



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för veterinärmedicin och
husdjursvetenskap

Hållbar boskapsproduktion: växthusgaser från nötkreatur och möjliga strategier för minskade utsläpp

Sustainable livestock production: greenhouse gases from cattle and possible emission reduction strategies

Julia Bonevik

*Uppsala
2019*

Veterinärprogrammet, examensarbete för kandidatexamen, 15 hp

Hållbar boskapsproduktion: växthusgaser från nötkreatur och möjliga strategier för minskade utsläpp

Sustainable livestock production: greenhouse gases from cattle and possible emission reduction strategies

Julia Bonevik

Handledare: *Hanna Sassner, Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för husdjurens miljö och hälsa*

Examinator: *Maria Löfgren, Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för biomedicin och veterinär folkhälsovetenskap*

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E

Kurstitel: *Självständigt arbete i veterinärmedicin*

Kursansvarig institution: *Institutionen för biomedicin och veterinär folkhälsovetenskap*

Kurskod: EX0862

Program/utbildning: *Veterinärprogrammet*

Utgivningsort: *Uppsala*

Utgivningsår: 2019

Elektronisk publicering: *<http://stud.epsilon.slu.se>*

Nyckelord: *koldioxid, lustgas, metan, silvopastoral, ekologisk*

Key words: *carbon dioxide, nitrous oxide, methane, silvopastoral, organic*

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Sammanfattning.....	1
Summary	2
Inledning	3
Material och metoder	4
Litteraturoversikt	4
Direkta och indirekta utsläpp från nötboskap.....	4
<i>Koldioxid</i>	5
<i>Lustgas</i>	5
<i>Metan</i>	6
Produktionsstrategier för en mer hållbar djurhållning.....	6
<i>Silvopastorala system</i>	6
<i>Ekologisk produktion</i>	7
<i>Utfodring</i>	8
<i>Medicinsk behandling</i>	9
<i>Avel</i>	9
Diskussion	9
Silvopastorala system.....	10
Ekologisk produktion.....	12
Icke-strukturella kolhydrater	13
Fett och vaccin.....	14
Jonoforer	14
Avel.....	14
Konklusion	15
Litteraturlista.....	16
Icke publicerat material.....	17

SAMMANFATTNING

Hållning av nötboskap genererar utsläpp av de tre växthusgaserna koldioxid, lustgas och metan. Alla tre har stor betydelse för klimatet på jorden då de bidrar till den pågående globala uppvärmningen. Utsläpp från dessa växthusgaser kan delas in de som kommer direkt ur korna samt indirekta utsläpp som genereras vid skötseln av dem. Indirekta utsläpp har störst betydelse inom nötdjursproduktionen.

Nuvarande nötdjursproduktion i intensiva system centreras till stora rensade områden i syfte att ta fram bete- och/eller odlingsmark för djuren. Omgivande skog och buskar tas bort vilket skapar ett homogent landskap med artfattig växtpopulation och endast örtplantor odlas som foder. Sammanlagt genererar detta stora utsläpp av koldioxid. Alla dessa utsläpp är indirekta. Globalt sett avgår närmare 2400 miljoner ton koldioxid varje år vilket är tre gånger så mycket som utsläpp från flyget.

Metangasutsläpp från nötboskap har två orsaker. Dels bildas metan som restprodukt i kornas våm vid foderjäsning, där den rapas upp och går ut i atmosfären. Detta är direkta utsläpp. Metan bildas också vid nedbrytning av gödsel under anaeroba förhållanden vilket faller under indirekta utsläpp.

Lustgas utsöndras från kväverik gödsel (direkta utsläpp) och gödsellagring (indirekta utsläpp). Hur mycket lustgas som bildas är beroende av den omgivande miljön; organisk kolmängd, pH, temperatur och växtupptagningshastighet. Både metan- och lustgasutsläppen uppgår till ca 2200 miljoner ton vardera per år.

För att minska dessa utsläpp blir alternativa produktionsstrategier för nötkreatur av intresse och studien fokuserar således på följande frågeställningar: Hur bidrar produktion av nötkreatur till utsläpp av metan, lustgas och koldioxid? Vilka produktionsstrategier som nötdjursproducent är att föredra med avseende på en minskning av dessa växthusgaser? Alternativa strategier som undersöks är ekologisk produktion, silvopastoralt lantbruk, utfodring i form av högre andel fett eller högre andel icke-strukturella kolhydrater samt vaccin och avel.

Av de genomgångna strategierna att minska metanutsläpp från nötkreatur är avel att föredra. Men utfodrings-, vaccin- och avelsstrategier har inga direkta synergieffekter med andra miljömål och slutsatsen är därför att dessa strategier inte är svaret på minskade växthusgasutsläpp från nötdjursproduktion. Ekologisk produktion och silvopastorala lantbruk har båda potential att binda kol och kväve och kan därför minska utsläpp av växthusgaser. De är båda att föredra framför konventionell produktion. Dock så kräver de effektiv administrering av gödsel, hög självförsörjningsgrad och organiserad utevistelse av djuren.

SUMMARY

Livestock generates emissions of the three greenhouse gases carbon dioxide, nitrous oxide and methane. All three have large impact on climate change and the ongoing global warming on earth. Emissions from these greenhouse gases can be divided into those that come directly from the cows and indirect emissions generated when handling them. Indirect emissions are the most important in the production of cattle and dairy products.

The present cattle production in intensive systems is characterized by large areas cleared from vegetation and trees in order to manage pasture for the animals and/or cropland where only herbs are being cultivated. This creates a homogenous landscape, poor of species. As a consequence of the deforestation, large amounts of carbon dioxide are being released to the atmosphere. All these emissions are indirect. Globally, nearly 2400 million tons of carbon dioxide go annually into the atmosphere from livestock production, which is three times as much as emissions from the aviation industry.

Methane emissions from cattle have two sources. Methane is formed as a residue from feed fermentation in the rumen. When the cow burps, the methane is released to the atmosphere. These emissions are direct. Methane is also formed during anaerobic degradation of manure. This is indirect emissions.

Nitrous oxide exudes from nitrogen rich-manure (direct emissions) and storing of manure (indirect emissions). The amount of carbon in soil, pH, temperature and how fast the plants can take up the nitrogen determines the amount of nitrous oxide being released to the atmosphere. Methane and nitrous oxide emissions add up to 2200 million ton each year.

Alternative production strategies of cattle are important in order to reduce these emissions, and the study therefore focuses on the following topics: How is cattle production contributing to the emissions of methane, nitrous oxide and carbon dioxide? Which alternative production strategies, as a producer of cattle, are to prefer concerning a reduction of these emissions? The alternative strategies that has been explored are organic production, silvopastoral production, feeding strategies (a higher percentage of fat or non-structural carbohydrates), vaccine and breeding.

Among the reviewed strategies to reduce methane emissions from cattle, breeding is preferred. However, feeding, breeding, and vaccine strategies do not have synergy effects with other environmental goals. The conclusion is therefore that these strategies are not the answer how to reduce greenhouse gas emissions from cattle. Organic production and silvopastoral production have both the potential to reduce greenhouse gas emissions, in comparison to conventional production. Still, these production strategies require effective administration of manure, high self-sufficiency, and a good establishment of cattle being held outdoors.

INLEDNING

Nötboskap har i flera tusen år producerat kött och mjölk till människor över hela jorden. Deras bidrag till den miljöförstöring som produktionen medför är både omfattande och mångfacetterat. Utsläpp av koldioxid, lustgas och metan är tre viktiga växthusgaser som har stor betydelse för klimatet på jorden där alla tre, på olika sätt, kan härledas till hållning av nötboskap (Machovina *et al.*, 2015).

Sedan 1850-talet har markanvändningen inom jordbruket förändrats avsevärt. Fokus på hög och snabb avkastning har lett till en tilltagande markomvandling, från heterogena landskap till stora monokulturer (Broom *et al.*, 2013; Rojas-Downing *et al.*, 2017). I takt med denna rationalisering av jordbruket sker en kontinuerlig avskogning för att ta fram ny odlingsmark (Machovina *et al.*, 2015). Bara i Brasilien har avskogningen ökat till 8 000 kvadratkilometer per år de senaste fyra åren, något som oroar både klimatforskare och miljöorganisationer (Artaxo, 2019). Avskogning frisätter stora mängder koldioxid, men minskar också naturens inbyggda förmåga att rena luften på koldioxid.

Det sker också en kontinuerlig omvandling av naturliga gräsmarker till intensivt jordbruk, i syfte att odla både djurfoder och föda upp kött- och mjölkkor. Ett effektivt jordbruk kräver gödsling. Gödslingen i sin tur innehåller kväve, eftersom växterna behöver det för att växa. Problemet är att detta kväve riskerar att avgå som lustgas vid överskott, vilket sker idag på global nivå (Machovina *et al.*, 2015).

Djuren släpper också ut metan via sin foderspjälningsprocess. När växtdelarna bryts ned i kornas våm bildas livsnödvändiga fettsyror som de behöver för att tillgodogöra sig energi. Metan är en restprodukt i denna så kallade enteriska fermentation. Metangasen rapas upp och går ut i atmosfären (Beauchemin *et al.*, 2009; Röös *et al.*, 2013).

Sammantaget leder alltså avskogning, markomvandling och enterisk fermentation till stora utsläpp av växthusgaserna koldioxid, lustgas och metan. Dessa växthusgaser bidrar till ett varmare klimat och försurade hav, vilket får konsekvenser för växter, djur och människor. Man befärrar att om den redan förhöjda medeltemperaturen på jorden ökar med ytterligare en halv grad kommer det bland annat leda till kraftig nederbörd i flera regioner, högre sannolikhet för torka i andra regioner, förhöjd havsnivå och till följd av detta minskad biologisk mångfald (IPCC, 2018).

Parallellt med den ökade medeltemperaturen växer jordens befolkning i antal. Enligt en nyligen publicerad svensk studie beräknar man att det globala matbehovet kommer att öka med 50 % till år 2050. Efterfrågan på animaliska produkter förväntas bli särskilt stor, varför frågor kring hållbar animalieproduktion blir särskilt viktiga (Searchinger *et al.*, 2018).

Denna litteraturstudie fokuserar följaktligen på hållbar nötdjursproduktion: Hur bidrar produktion av nötkreatur till utsläpp av metan, lustgas och koldioxid? Vilka produktionsstrategier som nötdjursproducent är att föredra med avseende på en minskning av dessa växthusgaser?

MATERIAL OCH METODER

Databaserna som använts är Google scholar, Pubmed och Sveriges Lantbruksuniversitets egen databas Primo. Sökord har varit dessa nyckelord eller kombinationer av "Sustainable livestock", "Sustainable livestock farming", "Agricultural sustainability", "Climate change and livestock", "Organic milk production", "Silvopastoral systems", "Dietary lipids", "Strategies to reduce methane emissions", "Vaccines", "Ionophores" och "Breeding".

Urval har gjorts på artiklar relevanta för frågeställningarna. Begränsning har varit de artiklar eller delar av artiklar som behandlar nötdjursproduktionens effekter på utsläpp av koldioxid, lustgas och metan. Fokus har varit nötdjursproduktionens konsekvenser för klimatet och inte andra negativa konsekvenser av djurhållningen, exempelvis försurning eller minskad biologisk mångfald. Strategierna under avsnittet "Produktionsstrategier för mer hållbar djurhållning" har valts utifrån producentens perspektiv men även med relevans för veterinärmedicin och då särskilt ifråga om "Utfodring", "Avel" och "Medicinsk behandling". Dessa strategier berör både producent och veterinär och är viktiga i frågor kring djurhälsa men också ifråga om växthusgaser. En lantbrukare har konsulterats om dennes silvopastorala gård i Magadi, Kenya.

I diskussionen jämförs de utvalda produktionsstrategierna och behandlar både fördelar och nackdelar med respektive strategi. Eventuella negativa aspekter av produktionssystemet tas upp, även om de reducerar utsläpp av koldioxid, metan och lustgas.

LITTERATURÖVERSIKT

Direkta och indirekta utsläpp från nötboskap

Nötkreatur bidrar till den globala uppvärmningen genom sin fysiologi, inhysning, gödsel- och gödselhantering, samt foder och gödningsmedel för foderproduktion. Direkta utsläpp utgörs av enterisk fermentation i våmmen som bildar metangas samt utsöndring av kväverik gödsel och urin som omvandlas till lustgas. Indirekta utsläpp kommer från foderväxter, gödselhanteringen, bearbetning av djurprodukterna, transporter och markanvändning för produktionen (till exempel genom avskogning, frisättning av kol från odlade jordar och markförstörelse som leder till ökenspridning). Detta genererar utsläpp av främst lustgas och koldioxid. Inom boskapssektorn har de indirekta utsläppen större betydelse för utsläpp till atmosfären än direkta utsläpp (Rojas-Downing *et al.*, 2017).

Koldioxid, lustgas och metan har olika stor påverkan på klimatet. Koldioxid används därför som måttstock att jämföra med för att kunna räkna ut hur mycket metan respektive lustgas som krävs för att uppnå samma klimateffekt som koldioxid. Effekten mäts i Global Warming Potential (GWP) som mäts i enheten koldioxidekvivalenter (Röös *et al.*, 2013). I Kyotoprotokollet 2005 utgår man från ett hundraårsperspektiv för de för djurhållningen viktigaste växthusgaserna. Där har man kommit fram till att GWP för metan är 10-15 år och 150 år för lustgas, det vill säga det är så länge dessa växthusgaser ligger kvar i atmosfären (Lundström, 2009).

Koldioxid

Den största delen av kolet som idisslare får i sig på bete är smältbart. Detta kol andas djuren ut kort efter intag och räknas därför generellt inte som en nettokälla till koldioxidutsläpp (Soussana & Lemaire, 2013). Det beror på att den vegetation som konsumeras av djuret härrör från omvandling av atmosfärisk koldioxid till organiska föreningar eller biomassa. Därför antas, enligt Kyotoprotokollet 2005, att de förbrukade mängderna av koldioxid i vegetativ form är ekvivalenta med de som utsöndras av djuren (FN, 2005). Omvänt är djuret en kolsänka eftersom en del av kolet som konsumeras absorberas i djurets vävnader och i produkter från djuret, såsom mjölk (Rojas-Downing *et al.*, 2017). Det icke smältbara kolet, vilket är 25-40 % beroende på växtart, återgår till marken huvudsakligen som gödsel (Soussana & Lemaire, 2013). Vid den enteriska fermentationen bildas en viss mängd koldioxid som rapas upp, denna beskrivs närmare under kapitlet om metan.

Kol finns lagrat i trädstammar, grenar, barr, löv och rötter, men även i dött organiskt material och i jordmånen. Inbundet kol bidrar inte till växthuseffekten i atmosfären (Skogsstyrelsen, 2018). Detsamma gäller gräsmarker som globalt sett är viktiga kolinlageringar. Tillsammans med tropiska skogar och savanner innehåller de ungefär 10 % av världens jordbundna kol. Beroende på hur marken brukas kan mängden inbundet kol förändras (Machovina *et al.*, 2015).

Nuvarande nötdjursproduktion i intensiva system centreras till stora rensade områden där endast örtplantor odlas som foder, tillsammans med byggnader för att hålla djur eller material i anslutning till produktionen. Följaktligen tas skog och omgivande träd och buskar bort vilket skapar ett homogent landskap där växtpopulationen består av endast en eller ett fåtal arter (Broom *et al.*, 2013).

Detta leder till att stora mängder koldioxid frisätts, ca 2400 miljoner ton per år (Machovina *et al.*, 2015). Alla dessa utsläpp är indirekta. Det är nästan tre gånger så mycket som de årliga koldioxidutsläppen från flygplan, vilket är ca 900 miljoner ton (International Air Transport Association, 2018).

Lustgas

Utsöndring av lustgas från gödsel (direkta utsläpp) och gödsellagring (indirekta utsläpp) är beroende av den omgivande miljön; organisk kolmängd, pH, temperatur och växtupptagnings-hastighet. Risken för överskott och därmed utsläpp ökar med mängden växttillgängligt kväve i marken i kombination med brist på en gröda som har förmåga att ta upp kvävet. Det växttillgängliga kvävet kommer både från gödsel som används för att berika jorden under odlings säsongen och från kväve som frisätts från jordens organiska material. Detta kväve har byggts upp under lång tid genom tillförsel av växtmaterial och gödsling (Röös *et al.*, 2013).

Lustgasavgången kommer också från användningen av gödningsmedel i foder- och livsmedelsproduktion. Den största delen, 75-80 % av de årliga jordbruksutsläppen av lustgas, kommer från sådana gödningsmedel vilket motsvarar 2200 miljoner ton koldioxid (Machovina *et al.*, 2015). Utsläppen av lustgas och koldioxid är alltså nästan lika stora räknat i koldioxid-ekvivalenter. De främsta orsakerna till utsläppen är överdriven användning av gödningsmedel vid produktion av djurfoder (Röös *et al.*, 2013). Kväveinnehållande gödningsmedel kan också,

med hjälp av syre från luften, bilda kväveoxider. Kväveoxider bildas främst vid förbränning, men avges även genom gödningsmedel från jordbruk. Kväveoxider ökar halten av troposfäriskt ozon, en komponent i smog som påverkar människors hälsa, växtodlingar och naturliga ekosystem (Tilman *et al.*, 2002).

Metan

Nedbrytning av gödsel under anaeroba förhållanden bildar metan, vilket faller under indirekta utsläpp. Flytande gödsel som finns lagrat på gården frigör mer metan än torrgödsel. Utsläppet beror av lufttemperatur, fukt, pH, lagringstid samt djurets diet (Rojas-Downing *et al.*, 2017).

En annan orsak till utsläppen av metangas är idisslares matsmältningsfysiologi, så kallad enterisk fermentation. Metan bildas här som biprodukt vid foderjäsning, vilket räknas till direkta utsläpp. I våmmen finns mikroorganismer, så kallade mikrober, som bryter ner svårsmälta fibrer (cellulosa) genom anaerob respiration. Det sker genom att koldioxid och vätgas omvandlas till metan. Den enteriska fermentationen minskar mängden metabolisk vätgas som bildas från mikrobiell nedbrytning i våmmen och skapar flyktiga fettsyror (acetat, propionat och butyrat) som djuret kan ta upp och utnyttja som energi. Restprodukten, det vill säga metan och till viss del koldioxid, rapas upp och går ut i atmosfären. Metan bryts så småningom ner till koldioxid och vatten (Beauchemin *et al.*, 2009; Röös *et al.*, 2013). Metanbildningen betraktas som en energiförlust då en del av kons bruttoenergi, ca 6-10 %, går förlorad på detta sätt (Eckard *et al.*, 2010; Llonch *et al.*, 2016; Rojas-Downing *et al.*, 2017). Utsläppen av metan från enterisk fermentation är ekvivalent med 2200 miljoner ton koldioxid per år (Machovina *et al.*, 2015).

Produktionsstrategier för en mer hållbar djurhållning

Silvopastoral system

Silvopastoral jordbruk (eng. agroforestry) är en av flera former av skogsjordbruk där träd och buskar kombineras med betesdjur på ett ömsesidigt fördelaktigt sätt. Utöver gräs på betet används bladmaterial som foderresurs. Konceptet bygger på flera nivåer av grödor; låga växter, mellanhöga växter i form av buskar och skott, samt träd med ätbara löv. Även fallfrukt kan konsumeras av djuren (Tonucci *et al.*, 2011). Metoden kan tillämpas genom att integrera träd i betesmark eller plantera örtväxter under befintliga träd. Träden ska regelbundet toppas och inte beskäras från sidorna för att nya skott ska vara utom räckhåll för djuren. På detta sätt blir stammarna mycket breda och träden låga, vilket förlänger trädets livslängd och motståndskraft mot väderförhållanden. Trädens djupa rötter har förmåga att suga upp vatten långt ned i jorden samt ger skugga åt de lägre växterna. Detta minskar risken för uttorkning och behovet av bevattning (Broom *et al.*, 2013).

I ett skogsjordbrukssystem med träd och buskar ökas även möjligheterna till kolinlagring och minskar därmed koldioxidavgången. Områden där systemet tillämpas är också mer benäget att användas kontinuerligt snarare än en kort period, vilket på längre sikt ger en lägre koldioxidavgång när träd och andra växter avlägsnas. Eftersom produktionen fördelas på tre nivåer av grödor ger det stor effektivitet ifråga om fodertillgång, därför krävs mindre mängd mark per

djur. Större produktion per enhetsareal kan resultera i mindre växthusgasutsläpp (Broom *et al.*, 2013; World Agroforestry, 2019).

Ofta används arter av växter som fixerar kvävgas, till exempel baljväxter. Kvävgasen omvandlas till ammonium och nitrat som växten kan tillgodogöra sig vilket både minskar risken för näringsläckage och behov av gödningsmedel. Det minskade behovet av gödningsmedel reducerar risken för lustgasutsläpp men även koldioxidutsläpp då produktion, transport och applicering av gödningsmedel ofta innebär användning av fossila bränslen. För att undvika att djuren skadar nyplanterade växter kan ett rotationssystem tillämpas där grupper av nötkreatur förflyttas med några dagars mellanrum (Broom *et al.*, 2013; Rööös *et al.*, 2013). Försök i Colombia har visat att mjölkproduktionen steg från 3,5 kg till 4,13 kg per dag i de silvopastoral systemen jämfört med endast gräs som foderresurs. Författarna anger också att silvopastoral system gör att mängden djur per hektar kan bli fler, vilket i försök lett till att mjölkproduktionen steg fem gånger så mycket i de pastoral systemen jämfört med bara gräsbete. Inkomsten ökade då med drygt 12 % per ko (Broom *et al.*, 2013).

Sammantaget leder detta jordbrukssystem till minskad risk för både lustgas- och koldioxidutsläpp samt blir mindre känsligt för svängningar i väder än konventionella system. Det finns även studier som visar på att fästingburna sjukdomar hos djuren minskar. Det beror på att heterogena landskap främjar biologisk mångfald; antal fågelarter och större insekter ökar vilket reducerar antal fästingar (Broom *et al.*, 2013).

Ekologisk produktion

Ekologiskt jordbruk bygger på ett antal nyckelprinciper som syftar till att främja en hållbar miljö, ökad biologisk mångfald samt ett högt konsumentförtroende. Man vill i så stor utsträckning som möjligt ha ett kretslopp som utnyttjar lokala resurser från både djur och växter ((EG) 834/2007).

För detta finns ett antal regler som varje producent måste följa. Exempel är förbud mot genetiskt modifierade organismer (GMO), joniserande strålning och mineralgödsel (syntetiskt framställda gödningsmedel) samt begränsningar i användningen av bekämpningsmedel och antibiotika ((EG) 834/2007). Det innebär att den ekologiska producenten måste tillämpa andra metoder för att upprätthålla jordens näringsinnehåll, djur- och växtskydd.

En sådan metod är integration av växt- och boskapsproduktion, vilket är mycket viktigt för att effektivisera och optimera näringsanvändningen. Andra metoder är växelbruk i odlingen, odling av kvävefixerande växter samt odling av täckgrödor. Det gör marken mer motståndskraftig mot skadegörare och sjukdomar ((EG) 834/2007; Scialabba & Müller-Lindenlauf, 2010). Lantbrukaren ska vidta åtgärder för att upprätthålla ett dynamiskt landskap med exempelvis zoner som inte odlas samt bevarande av häckar, buskar, träd och våtmarker (IFOAM, 2005).

Naturgödsel är tillåtet, exempelvis stallgödsel från den egna gården. Vissa typer av stallgödsel från andra gårdar som inte är ekologiska och restprodukter från livsmedelsproduktionen, främst från slakteri och jästproduktion, är också godkända (Jordbruksverket, 2018b). Ett problem är

att större ekologiska gårdar ofta, trots nämnda godkända gödslingsmetoder, inte har tillräckligt med stallgödsel och att stallgödseln inte används tillräckligt effektivt. Det bidrar till att skördarna ofta är mindre än vid konventionell produktion (Kirchmann *et al.*, 2017; Searchinger *et al.*, 2018). Skadedjur ska bekämpas med naturliga tekniker, som till exempel odling av naturligt resistenta växter.

Det finns särskilda regler för boskapsproduktion. Antal tillåtna djur per hektar är lägre än konventionell produktion. Djuren ska helst reproducera sig naturligt, även om artificiell insemination är tillåten. De ska också ges 100 % ekologiskt foder som till största del ska vara producerat på den egna gården. Daglig foderranson ska bestå av grovfoder till minst 60 %. Diande djur ska matas med naturlig, företrädesvis moderns, mjölk. Syntetiska aminosyror och tillväxtfaktorer i fodret är förbjudet (Jordbruksverket, 2018a; ((EG) 834/2007).

Utfodring

Utfodringen är en essentiell del nötbondens verksamhet då fodret har stor betydelse för vilken avkastning producenten får i form av kött och mjölk. Det finns en positiv korrelation mellan hur mycket foder djuret äter och hur mycket metan som bildas. Det har också visat sig att fodersammansättning kan variera den enteriska jäsningsen och därmed metanutsläpp (Llonch *et al.*, 2016). Som tidigare nämnt går en del av bruttoenergin förlorad som metangas när korna spjälkar svårsmälta växtfibrer. Om den förlorade energin kan förhindras finns produktionsekonomiska fördelar att vinna (Eckard *et al.*, 2010).

Icke-strukturella kolhydrater

Att utfodra grovfoder med lägre fiberhalt och högre andel lösliga kolhydrater eller bete på mindre mogna betesmarker kan reducera metanproduktionen. Metanproduktionen per enhet sönderdelad cellulosa har visat sig vara tre gånger så hög som hemicellulosa. Både cellulosa och hemicellulosa fermenteras långsammare än icke-strukturella kolhydrater, vilket ger mer metan för varje enhet foder. Att öka andelen koncentrat (högenergifoder som innehåller spannmål) kan därför minska metanutsläppet. En högre andel icke-strukturella kolhydrater minskar även uppehållstiden i magtarmkanalen och ökar det frivilliga intaget, vilket ytterligare bidrar till att sänka utsläppen (Eckard *et al.*, 2010; Llonch *et al.*, 2016). En följd av det minskade fiberintaget och ökade andelen stärkelse är en pH-sänkning i våmmen (Mc Allister & Newbold, 2008).

Fett

En annan möjlighet att minska växthusgaserna är att öka andelen fett i foderstaten, vilket är en av de mest effektiva strategierna för att minska metanbildningen (Beuchemin & Mc Allister, 2009). För att det ska vara framgångsrikt måste det ske utan att djurproduktionen påverkas negativt, vilket är en utmaning. Tillsats av fetter kan ha negativa effekter på foderintag, nedbrytning av kolhydrater, protein- och fettinnehåll i mjölken samt mjölkens organoleptiska egenskaper. Dessutom är utfodring av animaliska fetter förbjudet i många länder och vegetabiliska fetter kan vara kostsamma i jämförelse med spannmål. Högre andel fett i förhållande till kolhydrater ger även en mindre mängd organiskt material som fermenteras i buken, vilket kan leda till produktionsförluster. Lipiderna minskar också antal metanogener i våmmen och kan

ha toxiska effekter på dessa. För att detta ska förhindras får inte det totala lipidinnehållet i foderstaten överstiga 6 % (Beuchemin & Mc Allister, 2009).

Medicinsk behandling

Jonoforer

I Nordamerika används antibiotiska jonoforer (framförallt monensin) för att öka effektiviteten i både kött- och mjölkproduktion, vilket inte är tillåtet i Europa. Jonoforer reducerar metanogenesen genom att öka bildningen av propionat i förhållande till acetat och genom att minska antalet protozoer. Effektiviteten är dosberoende där doser under 20 mg/kg inte ger någon effekt (Beauchemin & McAllister, 2009; Eckard *et al.*, 2010). Dessutom verkar effekten avta efter ett par veckor då florans i våmmen anpassar sig till den nya miljön (Llonch *et al.*, 2016).

Jonoforer har kapaciteten att öka fodereffektiviteten, alltså minska mängden foder som behövs för att behålla samma produktionsnivå. Det minskar därigenom metanavgången. Även tarmens mikrobiota förändras vilket resulterar i ökad kol- och kvävehållning hos djuret (Llonch *et al.*, 2016). Andra effekter är förbättrad hälsostatus genom att förekomsten av subklinisk acidosis, bovint emfysem och uppblåsthet minskar. Incidensen av acidosis reduceras genom att jonoforererna inhiberar de viktigaste mikrobiella stammarna som bidrar till mjölksyraproduktion, såsom grampositiva bakterier och ciliatprotozoer (Llonch *et al.*, 2016).

Vaccin

Vaccination mot metanogener har potential att reducera metanutsläppen genom att minska antalet metanogener i våmmen eller aktivitet hos dem. Det sker genom att antikroppar bildas i saliven (Buddle *et al.*, 2010). En svårighet kan bli att utveckla ett tillräckligt brett vaccin, då metanogenpopulationer i våmmen varierar med diet och geografisk plats (Eckard *et al.*, 2010). Vidare utveckling av ett vaccin mot cellyteproteiner som är gemensamma för ett brett spektrum av olika arter av metanogener kan förbättra potentialen för vaccin som en strategi för att minska metanutsläpp (Mc Allister & Newbold, 2008). Vaccin är än så länge bara på ett tidigt stadium och ytterligare forskning behövs för att utveckla och bekräfta dess effekter (Buddle *et al.*, 2010).

Avel

I försök har observerats att det finns individuella skillnader i metanogenesen mellan djur per enhet foderintag, vilket indikerar att det kan bero på ärftliga faktorer. En selektiv avel skulle därför kunna minska metanbildningen med så mycket som 10-20 % enligt Eckard *et al.* (2010). En annan strategi är avel för förbättrad foderomvandlingsförmåga. Detta kan tänkas ligga i linje med befintliga avelsmål och även ge reducerade foderkostnader (Eckard *et al.*, 2010). Urval för hög produktion är en annan strategi, vilket kommer leda till en lägre metanbildning per enhet mjölk- eller köttmassa. Ett problem här är att selektion enbart för hög produktion kan leda till sämre fruktsamhet och hälsa (Novak & Fiorelli, 2009).

DISKUSSION

Husdjur är en viktig och integrerad del av livsmedelsproduktionen där idisslare, och då särskilt nötkreatur, tjänar en viktig roll i hållbara jordbruk. Landområden som är för näringsfattiga att

odla på kan bli produktiva med hjälp av betande djur. Idisslare har en unik förmåga att omvandla omfattande förnybara resurser, såsom betesmarker, till högkvalitativ föda för människor. Kött och mejeriprodukter är en källa till högvärdigt protein, järn, vitamin B12, zink, selen, fosfor och fett (Oltjen & Beckett, 1996; Pereira & Vicente, 2012). Det höga innehållet av essentiella aminosyror och näringsämnen i animalieprodukter är viktigt för att säkra både näringstillförsel och ekonomisk försörjning för en stor andel av världens befolkning, särskilt i fattiga länder (Röös *et al.*, 2016). Dessutom används biprodukter från djur till annat än föda för människor och produkterna får därför fler användningsområden (Oltjen & Beckett, 1996). Boskap ger också fler fördelar annat än livsmedel såsom biologisk mångfald, andra ekosystemtjänster och återvinning av näringsämnen (Röös *et al.*, 2016). Det torde vara svårt att förutsäga hur livsmedelsproduktion helt utan boskap, i synnerhet nötkreatur, skulle se ut. Vilka ekonomiska, sociala och miljömässiga konsekvenser skulle det få?

Det verkar råda samstämmighet inom forskningen att dagens intensiva produktionssystem inte uppfyller kraven på hållbarhet. Att driften är ekonomiskt lönsam innebär inte att den är hållbar. Stora specialiserade monokulturer som dominerar boskapsproduktionen får, utöver konsekvenser för klimatet, även negativ påverkan på biologisk mångfald, pollinering, smittryck, sjukdomar och vattenkvalité (Machovina *et al.*, 2015). Dessa negativa effekter diskuteras inte vidare i detta arbete då fokus ligger på växthusgaser.

En lösning, om nuvarande utbredda djurproduktionssystem används, skulle kunna vara att minska boskapsproduktionen mycket kraftigt. En annan lösning, som kanske är mer realistisk, är att utveckla hållbara produktionsmetoder med lägre klimatavtryck som också bidrar till en god djurvälstånd och som inte innebär en ökad markanvändning (Broom *et al.*, 2013). Sannolikt krävs en kraftigt reducerad animaliekonsumtion även om hållbara metoder blir mer framträdande. Viktiga obesvarade frågor blir då vad som innefattar en hållbar konsumtion av en animalieprodukt och hur dessa hållbara system ska vara utformade.

Silvopastoral system

Broom *et al.* (2013) hävdar att överdrivet fokus på gräsbete för utfodring av idisslare varit ett stort misstag i nästan alla delar av världen. Det är rimligt att om växtätande djur, i synnerhet idisslare, matas med bladmaterial används växtresurser som annars inte är tillgängliga för människor i större utsträckning än vid bara gräsbete. Det torde vara ekonomiskt och näringsmässigt fördelaktigt resursutnyttjande då sådana system kan tänkas producera mer mat per enhetsareal än bara gräsbete. Andra fördelar kan vara att växter och träd på flera nivåer ger skydd mot sol, vind och regn. Det finns också studier som visar på att konfliktsökande beteende är mindre frekvent i dessa typer av system samt att dominanshierarkier mellan djur är mer stabila (Améndola *et al.*, 2015).

Svårigheter med denna typ av system skulle kunna vara att odla foderväxter som växer relativt fort även i kallare temperaturer. Broom *et al.* (2013) tar främst upp lyckade exempel från varmare länder som Colombia, Mexico, Kuba, Australien samt vissa länder i Afrika. Det kan tänkas att möjligheter till mer snabbväxande arter är större där. Broom *et al.* (2013) har dessutom främst jämfört pastoral system med gräsbete i dessa varma miljöer. Det innebär inte att resultaten är direkt överförbara till andra delar av världen. Dessutom är mjölkproduktionen

i nämnda länder betydligt lägre per ko än i exempelvis Sverige. Det gör att den påstådda ökade produktionen ger en större procentuell skillnad än vad det kan göra i länder där produktionen från början är betydligt högre. Det kan också finnas andra viktiga faktorer som påverkar möjligheterna och utfallet av detta system såsom ras, foderbehov och foderomvandlingsförmåga.

Små producenter med förhållandevis liten avkastning kan ha svårt att klara sig på en internationell marknad med hög konkurrens. En silvopastoral produktionsstrategi erbjuder perenna polykulturer med liten skörd av många olika grödor, vilket inte passar in i dagens industrialiserade lantbruk. Ett exempel på det är från den kenyanska lantbrukaren Daniel Kapucho. Jag samtalade med honom om hans silvopastoral lantbruk i Magadi, sydvästra Kenya. Kapucho har nötkreatur vilka han låter beta på sin majs-, mango-, banan- och limefruktsodling när han skördat säsongens majs. Kapucho säger att korna gödslar marken och att grödorna odlas både för husbehov och försäljning. Han berättar också att det sker påtryckningar från EU att använda bekämpningsmedel i odlingen vilket han inte vill, vilket gjort att exporten till EU minskat och att han därmed fått minskade intäkter. Kapuchos berättelse går tvärtemot Broom *et al.* (2013) slutsats som bland annat anger att silvopastoral system möjliggör ett lönsamt jordbruk samt kan ersätta existerande system i många delar av världen. Jag vill hävda att den slutsatsen är väl tilltagen. Lönsamhet är ett begrepp som i dagsläget inte är kopplat till hållbarhet i stora delar av världen och där den ekonomiska samhällsmodellen varken tar ansvar för konsekvenserna av överutnyttjande av resurser eller, i tillräcklig utsträckning, gynnar dem som vill minska klimatavtrycket från matproduktion. Jag ger dock Broom *et al.* (2013) rätt i att silvopastoral system ger ett mer effektivt resursutnyttjande. De konkluderar även, liksom Rööös *et al.* (2016) och Oltjen & Beckett (1996), att animaliskt protein från växtätare är viktigt för att tillgodose människor med mat och säkra ekonomisk försörjning.

Både Tonucci *et al.* (2011), Broom *et al.* (2013) och World Agroforestry (2019) betonar det silvopastoral lantbrukets möjligheter till ökad kolinlagring och därmed minskad risk för koldioxidavgång. Broom *et al.* (2013) tar även upp möjligheten till kvävebindning vilket minskar risken för lustgasutsläpp. Det är rimliga och välgrundade ståndpunkter då forskningen verkar vara överens om att mycket träd och buskar binder kol och ett dynamiskt landskap minskar risken för näringsläckage med efterföljande lustgasutsläpp. Som nötdjursproducent, om man bortser från ovan diskuterade ekonomiska aspekter och svårigheter vid kallare temperaturer, tänker jag mig därför att ett silvopastoralt system åtminstone i vissa delar av världen är ett gott alternativ som produktionsstrategi för att minska utsläpp av både koldioxid och lustgas.

Sammanfattningsvis erbjuder silvopastoral system ett bra resursutnyttjande, hållbarhet ur ett klimatperspektiv men otillräcklig effektivitet i jämförelse med konventionell produktion. För att silvopastoral system ska bli ett rimligt alternativ för lantbrukare krävs en radikal miljöpolitik som prioriterar hållbarhet och multifunktionalitet framför effektivitet och där är vi inte ännu.

Ekologisk produktion

Kretsloppsstrategin inom ekologisk produktion kan främja ett bättre utnyttjande av tillgängliga resurser och stimulera till nytänkande. Ett exempel är förbudet mot mineralgödsel. Det kan leda till ett bättre utnyttjande av stallgödseln och därmed minska mängden ”nytt” kväve i jordbruket, vilket minskar risken för näringsförluster och lustgasavgång. Även odling av täckgrödor och kvävefixerande växter bidrar till detta. Förbudet mot mineralgödsel gör också att inga lustgasutsläpp eller kväveoxidutsläpp sker från själva gödseltillverkningen (Röös *et al.*, 2013).

En nackdel med förbudet mot mineralgödsel kan vara att naturgödsel är svårare att dosera efter grödans kvävebehov, vilket ökar risken för näringsläckage och efterföljande lustgasutsläpp. En utmaning är därför hur djurens utevistelse ska organiseras så att gödseln kan användas effektivt i odlingen (Röös *et al.*, 2013). Det tycks vara en obesvarad fråga, då inget av den genomgångna litteraturen behandlar detta. Soussana och Lemaire (2013) anger att en låg djurtäthet kommer förbättra markens kol- och kvävecykler och öka primärproduktionen, vilket också går i linje med EUs regler som tillåter färre djur per hektar, men fastställer inget ”optimum” för antal djur. Jag kan tänka mig att författarna har svårt att dra en generell slutsats då kol- och kvävecykler, antal växter och växtarter ser olika ut i olika marker. Ett framtida studiefält skulle därför kunna vara att ta fram mer tydliga forskningsunderlag kring utevistelse för att kunna avgöra gödselns påverkan på marken och i förlängningen klimatet på ett bättre sätt.

En annan nackdel kan vara kravet på att fodret till största del ska odlas på den egna gården (Jordbruksverket, 2018a). Det kan leda till svårigheter för att ställa om från konventionell till ekologisk produktion om producenten inte har tillräckligt med mark. Om målet är att öka hållbarheten inom animalieproduktion och i synnerhet nötdjursproduktion borde det finnas en större flexibilitet i lagstiftningen så fler lantbrukare ges möjlighet att ställa om. Konsekvensen skulle annars kunna bli att bonden måste göra sig av med djur, vilket skulle minska utsläppen av metan, lustgas och koldioxid men är troligen inte ett alternativ producenterna är intresserade av på grund av ekonomiska skäl.

Det tycks även oklart om kravet på 60 % grovfoder leder till högre växthusgasutsläpp. Llonch *et al.* (2016) menar på att fodersammansättningen påverkar metanavgången, där en högre andel icke-strukturella kolhydrater kan sänka metanutsläppen. Men en högre andel icke-strukturella kolhydrater i foderstaten kräver ökad odling av spannmål. Spannmålsodling kräver gödsel vilket kan bidra till ökade utsläpp av lustgas (Eckard *et al.*, 2010). Mer spannmål till kor kan även resultera i en nettoförlust av näring, då sädeskorn är något som människor kan konsumera. Dyrbara födoresurser riskerar alltså att gå förlorade på detta sätt. Röös *et al.* (2013) anger att en hög andel grovfoder också kan leda till en ökad odling av vall- och baljväxter, vilket ökar kolinlagring. De skriver även att de lägre kvävegivorna per hektar inom det ekologiska jordbruket minskar riskerna för lustgasutsläpp per ytenhet. Här återkommer dock frågan kring effektiv administrering av gödsel. Risken finns att en förhöjd vall- och baljväxtodling ger ökade växthusgasutsläpp om gödseln administreras felaktigt eller mer mark måste brytas för att kunna odla tillräckligt med foder. Den risken måste beaktas men överväger inte förlusten av viktiga energiresurser när man ger kor säd att äta istället för gräs. Dessutom finns det mycket viktiga djurvälståndspåverkningar att anmärka på med en hög andel icke-strukturella kolhydrater. Mer om detta under avsnittet om utfodring. Jag skulle därför vilja se att forskningen riktar sig på att hitta

mer hållbara och effektiva växt- och foderodlingsmetoder för att minska växthusgasutsläppen snarare än att förändra nötkreaturs foderstat.

Ytterligare en viktig och omdiskuterad fråga är huruvida ekologisk produktion bidrar till större koldioxidutsläpp än konventionell odling. I en nyligen publicerad svensk studie hävdar forskarna att ekologisk odling indirekt leder till stora koldioxidutsläpp. Eftersom världens livsmedelsproduktion hänger ihop via handel kommer ekologisk odling och djurproduktion i Sverige bidra till större avskogning i tropikerna då ekologisk produktion kräver större arealer än konventionell produktion (Searchinger *et al.*, 2018). Studien är kritiserad från flera håll, bland annat från Arthur Granstedt, docent i ekologisk odling (Granstedt, 2019). En viktig aspekt av Searchinger *et al.* (2018) studie är att slutsatsen bygger på dagens konsumtionsmönster av animaliska produkter. Är det möjligt att beräkningarna hade sett annorlunda ut om gemene mans köttkonsumtion varit betydligt lägre? Det vill säga, om vi omfördelar dagsintaget av näring till en högre andel växtbaserade produkter, kommer det leda till färre djur per areaenhet och därmed minskade foder- och betesbehov, vilket leder till en minskad markanvändning totalt sett? Searchinger *et al.* (2018) slutsats innebär indirekt att det i dagsläget är bättre att använda gödningsmedel än gödsel från djur för markförbättring för att minska koldioxidutsläpp. Jag anser att den konklusionen är förenklad och önskar vidare studier på hur det skulle påverka försurning, biologisk mångfald, övergödning, djurvälstånd och konsumtionsmönster av animalieprodukter. Det är möjligt att Searchinger *et al.* (2018) slutsats hade blivit annorlunda om dessa faktorer tagits i beaktande.

De största utmaningarna för ekologiskt jordbruk som jag kan identifiera är sammanfattningsvis administreringen av gödsel och organisering av utvistelse för boskap för att minska växthusgasutsläpp. Det finns en framtid för ekologiskt jordbruk som hållbar produktionsstrategi men då krävs bättre och förfinade metoder och ett regelverk som åtföljer aktuell forskning samt tar hänsyn till producentens intressen.

Icke-strukturella kolhydrater

Som tidigare nämnts påverkas metanavgång av utfodring, där en högre andel icke-strukturella kolhydrater (till exempel spannmål) kan sänka metanutsläppen (Llonch *et al.*, 2016).

En betydande nackdel med ökad andel stärkelse i foderstaten är att det sänker pH i våmmen (Mc Allister & Newbold, 2008). Llonch *et al.* (2016) anger dessutom att en signifikant minskning av metanutsläpp ofta uppnås med hjälp av en så hög andel stärkelse att det kan försämra våmmens funktion, främst i form av acidosis. Risken för acidosis ökar ju mer lättsmälta kolhydraterna är, vilket förutom spannmål även inbegriper tidigt skördat vallfoder. När kon äter ”snabba” kolhydrater ökar bildningen av fleromättade fettsyror men också laktatnivåerna i våmmen. Höga laktatnivåer sänker pH vilket riskerar att skada tarmväggen och sänka pH i blodet (Llonch *et al.*, 2016). Llonch *et al.* (2016) och Bowman (2009) anger vidare att lättfermenterade kolhydrater också går snabbare att tugga, vilket minskar salivsekretionen. Eftersom den basiska saliven fungerar som en buffert mot lågt pH kan en minskning av tuggaktiviteten förvärra acidosen. Vanliga kliniska tecken på acidosis är anorexi, ataxi och uttorkning som tillsammans kan vara dödliga (Llonch *et al.*, 2016). På grund av dessa negativa

hälsoeffekter som får stora konsekvenser för djurets välfärd ser jag inte att en ökad mängd icke-strukturella kolhydrater i foderstaten som ett alternativ för att minska metangasutsläpp.

Fett och vaccin

Det främsta skälet till att inte ge mer fett i foderstaten, trots att det kan reducera metanutsläpp, är att det kan leda till produktionsförluster. Däremot verkar inte en högre andel fett i foderstaten vara särskilt väl studerat ur djurvälståndsperspektiv. Vad gör den högre andelen fett med djurets aktivitetsnivå, ätmönster och hälsa? Llonch *et al.* (2016) tar upp att fermentation i våmmen kan försämrans av ett högre fettintag då fett kan störa metanogenernas aktivitet. Detta kan leda till en ackumulering av vätgas, vilket försurar mikromiljön i våmmen. Vidare hälso- och djurvälståndsperspektiv verkar inte ha studerats. En ökad andel fett i foderstaten ser jag därför inte som ett alternativ för att minska metangasutsläpp.

Beuchemin och Mc Allister (2009) skriver även att en hög andel fett minskar antalet metanogener i våmmen. Liknande effekt försöker man uppnå genom vaccination. Vaccinet ska minska antal metanogener eller aktivitet av dessa genom antikroppsproduktion i saliven (Buddle *et al.*, 2010). Djurvälståndsperspektiv gällande vaccination som en metod att reducera metanutsläpp tycks liksom för fett tillsatser inte ha studerats närmare. Mc Allister och Newbold (2008) hävdar att vidare utveckling av vaccin som är verksamt mot ett brett spektrum av olika arter av metanogener kan ge potential åt vaccin som strategi för att minska metanutsläpp. Det är en slutsats jag ställer mig tveksam till, då jag förordar att andra strategier som inte inbegriper invasiva ingrepp eller manipulerar djurets våmflora ges företräde.

Jonoforer

Som tidigare beskrivet har jonoforer en rad positiva effekter. Antibiotikumet kan öka kol- och kvävehållning, minska subklinisk acidosis och öka fodereffektiviteten. Men som tidigare nämnt verkar effekten vara dosberoende där doser under 20 mg/kg inte påverkar metanutsläppen (Beauchemin & McAllister, 2009; Eckard *et al.*, 2010). Llonch *et al.* (2016) skriver dessutom att effekten tycks avta allteftersom mikrofloran i våmmen anpassar sig. Det har också visat sig att det terapeutiska fönstret i doseringen är mycket smalt. Enstaka doser av jonoforer kan vara toxiska i doser av 22 mg/kg eller mer, vilket i försök har lett till döden hos tre av fem vuxna kor som testats enligt Llonch *et al.* (2016). Det kan därför vara direkt farligt att öka dosen när effekten på metanavgången avtar. Det är mycket tveksamt om det överhuvudtaget är etiskt försvarbart att rutinemässigt använda läkemedel med så smalt terapeutiskt fönster till djur som inte är sjuka. Ett andra argument är den tilltagande antibiotikaresistensen i världen som gör att antibiotikaanvändning måste vara restriktiv. Behandling av friska djur med antibiotiska preparat är därför inte ett alternativ. Det är dessutom inte tillåtet inom EU av just den anledningen (European Commission, 2005). Jag ser därför inte att jonoforer är en möjlig strategi att minska metanutsläpp.

Avel

Som tidigare nämnts hävdar Eckard *et al.* (2010) att en selektiv avel skulle kunna minska metanutsläpp med så mycket som 10-20 %. Det är dock möjligt att avel på minskad metanproduktion inte anses fördelaktigt ur producentens perspektiv om det krockar med andra

avelsmål. I dagsläget finns det troligen inga ekonomiska incitament att minska metanutsläpp från djuren varför en avel enbart för att minska metanbildningen i våmmen är osannolik. Det är mer troligt att producenten är intresserad av avel för en bättre foderomvandlingsförmåga, både för att minska sina utgifter och öka effektiviteten. Selektion för högre produktion är också ett alternativ, men som Novak och Fiorelli (2009) skriver kan en sådan selektion komma på bekostnad av både fruktsamhet och hälsa. Det troligaste är nog därför avel för förbättrad foderomvandlingsförmåga.

Konklusion

Koldioxidutsläpp från nötdjursproduktion kommer främst från avskogning i syfte att ta fram bete- och odlingsmark. En andra bidragande orsak till utsläpp är uppförandet av byggnader för att hålla djur eller material i anslutning till produktionen. Lustgasutsläpp kommer främst från överdriven användning av gödningsmedel vid foderproduktion. En mindre del av utsläppen kommer från gödsel och gödsellagring. Utsläppen av metan har två källor. Dels bildas metan vid enterisk fermentation i kornas foderspjälningsprocess och dels vid anaerob nedbrytning av gödsel.

Ekologisk produktion har potential att reducera utsläpp av koldioxid, metan och lustgas men kräver god organisation i gödselhantering och djurens utevistelse samt hög självförsörjningsgrad. Mer grovfoder inom ekologisk produktion kan leda till antingen högre och lägre växthusgasutsläpp beroende hur marken används; ökad vallodling kan binda kol och kväve men också försämra kolinlagring och riskera näringsläckage. För att inte kräva större arealer än konventionell produktion och därmed öka koldioxidutsläpp genom avskogning eller markomvandling krävs också minskad köttkonsumtion.

Silvopastoral lantbruk har goda möjligheter att binda kol och kväve och dessutom bidra till en förhöjd djurvälstånd. Systemet bygger på polykulturer som kommer ge lägre skördar av varje enskild gröda än i konventionell produktion. Växter anpassade efter klimatet krävs för att uppnå effektivitet och minska utsläpp av koldioxid och lustgas.

Av de genomgångna strategierna att minska metanutsläpp från nötkreatur kan avel vara en framkomlig väg. Men till skillnad från silvopastoral och ekologiska produktionssystem har utfodrings- och avelsstrategier inga direkta synergieffekter med andra miljömål. De är faktorer att beakta, men kommer inte ensamt vara svaret på minskade växthusgasutsläpp från nötdjursproduktion.

Sammanfattningsvis anser jag att både ekologisk produktion och silvopastoral lantbruk har god potential att reducera koldioxid-, metan- och lustgasutsläpp och är att föredra framför konventionell produktion. Utökad integrerad forskning som tar hänsyn till mer än en eller ett par parametrar behövs för att komma vidare i arbetet mot en mer hållbar djurproduktion.

LITTERATURFÖRTECKNING

- Améndola, L., Solorio, F. J., Ku-Vera, J. C., Améndola-Massiotti, R. D., Zarza, H., & Galindo, F. (2016). Social Behaviour of Cattle in Tropical Silvopastoral and Monoculture Systems. *Animal*, vol 10, ss. 863-867. doi:10.1017/S1751731115002475.
- Artaxo, P. (2019). Working Together for Amazonia. *Science* vol 363(6425), ss. 323. doi: 10.1126/science.aaw6986
- Beauchemin, K. A., Mc Allister, T. A., & McGinn S. M. (2009). Dietary mitigation of enteric methane from cattle. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*, vol 4, ss. 1-18. doi: 10.1079/PAVSNNR20094035.
- Bowman, G. R. (2009). Digestion, Ruminal pH, Salivation, and Feeding Behavior of Lactating Dairy Cows Fed a Diet Supplemented with Fibrolytic Enzymes. University of British Columbia.
- Broom, D. M., Galindo, F. A., & Murgueito, E. (2013). Sustainable, efficient livestock production with high biodiversity and good welfare for animals. *Proceedings Of The Royal Society B*, vol 280, ss. 1-9. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2013.2025>
- Buddle, B. M, Denis, M., Attwood, G. T., Altermann, E., Janssen, P. H., Ronimus, R. S, Pinares-Patiño, C. S., Muetzel, S., & Wedlock, D. N (2010). Strategies to Reduce Methane Emissions from Farmed Ruminants Grazing on Pasture. *The Veterinary Journal*, vol 188, ss. 11-17. doi:10.1016/j.tvjl.2010.02.019.
- Eckard, R. J., Grainger, C., & de Klein, C. A. M., (2010). Options for the Abatement of Methane and Nitrous Oxide from Ruminant Production: A Review. *Livestock Science*, vol 130, ss. 47-56.
- European Commission (2005). *Ban on antibiotics as growth promoters in animal feed enters into effect.*. http://europa.eu/rapid/press-release_IP-05-1687_en.htm#fnB1 [2019-02-18].
- FN (2005). *Kyoto protocol reference manual on accounting of emissions and assigned amount.* United Nations Framework Convention on Climate Change. https://unfccc.int/resource/docs/publications/08_unfccc_kp_ref_manual.pdf [2019-01-18]
- Granstedt, A. (2019). *Falsk matematik från eko-motståndare.* <http://www.ytterjarnaforum.se/blogg/falsk-matematik-fran-eko-motstandare/> [2019-01-21]
- IFOAM (2005). *The IFOAM norms for organic production and processing.* https://www.ifoam.bio/sites/default/files/page/files/norms_eng_v4_20090113.pdf [2019-02-15]
- International Air Transport Association (2018). *Economic performance of the airline industry.* <https://www.iata.org/publications/economics/Reports/Industry-Econ-Performance/IATA-Economic-Performance-of-the-Industry-mid-year-2018-report-final-v1.pdf> [2019-02-17]
- IPCC (2018). *Special Report: Global Warming of 1,5 °C.* https://report.ipcc.ch/sr15/pdf/sr15_spm_final.pdf [2019-02-17]
- Jordbruksverket (2018a). *Ekologiska nötkreatur.* <https://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/miljoklimat/ekologiskproduktion/djurhallning/notkreatur.4.1cb85c4511eca55276c8000793.html> [2018-11-24]
- Jordbruksverket (2018b). *Växtnäring i ekologisk odling.* <http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/miljoklimat/ekologiskproduktion/vaxtodling/vaxtnaring.4.389b567011d9aa1eeab8000781.html> [2018-07-06]
- Kirchmann, H., Bergström, L., Kätterer, T. & Andersson, A. (2017). *Ekologisk odling framtidens lantbruk eller återvändsgränd?* Sveriges lantbruksuniversitet.

- Llonch, P., Haskell, M. J., Dewhurst, R. J., & Turner, S. P. (2017). Current available strategies to mitigate greenhouse gas emissions in livestock systems: An animal welfare perspective. *Animal*, vol 11, issue 2, ss. 274–284. <https://doi.org/10.1017/S1751731116001440>
- Lundström, J. (2009). *Lantbrukets djur i en föränderlig miljö: Utmaningar och kunskapsbehov: Översikt över den svenska djurhållningens beroende av och inverkan på klimat och miljö*. Sveriges lantbruksuniversitet och Statens Veterinärmedicinska Anstalt.
- Machovina, B., Feeley, K. J., & Ripple, W. J. (2015). Biodiversity conservation: The key is reducing meat consumption. *Science of the Total Environment*, vol 536, ss. 419–431.
- Mc Allister, T. A., & Newbold, C. J. (2008). Redirecting rumen fermentation to reduce methanogenesis, *Australian Journal of Experimental Agriculture*, vol 47, ss. 7-13. doi:10.1071/EA07218.
- Novak, S. M. & Fiorelli, J. L. (2010). Greenhouse Gases and Ammonia Emissions from Organic Mixed Crop-dairy Systems: A Critical Review of Mitigation Options. *Agronomy for Sustainable Development*, vol 30, ss. 215-236. doi:10.1051/agro/2009031.
- Rojas-Downing, M. M., Nejadhashemi, A. P., Harrigan, T., & Woznicki, S. A. (2017). Climate change and livestock: Impacts, adaptation, and mitigation. *Climate Risk Management*, vol 16, ss. 145–163.
- Rådets förordning (EG) nr 834/2007 av den 28 juni 2007 om ekologisk produktion och märkning av ekologiska produkter och om upphävande av förordning (EEG) nr 2092/91.
- Röös, E., Patel, M., Spångberg, J., Carlsson, G., & Rydhmer, L. (2016). Limiting Livestock Production to Pasture and By-products in a Search for Sustainable Diets. *Food Policy*, vol 58, ss. 1-13. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodpol.2015.10.008>.
- Röös, E., Sundberg, C., Salomon, E., & Wivstad, M. (2013). *Ekologisk produktion och klimatpåverkan, en sammanställning av kunskapsläge och framtida forskningsbehov*. Sveriges lantbruksuniversitet.
- Scialabba, N. E-H., & Müller-Lindenlauf, M. (2010). Organic Agriculture and Climate Change. *Renewable Agriculture and Food Systems* vol 25, ss. 158-169.
- Searchinger T. D., Wiersenius S., Beringer T., & Dumas P. (2018). Assessing the efficiency of changes in land use for mitigating climate change. *Nature*, vol 564, ss. 249-253.
- Skogsstyrelsen (2018). *Skogen lagrar kol*. <https://www.skogsstyrelsen.se/miljo-och-klimat/skog-och-klimat/skogen-lagrar-kol/> [2018-11-28]
- Soussana, J-F., & Lemaire, G. (2014). Coupling carbon and nitrogen cycles for environmentally sustainable intensification of grasslands and crop-livestock systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, vol 190, ss. 9–17. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.10.012>.
- Tilman, D., Cassman K.G., Matson, P. A, Naylor, R., & Polasky, S. (2002). Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, vol 418, ss. 671-677.
- Tonucci, R. G, Nair, P. K. R., Nair, V. D., García, R., & Bernardino, F. S. (2011). Soil Carbon Storage in Silvopasture and Related Land-use Systems in the Brazilian Cerrado. *Journal of Environmental Quality*, vol 40, ss. 833-841. doi:10.2134/jeq2010.0162.
- World Agroforestry (2019). www.worldagroforestry.org/about/agroforestry [2019-02-08].

ICKE PUBLICERAT MATERIAL

Daniel Kapucho. Lantbrukare i Magadi, Kenya. 2019-02-22.