dess förmåga att förändra jordens energibalans under 100 år, GTP100 - metan och lustgas viktas mot koldioxid utifrån den temperaturförändring de orsakar 100 år efter utsläppet, och GTPPersson - metan och lustgas viktas mot koldioxid utifrån den temperaturförändring de orsakar vid en tidpunkt då temperaturen i klimatmålet antas nås. De vänstra staplarna för GWP20, GWP100 och GTP100 visar klimatpåverkan med hänsyn till kolcykelåterkoppling och övriga utan.

finns för metan eller om det ska fördelas mer rättvist mellan länderna.

GWP* innebär således ett sätt att vikta metan och koldioxid som bättre överensstämmer med hur temperaturen förväntas förändras. Däremot är det svårt att använda GWP* för att räkna på klimatpåverkan från enskilda livsmedelsprodukter (till exempel olika sorters kött) eftersom utsläppen måste relateras till de olika produkterna och det är svårt att avgöra vilka metanutsläpp som ska räknas till de konstanta respektive ökande eller minskande utsläppen. Antag till exempel att en viss djurhållning hålls konstant i region A medan motsvarande identisk djurhållning ökar i region B. Med GWP* skulle köttet från region A då få en betydligt lägre klimatpåverkan än köttet från region B eftersom de konstanta metanutsläppen inte räknas med. Men i själva verket så är det ju ingen skillnad mellan utsläppen som orsakas per kg kött i de två regionerna.

Av dessa anledningar är mått som GWP och GTP de som används inom till exempel LCA. GWP100 fungerar trots allt relativt bra för att jämföra klimat-

avtrycket för olika livsmedelsprodukter (till skillnad mot att följa upp olika länders åtaganden) eftersom den tar hänsyn till den samlade potentiella ”klimat-skada” som de olika gaserna orsakar under de kommande 100 åren (inte bara uppvärmningen vid en viss tidpunkt som GTP). Hundra år är ett tidsperspektiv som kan ses som medellångt och på så sätt både inkluderar metanets kraftiga uppvärmning på kort sikt och det faktum att stor del av koldioxiden finns kvar i atmosfären under hela denna period. Men eftersom det inte finns något helt objektiva sätt att vikta olika växthusgaser som passar i alla lägen så rekommenderas att man inom till exempel LCA testat hur resultatet påverkas av att man väljer olika sätt (Levasseur m.fl., 2016). Figur 12 illustrerar hur olika sätt att vikta olika gaser påverkar klimatpåverkan för nöt-, gris- och kycklingkött. I figuren ser man att klimatavtrycket för nötkött påverkas betydligt beroende på vilket sätt som används för att vikta de olika gaserna och under vilket tidsperspektiv. Forskning pågår för att hitta ännu bättre sätt att vikta växthusgaser för olika tillämpningar. ■

¹⁹ <https://www.cirkarbonbrief.org/guest-post-a-new-way-to-assess-global-warming-potential-of-short-lived-pollutants>

9. Slutsatser

Globalt finns betydande potential att lagra in kol i jordbruksmark. Förutom att detta är en pusselbit i att minska den globala uppvärmningen leder det också till att markbördigheten ökar. Potentialen att lagra in kol är större i åkermark, globalt 2-7 miljarder ton koldioxid, än i betesmark, globalt 0,35-1,4 miljarder ton koldioxid (se kapitel 4). Utsläppen förknippade med djurhållningen globalt uppgår till cirka 8 miljarder ton koldioxidekvivalenter. **Kolinlagring i betesmarken globalt kan således inte kompensera för djurhållningens eller de betande djurens utsläpp** (två miljarder ton koldioxidekvivalenter) och är betydligt lägre än de totala utsläppen av växthusgaser globalt (cirka 50 miljarder ton koldioxidekvivalenter). Detsamma gäller även för Sverige där betesmarkerna idag beräknas lagra in mellan 0,1 och 0,3 miljarder ton koldioxid per år vilket kan jämföras med utsläppen från idisslarna på cirka 6 miljarder ton koldioxidekvivalenter per år eller Sveriges totala utsläpp på 53 miljarder ton koldioxidekvivalenter per år.

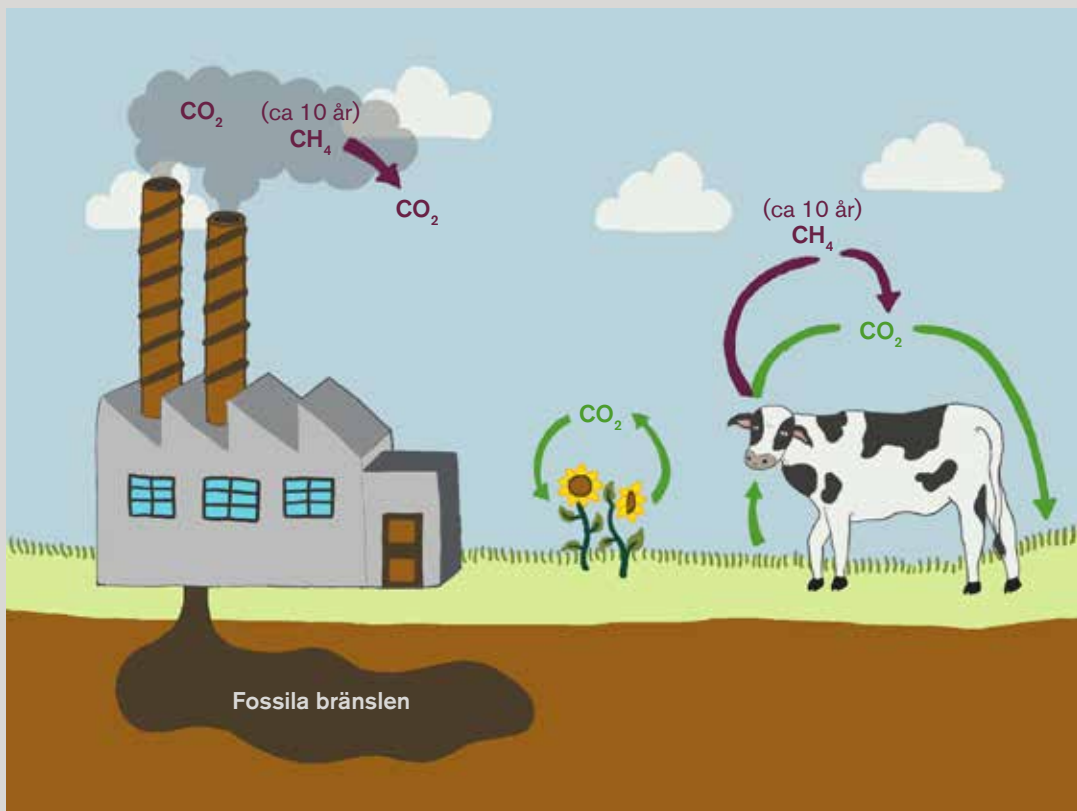
Baserat på den mest optimistiska kalkylen för kolinlagring globalt i både betes- och åkermark skulle kolinlagringen precis kunna kompensera för djurhållningens utsläpp (7 + 1,4 miljarder ton koldioxid inlagring > 8 miljarder ton koldioxidekvivalenter utsläpp). En stor del av åkermarken används dock till att odla livsmedel som vi äter direkt där kolinlagring också kan åstadkommas genom åtgärder såsom förbättrade växtföljder, högre skördar och användning av mellangrödor. Inlagring på betes- och fodermarker kan således inte kompensera för djurhållningens utsläpp.

Många åtgärder för att öka kolinlagringen i åkermark är inte beroende av djurhållning, även om djur kan krävas för att få ekonomi i ett visst system enligt dagens priser och ersättningsnivåer. Klimatvinsten totalt sett blir betydligt större om kol kan lagras in i marken utan ett ökat antal djur och därmed utan utsläppen från djurhållningen. Vallodling som är ett effektivt sätt att binda kol i mark kan bedrivas utan djur, till exem-

Fördjupningsruta 6: Metanets kretslopp

Trots att metan från djurhållning ingår i ett kretslopp och inget fossilt kol tillförs atmosfären bidrar sådana metanutsläpp till uppvärmning eftersom metangasen under de år den befinner sig i atmosfären värmer betydligt mer än motsvarande mängd kol i form av koldioxid. Den koldioxid som bildas när metanet bryts ned igen samt det koldioxid som kon an-

das ut betraktas dock som biogent, det vill säga det bidrar inte till ytterligare ökning av koldioxidkoncentrationen i atmosfären eftersom det i närtid bundits in i växtligheten. Det finns därför olika GWP-faktorer för biogent och fossilt metan. För GWP100 är dessa 28 för biogent metan och 30 för fossilt metan (utan klimat-kolcykel-återkoppling).



Figur 13. Koldioxid från fossil källa utgör ett nettotillskott av koldioxid till atmosfären och räknas alltså till de gaser som ger klimatpåverkan. Den koldioxid som växterna avger när de förmultnar har dock nyligen tagits upp av växten och innebär inget nettotillskott. Det kallas biogent koldioxid och räknas inte med när man räknar på klimatpåverkan. På samma sätt räknas inte den koldioxid som korna andas ut med, men den metan som bildas i kons mage är dock ett nettotillskott av metan till atmosfären och räknas således med. Koldioxiden som bildas när metanet bryts ned är dock biogent eftersom det har sitt ursprung i växterna och räknas således inte med.

pel genom att vallskörden används för bioenergiproduktion. Flera projekt för att utvinna proteinfoderkoncentrat från vallväxter pågår också. På vissa betesmarker kan biomassan också skördas istället för att betas och användas för produktion av bioenergi (Carlsson m.fl., 2014). För att få ekonomi i sådana system krävs dock högre energipriser eller riktade satsningar.

Ytterligare en aspekt att beakta både i fallet åker- och betesmark när det gäller att kvitta utsläpp från djurhållningen mot inlagring av kol i marken är det faktum att kolinlagringen avtar med tiden. Antag att vi har marker som har potential att lagra in kol och att vi investerar i betes- och grovfoderbaserade idisslarsystem på dessa baserat på att inlagringen genom vallen på åkermark samt betesvallen kompenserar för idisslarnas utsläpp. Så länge inlagringen pågår så kompenseras utsläppen (helt eller delvis beroende på hur hög inlagringen är), men när inlagringen avtar blir systemet nettoutsläppare igen. För att få ned utsläppen måste vi då ta bort djuren men vallodlingen (eller annan odling med stor tillförsel av biomassa) måste fortgå eftersom annars släpps den kol som bundits in ut igen. En svårighet är också att på förhand avgöra hur mycket marken verkligen kommer att binda in eftersom det krävs långa tidsserier för att säkerställa att inlagring verkligen skett (Fördjupningsruta 2). Med hjälp av empiriska modeller kan förväntad inlagring av olika åtgärder prognostiseras.

Indirekta effekter av förändrad markanvändning behöver också beaktas. Att övergå till mer vallodling på marker som idag (och sedan länge) används för ettåriga grödor innebär många gånger att stora mängder kol kan lagras in. Men vi måste då beakta var eventuell odling av de ettåriga grödorna flyttar någonstans. Om till exempel vallodlingen minskar någon annanstans så kommer markkol att släppas ut där och nettovinsten blir eventuellt noll eller leder rent av till ökade utsläpp totalt sett. Men om vallgrödan kan ersätta spannmålet i foderstaten så att det inte behöver odlas någon annanstans kan en klimatvinst uppstå.

Det bör också noteras att kolinlagring är en reversibel process. Förändras markanvändningen kan kolet som lagrats in lätt släppas ut igen. Det gäller även i allra högsta grad inlagring av kol i skog där kolet kan frigöras vid brand eller att skogen avverkas och biomasan eldas upp.

Denna skrift utgick från följande fråga **Kan klimatpåverkan som orsakas av utsläpp av växthusgaser från produktionssystem med idisslande djur, till exempel kor, får och getter, kompenseras av kolinlagring i betesmarker och på åkermark där djurens foder odlas?**

Det kortfattade svaret är:

- På global och nationell (svensk) nivå är svaret ganska entydigt **nej**.
- Vad gäller enskilda produktionssystem är det korta svaret **ja under vissa förutsättningar och under en viss tidsperiod**.

Förutsättningar för att lagra in kol varierar stort beroende på typ av mark, gröda, odlingsteknik och klimat. Att extrapolera uppmätt inlagring på en plats till en annan måste göras med stor försiktighet och är många gånger inte möjligt. Generellt kan man dock säga att för att kolinlagringen ska kunna kompensera för idisslarnas utsläpp krävs mark som är relativt kolfattig som utgångsläge och/eller förändrad markanvändning som innebär att stora mängder kol tillförs marken jämfört med tidigare markanvändning. I Sverige skulle det kunna handla om att övergå från ettåriga grödor till vallodling och/eller mer grön mark med exempelvis fleråriga mellangrödor på platser där man odlat ettåriga grödor länge. För kloka beslut om en hållbar omfattning av sådan potentiellt klimatneutral idisslarproduktion måste dock indirekta effekter och alternativa användningsområden av marken för att klimateffektivt producera livsmedel och lagra kol beaktas. Inläsnings-effekter av att investera i system som endast under en begränsad tid är klimatneutrala måste också beaktas. Vad gäller befintliga svenska system för idisslare lagrar de flesta troligtvis in mindre mängder kol i mark då marken skötts på liknande sätt under lång tid och antagligen befinner sig nära eller i jämvikt.

Helt oavsett betes- och fodermarkernas potential att lagra in kol finns det dock många anledningar att satsa på betes- och grovfoderbaserade produktionssystem för idisslare. **Bete är till exempel förknippat med flera fördelar vad gäller djurvälstånd** (Ekesbo, 2015) och betande djur i landskapet har ett högt estetiskt värde. **Gräs och andra vallväxter är en resurs som inte direkt kan användas till människoföda och att utnyttja denna till foder kan då vara ett mark-effektivt sätt att använda denna resurs** för att producera mat (van Zanten m.fl., 2018).

Det är i de flesta fall orealistiskt att kunna bevara den biologiska mångfalden och de många hotade arterna i de svenska naturbetesmarkerna utan betande djur. Artdatabanken bedömer att för att nå en gynnsam bevarandestatus för ängs- och betesmarkerna behövs betydligt större arealer än vad vi har i dag. De betande djur som på många platser behövs för att upprätthålla naturbetesmarkernas artrikedom kommer att orsaka en viss klimatpåverkan. Denna klimatpåverkan bör dock vägas mot den nytta som djuren gör.

För att kunna föra en klok diskussion om idisslarnas roll i ett hållbart livsmedelssystem, både vad gäller hur många vi kan ha och i vilka typer av system dessa bör födas upp, behöver vi ha realistiska förväntningar på kolinlagringen. Men det är viktigt att den, precis som alla utsläppskällor, räknas med i jämförelsen mellan olika typer av system.

Slutligen kan konstateras att kolinlagring i åker- och betesmark är en viktig del i att hejda klimatförändringen. Till skillnad från andra tekniker att åstadkomma så kallade ”negativa utsläpp”, det vill säga att fånga upp koldioxid ur atmosfären, kräver kolinlagring i jordbruksmark ingen ytterligare mark och det är också en billig teknik (IPCC, 2018). Dessutom ökar markens bördighet ofta vilket är en viktig synergi. Det finns alltså all anledning att satsa på åtgärder som ökar kolinlagringen i mark. Det är dock så att kolinlagringen i mark oftast inte kan kompensera för utsläppen kopplade till animalieproduktionen. Att på olika sätt öka kolinlagring i mark utan att det leder till en ökning av antalet djur är således viktigt ur ett klimatperspektiv. ■

Referenser

- Alemu, A.W., Janzen, H., Little, S., Hao, X., Thompson, D.J., Baron, V., Iwaasa, A., Beauchemin, K.A. & Kröbel, R. (2017). Assessment of grazing management on farm greenhouse gas intensity of beef production systems in the Canadian Prairies using life cycle assessment. *Agricultural Systems* 158, 1-13.
- Allen, M. R., Fuglestedt, J. S., Shine, K. P., Reisinger, A., Pierrehumbert, R. T. & Forster, P. M. (2016). New use of global warming potentials to compare cumulative and short-lived climate pollutants. *Nature Climate Change*, 6, 773. doi:10.1038/nclimate2998.
- Andrén, O., Kätterer, T. (1997). ICBM: the introductory carbon balance model for exploration of soil carbon balances. *Ecol. Appl.*, 7 (1997), pp. 1226-1236
- Andrén, O., Kätterer, T., Karlsson, T. (2004). ICBM regional model for estimations of dynamics of agricultural soil carbon pools. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 70:231-239.
- Andrén, O., Kätterer, T., Karlsson, T. & Eriksson, J. (2008). Soil C balances in Swedish agricultural soils 1990-2004, with preliminary projections. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 81:129-144.
- Beauchemin, K. A., Janzen, H. H., Little, S. M., McAllister, T. A. & McGinn, S. M. (2011). Mitigation of greenhouse gas emissions from beef production in western Canada – Evaluation using farm-based life cycle assessment. *Animal Feed Science and Technology*, 166-167, 663-677. doi:https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.04.047.
- Börjesson, G., Bolinder, M. A., Kirchmann, H. & Kätterer, T. (2018). Organic carbon stocks in topsoil and subsoil in long-term ley and cereal monoculture rotations. *Biology and Fertility of Soils*, 54(4), 549-558. doi:10.1007/s00374-018-1281-x.
- Carlsson, G., Svensson, S-E. & Emanuelsson, U. (2014). Alternativa skötselmetoder för ängs- och betesmarker och användning av skördat växtmaterial. Rapport 2014:11. Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap, Sveriges lantbruksuniversitet, Alnarp.
- Conant, R. T., Cerri, C. E., Osborne, B. B. & Paustian, K. (2017). Grassland management impacts on soil carbon stocks: a new synthesis. *Ecol Appl*, 27: 662-668. doi:10.1002/eap.1473.
- Ekesbo, I. (2015). Sommarbete för mjölkkor – hälsotillstånd, fertilitet, mjölkavkastning. (“Summer pasture for dairy cows - health, fertility, milk yield”). *Svensk Veterinärtidning* 8-9:11-18.
- Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Faluccci, A. & Tempio, G. (2013). Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.
- Garnett, T., Godde, C., Muller, A., Rööös, E., Smith, P., de Boer, I., zu Ermgassen, E., Herrero, M., van Middelaar, C., Schader, C. & van Zanten, H. (2017). Grazed and confused? Ruminating on cattle, grazing systems, methane, nitrous oxide, the soil carbon sequestration question – and what it all means for greenhouse gas emissions.
- Haddaway, N. R., Hedlund, K., Jackson, L. E., Kätterer, T., Lugato, E., Thomsen, I. K., . . . Isberg, P.-E. (2017). How does tillage intensity affect soil organic carbon? A systematic review. *Environmental Evidence*, 6(1), 30. doi:10.1186/s13750-017-0108-9.
- Henderson, B. B., Gerber, P. J., Hilinski, T. E., Faluccci, A., Ojima, D. S., Salvatore, M. & Conant, R. T. (2015). Greenhouse gas mitigation potential of the world’s grazing lands: Modeling soil carbon and nitrogen fluxes of

- mitigation practices. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 207, 91-100. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2015.03.029>.
- IPBES 2019. Media Release: Nature's Dangerous Decline 'Unprecedented'; Species Extinction Rates 'Accelerating'. <https://www.ipbes.net/news/Media-Release-Global-Assessment>.
- IPCC, (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp, doi:10.1017/CBO9781107415324.
- IPCC, (2018). *Global Warming of 1.5 °C*. <https://www.ipcc.ch/sr15/>.
- Kainiemi, V. (2014). *Tillage effects on soil respiration in Swedish arable soils*. Doctoral Thesis, Swedish University of Agricultural Sciences (SLU), Faculty of Natural Resources and Agricultural Sciences, Department of Soil and Environment, Uppsala, Sweden.
- Karlton, E., Jacobson, A. & Lennartsson, T. (2010). *Inlagring av kol i betesmark*. Rapport 2010:25. Jordbruksverket, Jönköping.
- Kätterer, T., Bolinder, M., Thorvaldsson, G. & Kirchman, H. (2013). Influence of ley-arable systems on soil carbon stocks in Northern Europe and Eastern Canada. The role of grasslands in a green future: threats and perspectives in less favoured areas. Proceedings of the 17th Symposium of the European Grassland Federation, Akureyri, Iceland, 23-26 June 2013, 2013. Agricultural University of Iceland, 47-56.
- Levasseur, A., Cirkavalett, O., Fuglestvedt, J. S., Gasser, T., Johansson, D. J. A., Jørgensen, S. V., . . . Cherubini, F. (2016). Enhancing life cycle impact assessment from climate science: Review of recent findings and recommendations for application to LCIRKA. *Ecological Indicators*, 71, 163-174. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.06.049>
- Li, C., Frolking, S. & Butterbach-Bahl, K. (2005). Carbon Sequestration in Arable Soils is Likely to Increase Nitrous Oxide Emissions, Offsetting Reductions in Climate Radiative Forcing. *Climatic Change*, 72(3), 321-338. doi:10.1007/s10584-005-6791-5.
- Little, S.M., Benchaar, C., Janzen, H., Kröbel, R., McGeough, E.J., Beauchemin, K.A. (2017) Demonstrating the Effect of Forage Source on the Carbon Footprint of a Canadian Dairy Farm Using Whole-Systems Analysis and the Holos Model: Alfalfa Silage vs. Corn Silage. *Climate* 2017, 5, 87; doi:10.3390/cli5040087.
- Moberg, E., Andersson, M., Säll, S., Hansson, P.A. & Röös, E. (2019). Determining the climate impact of food for use in a climate tax – design of a consistent model and results of methodological choices. *International Journal of LCA*. Manuscript submitted.
- Mogensen, L., Kristensen, T., Nielsen, N. I., Spleth, P., Henriksson, M., Swensson, C., . . . Vestergaard, M. (2015). Greenhouse gas emissions from beef production systems in Denmark and Sweden. *Livestock Science*, 174, 126-143. doi:<https://doi.org/10.1016/j.livsci.2015.01.021>.
- Nijdam, D., Rood, T. & Westhoek, H. (2012). The price of protein: Review of land use and carbon footprints from life cycle assessments of animal food products and their substitutes. *Food Policy*, 37(6), 760-770. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2012.08.002>.
- NVV. (2018). *National Inventory Report Sweden 2018. Greenhouse Gas Emission Inventories 1990-2016*. Naturvårdsverket, Stockholm.
- Pelletier, N., Pirog, R. & Rasmussen, R. (2010). Comparative life cycle environmental impacts of three beef production strategies in the Upper Midwestern United States. *Agricultural Systems*, 103(6), 380-389. doi:<https://doi.org/10.1016/j.agsy.2010.03.009>.
- Persson, M., Johansson, D., Cederberg, C., Hedenus, F. & Bryngelsson, D. (2015). Climate metrics and the carbon footprint of livestock products: where's the beef? *Environmental Research Letters*, 10(3), 034005.
- Poeplau, C., Aronsson, H., Myrbeck, Å., Kätterer, T. (2015a). Effect of perennial ryegrass cover crop on soil organic carbon stocks in southern Sweden. *Geoderma Regional* 4: 126–133.
- Poeplau, C., Bolinder, M.A., Eriksson, J., Lundblad, M. & Kätterer, T., (2015b) Positive trends in organic carbon storage in Swedish agricultural soils due to unexpected socio-economic drivers. *Biogeosciences*, 12, 3241–3251.
- Powlson, D. S., Whitmore, A. P., & Goulding, K. W. T. (2011). Soil carbon sequestration to mitigate climate change: a critical re-examination to identify the true and the false. *European Journal of Soil Science*, 62(1), 42-55. doi:10.1111/j.1365-2389.2010.01342.x.
- SJV. (2018). *Jordbruksverkets statistikdatabas*.
- Smith, P., Martino, D., Cai, Z., Gwary, D., Janzen, H., Kumar, P., . . . Smith, J. (2008). Greenhouse gas mitigation in agriculture. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1492), 789.
- Rasse, D.P., Rumpel, C. & Dignac, M-F. (2005). Is soil carbon mostly root carbon? Mechanisms for a specific stabilisation. *Plant and Soil* 269: 341–356.
- Smith, P. (2016). Soil carbon sequestration and biochar as negative emission technologies. *Global Change Biology* 22, 1315–1324, doi: 10.1111/gcb.13178.
- Stanley, P. L., Rowntree, J. E., Beede, D. K., DeLonge, M. S. & Hamm, M. W. (2018). Impacts of soil carbon sequestration on life cycle greenhouse gas emissions in Midwestern USA beef finishing systems. *Agricultural Systems*, 162, 249-258. doi:<https://doi.org/10.1016/j.agsy.2018.02.003>.
- Van Zanten, H. H. E., Herrero, M., Van Hal, O., Röös, E., Müller, A., Garnett, T., . . . De Boer, I. J. M. (2018). Defining a land boundary for sustainable livestock consumption. *Global Change Biology*, 24(9), 4185-4194. doi:doi:10.1111/gcb.14321.
- Vermeulen, S., Cirkampbell, B., & Ingram, J. (2012). *Climate Change and Food Systems. Annual Review of Environment and Resources*, 37, 1-496. doi:10.1146/annurev-environ-020411-130608.
- Zomer, R. J., Bossio, D. A., Sommer, R., & Verchot, L. V. (2017). *Global Sequestration Potential of Increased Organic Carbon in Cropland Soils*. *Scientific Reports*, 7(1), 15554. doi:10.1038/s41598-017-15794-8.



Kan klimatpåverkan som orsakas av utsläpp av växthusgaser från produktionssystem med idisslande djur, till exempel kor, får och getter, kompenseras av kolinlagring i betesmarker och på åkermark där djurens foder odlas? Denna skrift ämnar att kortfattat beskriva kunskapsläget vad gäller den frågan.

