MISTRA
FOOD FUTURES

Minskad klimatpåverkan med vallfoder till gris

– beräkning av klimatavtrycket ur ett livscykelperspektiv

Elin Röös, Stanley Zira, Eva Salomon och Magdalena Åkerfeldt

Mistra Food Futures Report #11
2022

Mistra Food Futures Report #11

Minskad klimatpåverkan med vallfoder till gris – beräkning av klimatavtrycket ur ett livscykelperspektiv
Reduced climate impact feeding grass-clover biomass to pigs – calculation of the climate impact from a lifecycle perspective

Författare: Elin Röös[1], Stanley Zira[1], Eva Salomon[2], Magdalena Åkerfeldt[3]

1) Institutionen för energi och teknik, Sveriges lantbruksuniversitet
2) Avdelningen för jordbruk och livsmedel, RISE
3) Institutionen för husdjurens utfodring och vård, Sveriges lantbruksuniversitet

Denna rapport är framtagen inom forskningsprogrammet Mistra Food Futures. Det övergripande målet för programmet är att skapa en vetenskapligt baserad plattform som bidrar till att det svenska livsmedelssystemet kan transformeras till ett system som är ekonomiskt, socialt och miljömässigt hållbart samt resilient och kan leverera hälsosam mat. Målet uppnås genom att utveckla ett nära samarbete mellan akademin och ett antal nyckelaktörer i det svenska livsmedelssystemet. Den här rapporten utgör en del av Mistra Food Futures arbete med att beskriva produktionssystem som minskar lantbrukets klimatpåverkan. Detta utgör en av de centrala frågeställningarna inom Mistra Food Futures.

Mistra Food Futures leds och samordnas av Sveriges lantbruksuniversitet SLU i samarbete med forskningsinstitutet RISE Research Institutes of Sweden och Stockholm Resilience Centre vid Stockholms universitet. Övriga partners inom programmet omfattar en bred representation av aktörer från akademi, näringsliv, branschorganisationer och regioner.

www.mistrafoodfutures.se

Publikation: Mistra Food Futures Report #11
Utgivningsår: 2022
Utgivare: Sveriges lantbruksuniversitet
Omslagsbild: Shutterstock
Tryck: SLU Repro, Uppsala
ISBN: 978-91-8046-771-1(elektronisk), 978-91-8046-772-8 (tryckt)

FUNDED BY
MISTRA
The Swedish Foundation for Strategic Environmental Research

Sammanfattning

Syftet med den här studien var att uppskatta klimateffekten ur ett livscykelperspektiv av att introducera gräs-klövervall som ingrediens i foder till grisar i konventionell svensk grisproduktion. Resultaten visar att klimatavtrycket för ett kg konventionellt griskött kan minskas med cirka 13 procent genom att en del av grisarnas traditionella foder byts ut mot vallfoder. Minskningen beror på i) lägre kvävegiva till vall i jämförelse med spannmål och därmed lägre lustgasutsläpp och lägre utsläpp från tillverkning av mineralgödsel, ii) minskad dieselanvändning, iii) högre skörd för vallen jämfört med andra fodermedel och iv) förfruktseffekter från vallodlingen i övriga grödor. Inkluderas den förväntade inlagringen av kol i mark när vall introduceras i en spannmålsdominerad växtföljd, minskar utsläppen med ytterligare 18 procent. Dock är uppskattningen vad gäller inlagring av kol från atmosfären i mark osäker och dessutom är processen reversibel, vilket gör att denna minskningspotential ska beaktas med viss försiktighet. Det finns flera ytterligare fördelar med att föra in vallodling i grisproduktionen inklusive förbättrad välfärd för grisarna, ökad markbördighet, ökad mångfald av odlade grödor på jordbruksmark som kan gynna biodiversiteten och minskad användning av insatsvaror. För att odla och hantera vallen och kunna använda vallfoder i foderstaten till grisar behövs en annan typ av maskinpark och utfodringsanläggning än vad som används traditionellt inom grisproduktion. Sådan teknik bör dock kunna komma på plats snabbt i och med att sådana system redan används inom mjölk och nötköttsproduktionen. Rådgivare inom grisproduktionen behöver också information och kunskap kring vilka vallgrödor som är lämpliga till grisar samt hur tekniska lösningar för skörd, lagring och hantering av ensilage på gårdsnivå bör ske. Mycket av den kunskapen finns att hämta hos mjölk- och nötköttsproducenter.

Nyckelord: grisproduktion, vallfoder, vallodling, klimatpåverkan, kolinlagring

Abstract

The purpose of this study was to estimate the climate effect from a life cycle perspective of introducing grass-clover biomass as an ingredient in diets to pigs in conventional Swedish pig production. The results show that the climate footprint of one kg of conventional pork can be reduced by around 13 percent by replacing parts of the pigs' traditional feed with grass-clover biomass. The reduction in emissions is due to i) lower nitrogen application to grass-clover ley compared to grains and thus lower nitrous oxide emissions and lower emissions from mineral fertilizer production, ii) reduced diesel use, iii) higher yield for grass-clover ley compared to other fodder, and iv) precursor crop effects from the cultivation of grass-clover ley. If the expected sequestration of carbon in soil from the introduction of ley in a cereal-dominated crop rotation is included, emissions are reduced by an additional 18 percent. However, the estimate soil carbon sequestration is uncertain and the process is reversible, why this reduction potential must be considered with some caution. There are several additional benefits of introducing grass-clover biomass into pig production including improved pig welfare, increased soil fertility, increased diversity of crops grown on farmland which can benefit biodiversity and reduced use of inputs. To grow ley and use it as a feed ingredient in diets to pigs, a different type of machinery and feeding equipment is needed than what is traditionally used in pig production. However, it should be possible to put in place such technology quickly as such systems are already used in milk and beef production. Advisors in pig production also need information and knowledge about which ley crops are suitable for pigs and how technical solutions for harvesting, storing and handling ley at farm level should take place. Much of that knowledge can be obtained from milk and beef producers.

Keywords: pig production, grass-clover, ley, forage, climate impact, carbon sequestration

Innehållsförteckning

1. Inledning 5

2. Metod 7

2.1. Systembeskrivning 7

2.1.1. Foderstater 8

2.1.2. Foderproduktion 10

2.1.3. Energianvändning i stallar 11

2.1.4. Gödselhantering 11

2.2. Systemgränser, funktionell enhet och allokeringar 11

2.3. Beräkning av klimatpåverkan 12

2.3.1. Emissionsfaktorer 12

2.3.2. Markkolsförändringar 15

3. Resultat 16

3.1. Klimatavtryck per kg griskött 16

3.2. Klimatavtryck per kg foder 18

3.3. Förändringar i markkol 19

4. Diskussion 20

4.1. Minskat klimatavtryck från griskött med vallfoder 20

4.2. Att inkludera förfruktseffekter 21

4.3. Utmaningar med att utfodra vall till grisar 22

4.4. Potential att skala upp utfordringen av vallfoder till grisar 24

5. Slutsats 25

Referenser 26

1. Inledning

Griskött är ett uppskattat livsmedel. Svenskarna konsumerade år 2021 i genomsnitt cirka 20 kg benfritt griskött per person, vilket är mer än något annat köttslag, även om konsumtionen av griskött har minskat med 20 procent de senaste 10 åren (Jordbruksverket, 2022a). Det finns dock en rad hållbarhetsutmaningar med grisproduktion. Även om griskött har betydligt lägre klimatpåverkan än kött från idisslare, är klimatavtrycket från griskött betydligt högre än från växtbaserade proteinkällor (Clune et al., 2017; Poore and Nemecek, 2018; Moberg et al., 2019). Klimatpåverkan från svenskt konventionellt griskött uppgår till cirka 2,5 kg CO_2e per kg slaktvikt vid gårdsgrind (Moberg et al., 2019; Zira et al., 2021). Utsläppen domineras av emissioner förknippade med produktion av foder (54 procent) och utsläpp från stallgödselhantering (36 procent) (Landqvist et al., 2020). Det finns dock potential att minska klimatpåverkan från produktionen av griskött genom att till exempel använda fodermedel med lägre utsläpp (van Krimpen and Hendriks, 2019), minska de gödselrelaterade utsläppen med hjälp av ny teknik (Pexas et al., 2020) och genom management och genetik (Bonesmo and Enger, 2021).

En annan aspekt vad gäller grisproduktionen är att grisfodret till största del utgörs av grödor som spannmål och trindsäd som skulle kunna ätas direkt av människan, till skillnad från idisslarna vars foder domineras av vallfoder. Det är betydligt mer effektivt för människor att konsumera dessa grödor direkt eftersom en stor del av energin och proteinet inte ansätts i grisens ätliga delar utan går förlorade i de metaboliska processer som krävs för grisens fodersmältning (Ritchie et al., 2018). I Sverige utgörs endast cirka 10 procent av grisens foder (räknat i torrsubstans) av restprodukter från till exempel mejeri och etanolproduktion (Landquist et al., 2020). Det mesta av den spannmål som används som foder håller en kvalitet som gör det ätligt för människor (Tillgren, 2021). Grisproduktionen bidrar således till en konkurrens mellan mat och foder, så kallad ’feed-food competition’ (van Zanten et al., 2016). Vidare är växtföljderna på grisgårdar ofta ensidiga eftersom grisfoder domineras av spannmål (Karlsson et al., 2022) och beroende av betydande mängder mineralgödsel och växtskyddsmedel (Tripathi et al., 2020). Det finns också en rad utmaningar vad gäller djurvälfärden i grisproduktionen. Även om svenska grisar ska ha tillgång till halm, föds slaktgrisar upp i miljöer med liten tillgång till berikningsmaterial, vilket leder till dålig välfärd för grisarna och med konsekvenser som till exempel svansbitning (Brunberg et al., 2016).

Även om grisar är så kallade enkelmagade djur och inte kan livnära sig helt på grovfoder kan betydande andel av grisarnas foderstater utgöras av biomassa från gräs-klövervall. Så mycket som 20 procent av råproteinet i foder till slaktgrisar kan ersättas av vallfoder av god näringsmässig kvalitet utan att produktiviteten påverkas negativt (Friman et al., 2021). Dräktiga suggor kan tillgodogöra sig en ännu högre andel vallfoder då deras mag-tarmsystem är mer utvecklat och har en större förmåga att utnyttja fiberrika fodermedel (Jakobsen et al., 2015). Att inkludera vallfoder till grisar har flera fördelar. Konkurrensen mellan mat och foder (’feed-food competition’) minskar om vallfodret ersätter ingredienser i grisarnas foder som människan istället kan äta direkt. Om vall inkluderas i växtföljden och odlas i rotation med spannmål och andra ettåriga grödor, minskar behovet av mineralgödsel och växtskyddsmedel. Att introducera vall i en spannmålsdominerad växtföljd bidrar också till inlagring av kol från atmosfären i (Aronsson et al., 2007; Eriksson et al., 2010), vilket minskar klimatpåverkan och bidrar till ökad markbördighet. Vallfoder förlänger också grisarnas ättid och sysselsätter dem, vilket ökar djurvälfärden (Holinger et al., 2018; Presto Åkerfeldt et al., 2019).

Syftet med den här studien var att uppskatta klimateffekten ur ett livscykelperspektiv av att introducera gräs-klövervall som foder i konventionell svensk grisproduktion. Potentialen att minska utsläppen per kg kött beräknas och kolinlagringen i marken uppskattas. Vidare diskuteras möjligheten att skala upp användningen av vallbiomassa i svensk konventionell grisproduktion.

2. Metod

Klimateffekten av att införa vallfoder i svensk grisproduktion uppskattades genom att utgå från en teoretisk genomsnittlig svensk konventionell grisproduktion i Västra Götaland och jämföra klimatpåverkan från 1 kg benfritt griskött producerat i detta system med klimatpåverkan från 1 kg kött producerat i samma system men där vallfoder odlat i rotation med andra fodergrödor antogs ersätta en del av det konventionella grisfodret. Beräkningarna utgjordes utifrån en teoretisk gård på 100 hektar (ha) där jordarten utgjordes av sandig lerjord. Förväntad kolinlagring av att börja odla vall i växtföljden modellerades och redovisas per hektar och per kg griskött.

2.1. Systembeskrivning

Följande två system jämfördes:

- **Referenssystem**: Genomsnittlig konventionell integrerad[1] grisproduktion enligt beskrivning i Zira et al. (2021), men med justeringen att allt foder (förutom en mindre mängd potatisprotein, syntetiska aminosyror och mineralfoder) producerades i närområdet. Importerade fodermedel såsom soja och rapsmjöl förekommer som foderingredienser i svensk grisproduktion idag (Landquist et al., 2020), men för att undvika att behöva beakta effekter av förändrad markanvändning (till exempel avskogning) antogs här att allt foder är producerat i Västra Götalandsregionen. Det antogs vidare att alla grisar hölls inomhus, utfodrades med halm för sysselsättning enligt rådande lagstiftning (SJVFS 2019:20), men inget vallfoder används. Dräktiga suggor hölls lösa i större grupper på djupströbädd och flyttades en vecka innan grisning till individuella boxar (6 m^2) där de hölls tills smågrisarna avvandes (trettiotvå dagar efter födseln). Avvanda smågrisar från olika kullar hölls i grupper om 30 individer tills de är tio veckor då de flyttades till slaktsgrisboxar, där de hölls tills de slaktas vid sex månaders ålder. Besättningen antogs ha 62 och 61 suggor i referens respektive vallfodersystemet med en produktion på 27,5 smågrisar per årssugga. Varje år hölls således 1644 och 1617 slaktgrisar på gården för referens- och vallfodersystemet respektive.

[1] Det vill säga både smågrisar och slaktgrisar produceras på gården.

- **Vallfodersystem:** Samma som Referenssystemet men med en del av fodret ersatt av vallbiomassa. Vallbiomassan består av ensilerad gräs-klövervall som exakthackats och innan utfodring blandas med övriga ingredienser i foderstaten och utfodras som ett fullfoder.

Produktionskarakteristik för de studerade systemen (samma i båda) visas i **Tabell 1:** Produktionskarakteristik för de studerade grissystemen**Tabell 1**.

Tabell 1: *Produktionskarakteristik för de studerade grissystemen*

PARAMETER:	VÄRDE:	KÄLLA:
ANTAL KULLAR PER SUGGA OCH ÅR	2,2	Gård och djurhälsan (2020)
REKRYTERINGSGRAD SUGGOR (%)	50	Zira m. fl. (2021)
MEDELVIKT SUGGA (KG)	240	Zira m. fl. (2021)
PRODUCERADE SMÅGRISAR PER ÅR PER SUGGA	27,5	Gård och djurhälsan (2020)
AVVÄNJINGSÅLDER SMÅGRISAR (DAGAR)	32	Gård & Djurhälsan (2020)
DÖDLIGHET SMÅGRISAR (%)	18	Zira m. fl. (2021)
VIKT SMÅGRISAR VID AVVÄNJNING (KG)	35	Ingela Löfquist, pers. komm.
DÖDLIGHET SLAKTGRISAR (%)	1,7	Gård och djurhälsan (2020)
LEVANDEVIKT VID SLAKT FÖR SLAKTGRISAR (KG)	120	Gård och djurhälsan (2020)

2.1.1. Foderstater

Balanserade foderstater för de två olika systemen och för olika djurkategorier (digivande och dräktiga suggor, gyltor, smågrisar och slaktgrisar) togs fram av en erfaren rådgivare (Ingela Löfquist, Hushållningssällskapet) i programvaran EvaPig® (2021). Visst överskott på energi antog för att kompensera för foderspill. Utgångspunkten för referenssystemets foderstat var att den skulle efterlikna en typisk svensk grisfoderstat baserad på inhemska fodermedel. Spannmål som vete, korn och havre utgör en stor del av foderstaten då de innehåller en hög andel lättsmälta kolhydrater, som socker och stärkelse, som är den viktigaste energikällan för grisar. För att grisen ska kunna producera på en hög nivå behöver fodret även innehålla proteinråvaror med högre innehåll av aminosyror än vad spannmål gör, samt vitaminer, mineraler och spårämnen. Beroende av hur gammal grisen är och vad den ska prestera har den olika behov av näringsämnen och krav på fodermedel. Vid optimering av foderstater till grisar påverkas valet av ingredienser bland annat av pris och tillgång, samt specifika kriterier för näringsbehov och uppsatta min och max-gränser. Detta gör att olika råvaror väljs i första hand att ingå i foderstaten till olika kategorier av grisar. Till exempel passar havre bra till suggor på grund av dess innehåll av lösliga fibrer, men bör ges med varsamhet till slaktgrisar då det innehåller mycket omättat fett som ger mer omättat fett i slaktkroppen. Växande grisar som ska ansätta kött på slaktkroppen behöver ha en hög nivå och rätt balans av de specifika aminosyror som behövs vid muskeltillväxt. Foderingredienser som till exempel rapsmjöl eller åkerböna lämpar sig väl till detta. Nyligen avvanda smågrisar har känsliga magar och därför bör foderråvaror som har för hög nivå av råprotein eller innehåll av antinutritionella substanser undvikas, då detta

kan försämra näringsupptaget och ge diarré. Potatisprotein har en bra balans med högt innehåll av de specifika aminosyrorna som grisen behöver och kan därför vara bra för både smågrisar och suggor som ger di, eftersom de har högt behov av dessa.

I vallfodersystemet ersattes en del av råproteinet i fodret av vallfoder enligt följande: För dräktiga suggor ersattes 30 procent av fodret med vallfoder, och motsvarande för smågrisar så ersattes fem procent av fodret och för slaktgrisar 20 procent. För digivande suggor användes inget vallfoder eftersom digivande suggor har ett stort energibehov och redan utan vallfoder behöver äta en stor mängd foder för att uppnå det. Foderstaterna sammanfattas i Tabell 2.

Tabell 2: *Foderstater (på basis av torrsubstans) för de två studerade grissystemen uppdelat på olika djurkategorier.*

	REFERENSSYSTEMET:			**VALLFODERSYSTEMET:**		
FODERMEDEL:	Suggor/ gyltor:	Smågrisar[1]:	Slaktgrisar[2]:	Suggor/ gyltor:	Smågrisar[1]:	Slaktgrisar[2]:
VETE (%)	43	49	43	37	44	33
KORN (%)	21	18	20	18	17	15
HAVRE (%)	8,1	0	0	6,3	0	0
RAPSFRÖ (%)	0	2,0	2,2	0	1,8	1,7
RAPSMJÖL (%)	7,7	5,0	12	7,2	4,5	9,2
ÅKERBÖNA (%)	13,1	18	20	12	16	15
ÄRTOR (%)	4,2	0	0	4,0	0	0
POTATISPROTEIN (%)	1,0	5,5	0	0,7	5,0	0
AMINOSYROR (%)	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2
MINERALFODER (%)	2,0	2,5	2,5	1,7	2,3	1,9
VALLFODER (%)	0	0	0	13	9,4	24
FODERINTAG (KG PER DJUR) (PER ÅR FÖR SUGGOR)	1400 / 720	35	260	1500 / 810	43	290

1 Från födsel till cirka 35 kg

2 Från cirka 35 kg till slakt (cirka 120 kg)

2.1.2. Foderproduktion

Det antogs att fodergrödorna odlades i följande växtföljder:

- **Referenssystemet**: 1) havre, 2) höstvete, 3) korn, 4) raps, 5) höstvete, 6) åkerbönor eller ärtor, 7) höstvete
- **Vallfodersystemet**: 1) korn, 2) vall, 3) vall, 4) raps, 5) höstvete, 6) åkerbönor eller ärtor, 7) havre, 8) höstvete

Antagna skördemängder, dieselförbrukning och gödselmängder redovisas i Tabell 3. Skördemängderna kommer från kostnadskalkyler från Länsstyrelsen Västra Götalands län (2021) och baseras på normskördarna för området (förväntad skörd under normala väderbetingelser). En del grödor som vall, ärtor och bönor har en positiv kortsiktig påverkan på efterföljande års gröda. Effekten är en högre kväveleverans som ger en högre skörd där effekten beror på vilken förfrukt som odlades. I förfruktseffekten ingår också ett minskat smittryck av växtsjukdomar på efterföljande gröda.

Rekommenderade gödselmängder från kostnadskalkyler för Västra Götaland justerade för förfruktseffekt från de antagna växtföljderna (Jordbruksverket, 2021). Näringsämnena återförs genom den stallgödsel som produceras på gården i själva grisproduktionen och i och kompletteras med mineralgödsel för att täcka behovet enligt rekommendationerna. I vallfodersystemet tillförs kväve även från vallens och baljväxternas kvävefixering. Den skattade kväveeffekten, det vill säga, den mängd kväve som kan komma nästa års gröda tillgodo var 51 kg kväve per hektar (Frankow-Lindberg, 2003). I beräkningen av grödans kvävegödslingsbehov tog vi hänsyn till förfruktseffekten och förväntad skördenivå. Det innebär att man minskar tillförseln av mineralgödselkväve med motsvarande mängd som behövs för att uppnå förväntad skördenivå. För dieselanvändningen användes också uppgifter från kostnadskalkylerna.

Vidare antogs att 0,095 kWh olja (Edström et al., 2005) och 0,014 kWh el användes för att torka varje kg foder samt att 30 kWh el användes för att blanda fodret (Cederberg och Flysjö, 2004).

Tabell 3: *Skördemängder, gödselbehov och dieselförbrukning för de olika fodergrödorna. Referenssystemet / Vallfodersystemet.*

	SKÖRD (TON/HA):	KVÄVE (KG/HA):	FOSFOR (KG/HA):	KALIUM (KG/HA):	DIESEL (L/HA):
VETE	7,8 / 7,9	170/150	23	25	86
KORN	4,8	160	17	13	77
HAVRE	4,8 / 5,3	93 / 76	17	13	77
RAPS	3,5 / 3,7	210 / 180	12	25	86
ÅKERBÖNOR	3,6	0	25	25	79
ÄRTOR	3,6	0	12	25	86
VALL	9,0	55	20	120	50

2.1.3. Energianvändning i stallar

Energiförbrukningen per suggplats antogs uppgå till 738 kWh per år (Länsstyrelsen Västra Götalands län, 2021) och per slaktgris till 62 kWh per år (Edström et al., 2005).

2.1.4. Gödselhantering

Gödseln från slaktgrisarna hanterades som flytgödsel. Gödseln från suggornas djupströbäddar hanterades som fastgödsel. Andelen flytgödsel var 80 procent och andelen fastgödsel var 20 procent av total mängd stallgödsel.

2.2. Systemgränser, funktionell enhet och allokeringar

Vi inkluderade utsläpp fram till gårdsgrind i analysen, vilket inkluderar tillverkning och transport av insatsvaror, det vill säga mineralgödsel, kalk, växtskyddsmedel, diesel, eldningsolja, el för torkning och foder (potatisprotein, mineral- och vitaminfoder), foderproduktion på gården, grisarnas metanutsläpp, energianvändning i stallar och gödselhantering. Produktion och underhåll av byggnader och maskiner inkluderades inte liksom tillverkning av eventuella mediciner, skurmedel och annat som används i små volymer.

Resultaten presenteras per kg producerat griskött. Den funktionella enheten är alltså 1 kg griskött i slaktkroppsvikt. Av levandevikten antogs 75 procent utgöras av slaktkroppen (Jordbruksverket, 2022b). All miljöpåverkan från grisproduktionen allokerades till slaktkroppen även fast en del av biprodukterna (inälvor, blod och ben) används i andra tillämpningar. Det ekonomiska värdet i dessa biprodukter är dock betydligt lägre än för grisköttet, och denna förenkling har ingen betydelse för jämförelsen i de två systemen.

För rapskaka och rapsmjöl användes ekonomisk allokering mellan rapsoljan och rapskaka/mjöl; 22 procent av klimatpåverkan från rapsodlingen allokerades på rapsmjölet baserat på följande priser: 386 euros per ton rapsmjöl (Commodity 3, 2022) och 1890 euro

per ton rapsolja (Index Mundi, 2022), samt utifrån att av rapsfrö blir 41 procent rapsolja och 56 procent rapsmjöl (Cederberg and Flysjö 2004).

2.3. Beräkning av klimatpåverkan

Utsläpp av koldioxid, metan och lustgas beaktades i beräkningen av grisköttets klimatpåverkan. De olika gaserna viktades till ett klimatavtryck baserat på Global Warming Potential (GWP) över 100 år. Faktorer från den senaste IPCC rapporten (AR6) användes, i vilken fossilt metan har faktorn 29,8, biogent metan 27,2 och lustgas 273 (IPCC, 2021).

2.3.1. Emissionsfaktorer

Lustgasutsläpp från mark beräknades med metoden från (IPCC, 2019). Av tillfört kväve i form av mineralgödsel antogs att 1,6 procent avgår som direkta lustgasutsläpp medan motsvarande faktor för stallgödsel och skörderester är 0,6 procent (Tabell 5; IPCC, 2019). Vi lyfter även i diskussionen hur resultaten påverkas av att den aggregerade faktorn från IPCC på en procent av tillfört kväve används. Mängden skörderester beräknades enligt IPCC (2019) ekvation 11.6.

Indirekta lustgasutsläpp från ammoniak och utlakning beräknades som 1,4 respektive 1,1 procent av kväveinnehållet (IPCC, 2019). Förlusterna av ammoniak i stallar, i stallgödsellager och från spridning av stallgödsel på åkermark (**Tabell 4**; EEA, 2019).

Tabell 4: *Emissionsfaktorer i kg ammoniak per kg totalt ammoniakkväve i gödsel (EEA, 2019).*

GÖDSEL TYP	DJURSLAG	STALL	LAGER	SPRIDNING ÅKERMARK
FLYTGÖDSEL	SLAKTGRIS	0,27	0,11	0,4
	SUGGOR	0,35	0,11	0,29
FASTGÖDSEL	SLAKTGRIS	0,23	0,29	0,45
	SUGGOR	0,24	0,29	0,45

Mängden kväve i stallgödsel beräknades genom att subtrahera mängden kväve i grisarna från det i fodret. Mängden kväve i grisar beräknades med följande formel (Rigolot et al., 2010):

$$\text{Procent kväve i griskroppen} = e^{(-0{,}9892-0{,}0145\text{Lean\%})} * \text{EBW}^{(0{,}7518+0.0044\text{Lean\%})}/6{,}25$$

där Lean% är andelen magert köttinnehåll i griskroppen (antogs som 46 procent av EBW (Empty Body Weight). EBW är den levande grisens vikt minus maginnehållet (96 procent av levandevikten).

För mineralgödsel antogs att 5 procent avgår som ammoniak (IPCC, 2019).

Potentiella förluster av kväve genom utlakning antogs vara 40 kg per hektar för spannmål, 48 kg per hektar för raps, 40 kg per hektar för åkerböna och ärtor, och 6 kg per ha för klöver-gräsvallen baserat på Johnsson et al. (2019).

Metanutsläpp från suggornas och slaktgrisarnas fodersmältning antogs uppgå till 1,5 kg metan per år och djur (IPCC, 2019) och motsvarande för smågrisarna var 0,5 kg (Dalgaard et al., 2007).

Metanutsläpp från stallgödsellager beräknades med följande formel (IPCC, 2019):

$$\text{Metanutsläpp (kg)} = VS * B_0 * 0{,}67 * MCF$$

där VS är organiskt material (VS=Volatile Solids) i träcken som lämnar djuren, B_0 är metanproduktionspotentialen (0,45 m^3 per kg VS) och MCF (Methane Conversion Factor) anger hur stor andel av metanproduktionspotentialen som uppnås. VS beräknades utifrån 18,45 MJ/kg torrsubstans bruttoenergi, 80 procent smältbarhet, två procent urinenergi (Berglund et al., 2009) och 13 procent aska (IPCC, 2019). MCF sattes till 3,5 procent flytgödsel och 17 procent för fastgödsel (Naturvårdsverket, 2022). Lustgasutsläpp från gödsellager beräknades utifrån emissionsfaktorer som visas i Tabell 5.

Tabell 5: *Emissionsfaktorer kväverelaterade utsläpp.*

	EMISSIONS-FAKTORER (KG):	**PER KG:**	**KÄLLOR:**
N_2O DIREKTA			
MINERALGÖDSEL (AN)	0,016	Kväve i mineralgödsel	IPCC, 2019
SKÖRDERESTER OCH STALLGÖDSEL	0,006	Kväve i skörderester/stallgödsel	IPCC, 2019

N_2O INDIREKTA			
MINERALGÖDSEL (AN)	0,014	Avdunstat kväve från mineralgödsel	IPCC, 2019
STALLGÖDSEL (FLYT OCH FAST)	0,014	Avdunstat kväve från gödsel	IPCC, 2019
LÄCKAGE	0,011	Läckt kväve	IPCC, 2019
NO_X			
FLYTGÖDSEL	0,0001	Totalt ammoniak kväve i gödsel	EEA, 2019
FASTGÖDSEL	0,01	Totalt ammoniak kväve i gödsel	EEA, 2019
NH_3			
MINERALGÖDSEL (AN)	0,05	Avdunstat kväve från mineralgödsel	IPCC, 2019

Vi använde emissionsfaktorer för el, eldningsolja, diesel, mineralgödsel, bekämpningsmedel och inköpt foder från olika datakällor som redovisas i Tabell 6.

***Tabell 6**: Emissionsfaktorer för insatsvaror.*

	FAKTOR:	PROCESS:
EL, KG CO_2E PER KWH	0,053	MARKET LOW VOLTAGE SVERIGE (ecoinvent v.3.8, 2021)
ELDNINGSOLJA, KG CO_2E PER KG	3,50	LIGHT FUEL OIL PRODUCTION EUROPE + FÖRBRÄNNING (Gode et al., 2011)
DIESEL, KG CO_2E PER KG	3,80	DIESEL PRODUCTION LOW SULFUR EUROPE (ecoinvent v.3.8, 2021) + FÖRBRÄNNING TRACTOR EMISSIONS (Lovarelli et al., 2018)
MINERALGÖDSEL, KG CO_2E PER KVÄVE KG	4,50	AMMONIUM NITRATE PRODUCTION EUROPE (ecoinvent v.3.8, 2021)
MINERALGÖDSEL, KG CO_2E PER FOSFOR KG	3,90	SINGLE SUPERPHOSPHATE PRODUCTION EUROPE (ecoinvent v.3.8, 2021)
MINERALGÖDSEL, KG CO2E PER KALIUM KG	1,20	POTASSIUM CHLORIDE PRODUCTION (ecoinvent v.3.8, 2021)
VÄXTSKYDDSMEDEL, KG CO_2E PER KG	8,3	PESTICIDE PRODUCTION, UNSPECIFIED (ecoinvent v.3.8, 2021)
POTATISPROTEIN, KG CO_2E PER KG	1,03	POTATO PROTEIN PRODUKTION (Tromp, 2020)
VITAMIN- OCH MINERALFODER, KG CO_2E PER KG	0,25	VITAMIN AND OLIGO COMPLEMENT (Agribalyse, 2020)

2.3.2. Markkolsförändringar

Förändringar i markens kolförråd som en effekt av införandet av vallodling modellerades med ICBM-modellen (Introductory Carbon Balance Model; (Andrén et al., 2004). ICBM-modellen delar in kol i en gammal och två unga kolpooler, en för kol från biomassa ovan jord (till exempel halm) och en för kol under jord (till exempel rötter). Modellen antar att kol i skörderester och annat organiskt material som tillförs marken först hamnar i någon av de "unga" markkolspoolerna från vilken det mesta av kolet återgår till atmosfären medan en del förflyttas till den "gammal" markkolspool. Ungt kol övergår till den gamla poolen baserat på 'humification'-faktorn *h*. Här användes *h*=0.15 för skörderester ovan jord (Ericsson et al., 2017) och *h*=0.35 för skörderester nedan jord och stallgödsel (Menichetti et al., 2020).

Som input till modellen angavs den årliga kolmängd som tillförs marken i skörderester ovan och under jord, samt organiska gödselmedel, inklusive stallgödsel. Mängden tillförda skörderester beräknades enligt IPCC (2019) (**Tabell 7**).

Tabell 7: *Tillförda skörderester ovan och under jord per hektar för de olika fodergrödorna. Referenssystemet / Vallfodersystemet*

	SKÖRDERESTER OVAN JORD (TON/HA):	SKÖRDERESTER UNDER JORD (TON/HA):
VETE	6,9	3,4
KORN	4,0	1,9
HAVRE	4,3 / 3,8	2,3 / 2,5
RAPS	6,0 / 6,3	2,1 / 2,2
ÅKERBÖNOR	3,2	1,3
ÄRTOR	3,3	1,3
VALL	0 / 1,9	0 / 5,1

Inlagring och nedbrytning av kol i mark påverkas av en rad parametrar inklusive jordart, gröda och klimat och beaktas i ICBM-modellen genom parametern r_e. De r_e värden som användes i denna studie gäller för sandig lerjord som var den antagna jordarten och för klimatet i Västra Götalandsregionen (Niclas Ericsson, Institutionen för energi och teknik, SLU, personlig kommunikation) (Tabell 8).

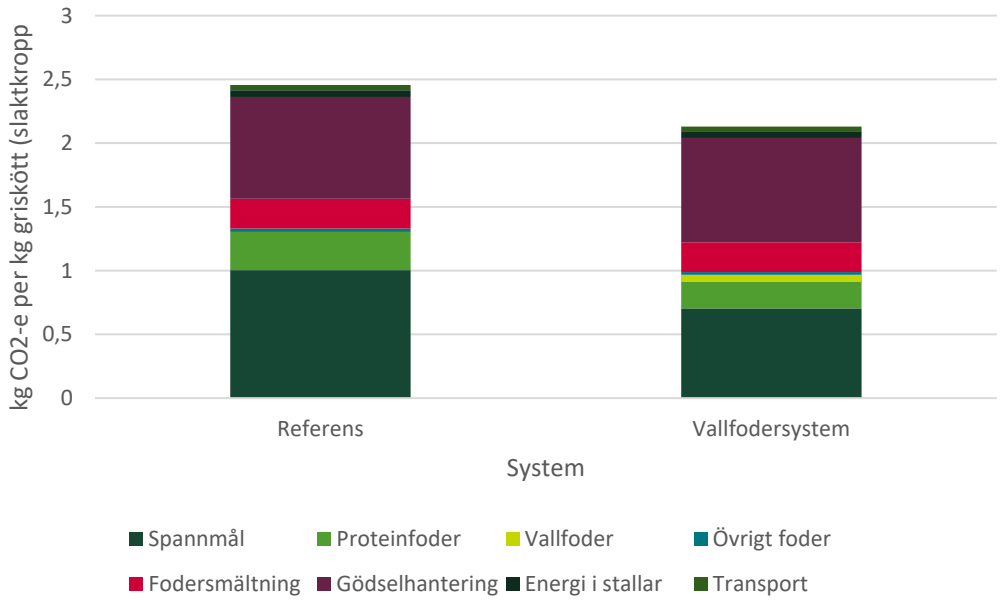
Tabell 8: Parametrar i ICBM-modellen i denna studie

	RE
VETE	1,07
KORN	1,07
HAVRE	1,07
HÖSTRAPS	1,06
ÅKERBÖNOR	1,16
ÄRTOR	1,16
VALL	0,86

3. Resultat

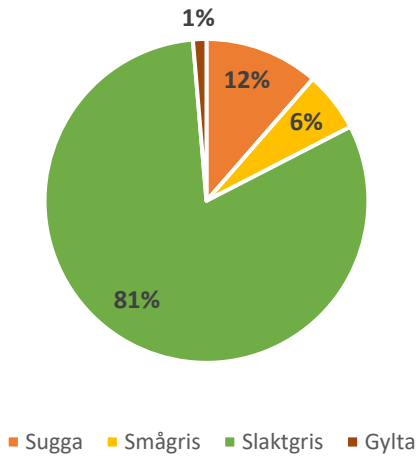
3.1. Klimatavtryck per kg griskött

Klimatavtrycket för 1 kg griskött minskade med 13 procent när vallfodermedel ersatte konventionella fodermedel (Figur 1), då vallfodret hade lägre utsläpp jämfört med andra proteinfoder (Figur 2). Denna beräkning inkluderar inte förändringar i markkol som behandlas i avsnitt 3.3. Utsläppen domineras av utsläpp från foderproduktionen (54 respektive 46 procent i referens- respektive vallfodersystemet), speciellt spannmål (41 respektive 33 procent) eftersom spannmål utgör majoriteten av foderstaten. Gödselhanteringen bidrar också med väsentliga utsläpp (33 respektive 38 procent).



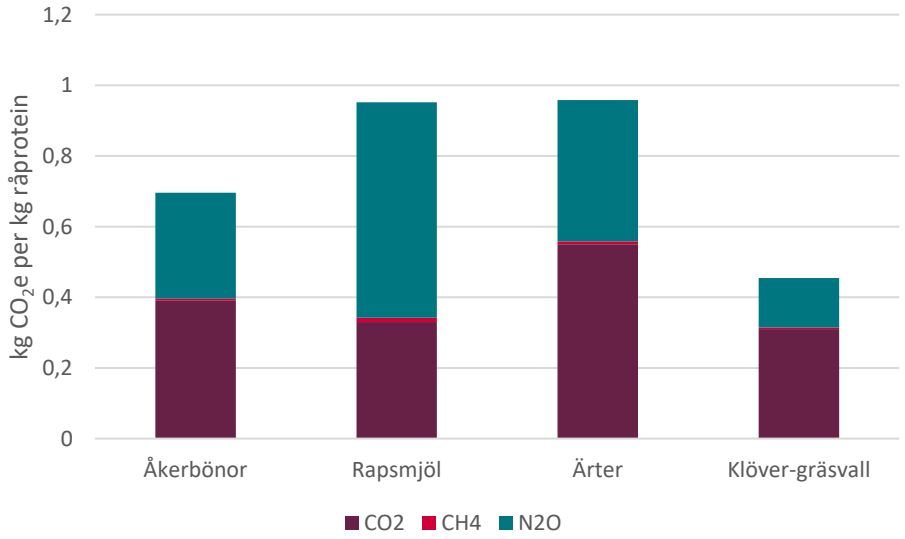
***Figur 1**. Klimatavtryck för 1 kg griskött (slaktvikt) vid gårdsgrind i ett referenssystem med inhemskt producerade fodermedel utan vallfoder (till vänster) och ett där vallfoder ersätter delar av proteinfodret (till höger).*

Det är slaktgrisarna som äter majoriteten av den totala vallbiomassan som ingår i vallfodersystemet, 81 procent (Figur 2), även om andelen av foderstaten som byts ut mot vallfoder i slaktgrisarnas foderstat är lägre (20 procent; avsnitt 2.1.1) än för de dräktiga suggorna (30 procent; avsnitt 2.1.1). Slaktgrisarna är dock betydligt fler än suggorna, per år 1644 stycken mot 62 suggor i referenssystemet och 1617 slaktgrisar mot 61 suggor i vallsystemet (avsnitt 2.1), varför den minskade klimateffekten framför allt kommer av att utfodra slaktgrisarna med vallfoder. Inget vallfoder ges heller till digivande suggor på grund av deras stora energibehov. Att ersätta endast slaktgrisarnas foder med vallfoder minskar klimatpåverkan från 1 kg kött med 10 procent. Att endast ersätta 30 procent av de dräktiga suggornas foder med vallfoder minskar klimatpåverkan per kg kött med två procent och att ersätta fem procent av smågrisarnas foder med vallfoder minskar klimatpåverkan med en procent.



Figur 2. *Fördelning av den totala vallbiomassan på olika djurkategorier.*

3.2. Klimatavtryck per kg foder



Figur 3. *Klimatavtryck per kg råprotein för olika proteinfodermedel och klöver-gräsvall.*

Klöver-gräsvallen har per kg råprotein betydligt lägre klimatavtryck än de andra proteinfodermedel som redovisas här. Detta trots att vallen har betydligt lägre råproteinhalt, 18 procent i jämförelse med 31,1 procent för åkerbönor, 38 procent för rapsmjöl och 23,9 procent för ärtor (SLU, 2021). Detta beror framför allt på vallens högre skörd, låg användning av mineralkväve per hektar eftersom vallens klöver fixerar kväve från luften, samt lägre förbrukning av diesel för fältoperationer.

Rapsmjölet har högst klimatavtryck av jämförda fodermedel trots att endast 22 procent av rapsodlingens klimatpåverkan allokeras till rapsmjölet (resten allokeras till rapsoljan). Det beror på en betydligt högre giva mineralgödsel till rapsen i jämförelse med övriga proteinfoder, vilket leder till både högre utsläpp av lustgas från mark och från tillverkning av mineralgödsel.

3.3. Förändringar i markkol

Skillnaden i jämviktsläget för markkol, det vill säga ett läge där marken inte längre förlorar eller lagrar in kol, mellan referenssystemet och vallfodersystemet beräknades till 16 ton kol per hektar vilket motsvarar 59 ton CO_2 per hektar. Det innebär till exempel att om man i ett system som liknar referenssystemet, det vill säga ett dominerat av spannmålsodling och andra ettåriga grödor, introducerar vall enligt proportionerna i foderstaterna i vallfodersystemet skulle 16 ton kol lagras in innan marken hamnar i ett nytt jämviktsläge och inlagringen avtar. Inlagringen kan pågå under många år och det kan ta 30-100 år innan marken uppnår ett nytt jämviktsläge.

Under antagandet att inlagringen sker under 100 år lagras således i genomsnitt 0,59 ton CO_2 in per hektar och år. Per hektar producerades 1500 kg griskött (slaktvikt) vilket ger en kolinlagring på 0,38 kg CO_2 per kg griskött, vilket utgör 18 procent av grisköttets klimatavtryck i vallfodersystemet.

4. Diskussion

4.1. Minskat klimatavtryck från griskött med vallfoder

Resultaten från denna studie visar att klimatavtrycket för griskött kan minskas med cirka 13 procent genom att en del av grisarnas foder byts ut mot vallfoder. Denna minskning är ett resultat av lägre kvävegiva till vallen än spannmålen och därmed lägre lustgasutsläpp och lägre utsläpp från tillverkning av mineralgödsel, minskad dieselanvändning och högre skörd för vallen. Även förfruktseffekter från vallodlingen bidrog till de minskade utsläppen. Om den förväntade inlagringen av kol i mark från introduktion av vall i en spannmålsdominerad växtföljd inkluderas minskar utsläppen med ytterligare 18 procent. Det finns dock en principiell och viktig skillnad mellan de minskningar som uppstår genom minskad användning av insatsvaror och genom att kol lagras in i mark. När det gäller minskad användning av mineralgödsel och diesel kan vi vara tämligen säkra på att utsläpp verkligen undviks. En stor del av den minskade klimateffekten av lägre användning av mineralgödsel är dock minskade lustgasutsläpp och uppskattningen av dessa är mycket osäker (Röös and Nylinder, 2013). Men när det gäller utsläpp från dieselförbränning och produktion av mineralgödsel så undviks dessa otvetydigt när användningen av dessa minskar. När det gäller inlagring av kol från atmosfären i mark är både osäkerheten i uppskattningen och variationen baserat på klimat, jordart och odlingsmetod stor. Dessutom är processen reversibel. Det vill säga skulle odlingen återgår till ensidig spannmålsodling skulle det inlagrade kolet så sakteliga återgå till atmosfären. Dock är det tämligen väl belagt genom empiriska studier att vallodling leder till att mer kol lagras in i marken i jämförelse med spannmålsodling (Poeplau et al., 2015; Henryson et al., 2022), varför det är rimligt att förvänta sig att så skulle ske om vallfoder introducerades i grisproduktionen. Detta gäller dock bara under förutsättning att vallen introduceras i de spannmålsdominerade växtföljderna på grisgårdarna. Om vallen skulle köpas in från gårdar som under lång tid odlat vall är inte potentialen lika stor eftersom kolet i marken på gården då troligtvis befinner sig i eller nära jämvikt.

Vallfodersystemet kräver något mer mark per kg producerat griskött, 6,7 m^2 per kg griskött (slaktvikt) mot 6,6 m^2 i referensfallet. I ett större systemperspektiv påverkas klimatavtrycket för grisköttet också av antaganden kring denna skillnad i markanvändning mellan systemen. Baserat på att det finns ett överskott av åkermark i Sverige för närvarande

(åkermark som ligger i träda) kan ett antagande vara att den större markanvändningen för vallfodersystemet inte ändrar något i stort och således inte orsakar indirekta utsläpp från förändrad markanvändning (i extremfallet avskogning). Grisgårdarna är dock för närvarande belägna i slättbygd där det idag sker i huvudsak spannmålsodling. Den större markanvändningen i vallfodersystemet skulle där således kunna leda till undan-trängningseffekter av spannmålsodling som kan leda till indirekta utsläpp, till exempel genom att odling intensifieras på en annan plats eller att ny jordbruksmark tas i anspråk. Att uppskatta sådana effekter är mycket svårt. Det bör också beaktas att den ensidiga spannmålsodlingen på vissa platser i slättbygden leder till sjunkande mullhalt (Eriksson m.fl., 2010), som kan orsaka sämre markstruktur på grund av packningsskador och i förlängningen lägre avkastning. I de områdena kan vallen motiveras med avseende på effekten på avkastningen och det långsiktiga bevarandet av markbördigheten. Om vallodlingen till gris sker på mark där vall redan odlas till exempel i skogs- och mellanbygd uteblir fördelarna med den ökade markbördigheten i slättbygd och också hela eller delar av inlagringen av kol i mark, även om minskningen i klimatpåverkan från minskad användning av insatsvaror i foderodlingen kvarstår.

Att uppskatta lustgasutsläpp från jordbruksmark är behäftat med stora osäkerheter och bra metoder saknas i dagsläget (Henryson et al., 2020). Här har vi räknat med IPCCs disaggregerade faktorer för vått klimat med tanke på det blöta klimatet i Västra Götaland. Andra delar av Sverige är mer torra och det kan då vara mer lämpligt att använda den mer generiska IPCC-faktorn (Hanna Karlsson Potter, Institutionen för energi och teknik, SLU, personlig kommunikation). En studie från Tyskland som sammanställt data från olika mätningar av lustgas runt om i landet kom till slutsatsen att det inte fanns stöd för att ha olika faktorer för mineralgödsel och organiska gödselmedel (Mathivanan et al., 2021), vilket görs i de disaggregerade faktorerna som vi använt här. Om den mer generiska IPCC-faktorn (1 procent av tillfört kväve) används istället för de disaggregerade minskar klimatavtrycket med cirka fyra procent för grisköttet.

4.2. Att inkludera förfruktseffekter

De mängder av olika fodermedel som behövs i referenssystemet i grisproduktion ger inte en odlingssäker växtföljd om de översätts i en markanvändning som motsvarar mängderna. Av den totala fodermängden som produceras årligen i referenssystemet utgör 59 procent spannmål, 31 procent trindsäd och tio procent raps, vilket innebär att trindsäd måste odlas minst vart tredje år. Trindsäd bör dock inte odlas oftare än vart sjätte år för att undvika problem med vissa växtsjukdomar (Levenfors et al., 2001). Även vallfodersystemets foderstat innehåller för mycket trindsäd för att kunna realiseras i en odlingssäker växtföljd även om andelen trindsäd minskar till 25 procent, medan spannmål utgör 49 procent, raps 8 procent och vall 18 procent. En grisgård enligt foderstaterna som antagits här kan alltså inte själv odla bara sitt eget foder, utan en del av trindsäden behöver odlas i en längre

rotation med andra grödor. Genom att lantbrukare med olika driftsinriktningar samarbetar går detta att åstadkomma i praktiken även på lokal nivå, eller genom att grisproducenten även producerar grödor som säljs från gården. Förfrukteffekterna av att inkludera vall, havre, trindsäd och raps i foderstaten som vi inkluderat här utgår från långa växtföljder som inte inkluderar trindsäd mer än vart sjunde eller åttonde år (stycke 2.1.2). Detta innebär dock att de positiva förfruktseffekter som inkluderats här inte direkt motsvarar de som grisproduktionens foderodling leder till, vilket innebär att grisproduktionen får tillgodogöra sig positiva effekter (ökade skördar, minskad mineralgödselkvävetillförsel och ökad kolinlagring) som den inte är direkt kopplad till. Att inte inkludera några förfruktseffekter alls i beräkningarna kan dock också bli missvisande eftersom de grödor som finns i foderstaten trots allt driver foderodlingen, mer vallfoder till grisar har potential att föra in mer vall i spannmålsdominerade områden, vilket skulle ge tydliga förfruktseffekter. Å andra sidan är det inte garanterat att det odlas mer vall i spannmålsdominerade växtföljder för att utfodring av vallfoder till grisar introduceras. Vallfodret kan också köpas in från andra gårdar där vallodlingen redan dominerar. Endast 12 procent av vallarealen odlas idag i växtföljder där vallen ingår mellan ett till tre år i en sjuårig växtföljd medan hela 46 procent återfinns i växtföljder med endast vall (Karlsson, 2022). För att få ut alla de fördelar som utfodring med vallfoder kan innebära, krävs att vallodlingen introduceras i de spannmålsdominerade växtföljderna.

Att på ett rättvist sätt inkludera effekter av växtföljder i livscykelanalys är en välkänd utmaning eftersom det är svårt att fördela effekterna över de olika grödorna och animalieprodukter som produceras från grödorna. För att utvärdera hur mycket klimatavtrycket och kolinlagringen påverkades av de antagna förfruktseffekterna i den här studien, beräknades dessa även utan förfruktseffekter inkluderade. Klimatavtrycket per kg kött ökade med 3 procent för vallfodersystemet när förfruktseffekterna inte inkluderades, medan kolinlagringen minskade med 26 procent.

4.3. Utmaningar med att utfodra vall till grisar

Sojamjöl är ett vanligt proteinfoder i dagens grisproduktion. Enligt Eriksson et al. (2018) har sojamjöl ett klimatavtryck på 1,86 kg CO_2e per kg råprotein som är betydligt högre än klimatavtrycket för klöver-gräsvall och även högre än de andra proteinfodermedel vi studerat här (Figur 3). Gräs och baljväxter har en bra sammansättning av protein och aminosyror och potential att ingå som proteinkälla till grisar. Skördat och lagrat som ensilage kan vallfoder fungera som en lokal näringsresurs året runt, som även ger grisarna sysselsättning vilket höjer djurvälfärden. Forskning visar att det teoretiskt går att ersätta andra foderråvaror med ensilage i foder till grisar till viss del (Wallenbeck et al., 2014; Friman et al., 2021). Men för att grisarna ska kunna utnyttja näringen krävs att ensilaget har en annan kvalitet än ensilage som till exempel ska ges till idisslare samt en struktur och smaklighet som tilltalar grisarna och minskar deras möjligheter att sortera ut delar av

fodret. Att anpassa ensilagets kvalitet till grisens behov kan innebära behov av nya vallfröblandningar som ska finnas på marknaden samt att vallskörden behöver anpassas till de nya kvalitetskraven. Grisarnas förmåga att smälta näringsämnen från grovfoder beror på den kemiska sammansättningen, eftersom näringsämnes smältbarhet minskar med ökande andel fiberfraktioner (Presto et al., 2019). Därför blir det viktigt att skörda vallfoder i ett växtstadium när fiberfraktion är låg, framförallt om det ska utfodras till yngre växande grisar. Då finns stor andel av lättsmältbara näringsämnen bland annat vattenlösligt socker, som också är viktigt för en framgångsrik ensileringsprocess (McDonald et al., 1991).

Det finns i princip fyra system för konservering av vallfoder: plansilo, tornsilo, slang samt balar. För ett grisföretag antas den totala förbrukningen av vallfoder vara förhållandevis liten (upp mot maximalt ett kg torrsubstans per gris och dag, beroende på griskategori), vilket ger ett begränsat investeringsutrymme i fasta anläggningar som tornsilo eller plansilo. Bland de grisproducenter som använder ensilage, främst ekologiska gris-producenter, är därför lagring i rundbalar vanligast. Ensilaget har då längre strålängd och utfodringen sker ofta genom att antingen ställa in rundbalen i boxen, alternativt att ge det i foderhäckar i boxen eller på uteplattan. Detta innebär dock ofta en hög arbetsinsats för lantbrukaren. Foderhäckar begränsar även möjligheterna för alla grisar att äta ensilage samtidigt och kan ge upphov till trängsel och slagsmål och att mindre grisar eller lågrankade grisar inte får något ensilage. Det är därför viktigt att vid utveckling av nya utfodringssystem med nya foderslag också ställa krav på att man uppnår en säker och hälsosam arbetsmiljö. Annars skapar man nya problem med ökad risk för olyckor och ergonomiska belastningsskador hos lantbrukare och personal vilket också blir ekonomiskt kostsamt för företaget. En utmaning är även mängden foderspill som blir i och med att grisarna drar ner ensilaget och bökar i det, vilket resulterar i ett sämre utnyttjande av ensilaget som foderråvara och kräver merarbete i form av rengöring av grisarnas vistelseytor. Enligt Friman et al. (2021) resulterade en kortare strålängd på ensilage som blandats med spannmålsbaserat foder i ett så kallat fullfoder (det system vi räknat på i denna studie), att slaktgrisar åt upp allt det tilldelade ensilaget och växte och producerade på samma nivå som grisar som fick enbart kommersiellt slaktgrisfoder. Genom att blanda in ensilage med kortare strån och mindre partiklar i grisarnas foder, som ges vid flera tillfällen per dag, kan konsumtionen av ensilage öka och mängden foderspill minska, då det håller nere grisarnas möjligheter att sortera ut ensilaget. Man fann också positiva hälsoeffekter på grisarnas maghälsa och trots mindre partikelstorlek och kortare strån på ensilaget förlängdes grisarnas ättid och de blev mer sysselsatta, vilket i sig också ledde till färre aggressiva och skadliga beteenden mellan grisar (Presto Åkerfeldt et al., 2019). Tidigare studier har indikerat att en ökad ensilagekonsumtion dessutom ökar mättnadsgraden, varpå grisarna blir lugnare även under den tid de inte utfodras (Presto et al., 2013). Tekniken med kortare strån och mindre partikelstorlek är också intressant att utvärdera för blötfoder, vilket är ett av de vanligaste utfodringssystemen i grisproduktion.

4.4. Potential att skala upp utfordringen av vallfoder till grisar

Ur ett praktiskt perspektiv kräver ett utfodringssystem med fullfoder en annan typ av utfodringsanläggning och utfodringsteknik än vad som används traditionellt inom grisproduktion. Vi bedömer att utveckling av sådan utfodringsteknik har potential att ske inom en snar framtid då sådan teknik redan finns för utfodring av nötkreatur. Det krävs även att producenten har tillgång till maskinpark och möjlighet att skörda, pressa och lagra vallen, eller samarbeta med någon entreprenör eller närliggande lantbruk för att köpa in dessa tjänster. I vissa regioner finns redan maskinstationer och entreprenörer som säljer denna tjänst medan tjänsten saknas i andra regioner. Dessutom blir mängden vall som odlas i växtföljden på en grisgård ofta högre än vad som konsumeras av grisarna (avsnitt 4.2), vilket kräver möjligheter för avsättning på annat sätt för att bli lönsamt.

För att utvärdera möjligheterna med att skala upp användandet av vallfoder som ingrediens i foder till grisar behövs mer kunskap om hur vallgrödor kan utnyttjas mer resurseffektivt inom hela produktionskedjan, både i befintliga och framtida produktionssystem för grisar. Det finns även ett stort informations- och kunskapsbehov till rådgivningen om vilka vallgrödor som är lämpliga till grisar och vilken näringsmässig kvalitet ett bra "gris-ensilage" bör ha, samt tekniska lösningar för skörd, lagring och hantering av ensilage på gårdsnivå och vad det innebär ur ett tidsmässigt- och kostnadsmässigt perspektiv för grisproducenten. Detta för att det är grisproducentens rådgivare som kan anpassa kunskap till företagets förutsättningar.

Samtidigt finns redan mycket kunskap och erfarenheter hos mjölk- och nötköttsproducenter om hur man odlar, skördar, hanterar, förbehandlar och lagrar vall beroende på vilken energi- och proteinkvalitet man vill uppnå. Överföring av den kunskap som är relevant för grisproducenter och grisrådgivare är viktig för att på kort sikt implementera kunskap som kan bli användbar direkt och på längre sikt främja forskning och utveckling av grisanpassad vallproduktion.

5. Slutsats

Klimatavtrycket för ett kg konventionellt griskött kan minskas med cirka 13 procent genom att en del av grisarnas traditionella foder byts ut mot vallfoder (30 procent av fodret till slaktgrisar, 20 procent av fodret till dräktiga suggor och fem procent av fodret till smågrisar). Minskningen beror på i) lägre kvävegiva till vall i jämförelse med spannmål och därmed lägre utsläpp från tillverkning av mineralgödsel och lägre lustgasutsläpp när kvävet omsätts i marken, ii) minskad dieselanvändning, iii) högre skörd för vallen jämfört med andra fodermedel och iv) förfruktseffekter från vallodlingen i övriga grödor. Om den förväntade inlagringen av kol i mark från introduktion av vall i en spannmålsdominerad växtföljd inkluderas, minskar utsläppen med ytterligare 18 procent. Uppskattningen vad gäller inlagring av kol från atmosfären i mark är dock osäker och dessutom är processen reversibel, varför denna minskningspotential ska beaktas med viss försiktighet.

Det finns flera ytterligare fördelar med att föra in vallodling i grisproduktionen till exempel förbättrad välfärd för grisarna, ökad markbördighet, ökad mångfald av odlade grödor på jordbruksmark som ökar biodiversiteten och minskad användning av insatsvaror. För att kunna använda vallfoder och ersätta delar av det konventionella grisfodret genom att utfodra grisarna med fullfoder behövs en annan typ av maskinpark och utfodrings-anläggning än vad som används traditionellt inom grisproduktion, men sådan teknik bör kunna komma på plats snabbt i och med att sådana system redan används inom mjölk och nötköttsproduktionen. Rådgivare inom grisproduktionen behöver också information och kunskap kring vilka vallgrödor som är lämpliga till grisar samt hur tekniska lösningar för skörd, lagring och hantering av ensilage på gårdsnivå bör ske. Mycket av den kunskapen finns att hämta hos mjölk- och nötköttsproducenter.

Referenser

Agribalyse. 2020. Agricultural and food database. ADEME, Paris, France.

Andrén, O., T. Kätterer, and T. Karlsson. 2004. ICBM regional model for estimations of dynamics of agricultural soil carbon pools. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 70(2):231-239. https://doi.org/10.1023/B:FRES.0000048471.59164.ff

Aronsson, H., G. Torstensson, and L. Bergström. 2007. Leaching and crop uptake of N, P and K from organic and conventional cropping systems on a clay soil. *Soil Use and Management* 23(1):71-81. https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2006.00067.x

Berglund, M., C. Cederberg, C. Clason, M. Henriksson, and L. Törner. 2009. Jordbrukets klimatpåverkan – underlag för att beräkna växthusgasutsläpp på gårdsnivå och nulägesanalyser av exempelgårdar. (”Climate impact of agriculture - the basis for calculating greenhouse gas emissions at the farm level and analysis of example farms.”), Hushållningssällskapet Halland, Halland, Sweden.

Bonesmo, H., and E. G. Enger. 2021. The effects of progress in genetics and management on intensities of greenhouse gas emissions from Norwegian pork production. *Livestock Science* 254:104746. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104746

Brunberg, E. I., T. B. Rodenburg, L. Rydhmer, J. B. Kjaer, P. Jensen, and L. J. Keeling. 2016. Omnivores Going Astray: A Review and New Synthesis of Abnormal Behavior in Pigs and Laying Hens. *Frontiers in veterinary science* 3:57. https://doi.org/10.3389/fvets.2016.00057

Cederberg, C., and A. Flysjö. 2004. Life cycle inventory of 23 dairy farms in south-western Sweden. SIK Report Nr 728. The Swedish Institute for Food and Biotechnology, Göteborg, Sverige.

Clune, S., E. Crossin, and K. Verghese. 2017. Systematic review of greenhouse gas emissions for different fresh food categories. *Journal of Cleaner Production* 140, Part 2:766-783. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.04.082

Commodity 3. 2022. Meal - rapemeal, European. https://www.commodity3.com/

Dalgaard, R., N. Halberg, and J. E. Hermansen. 2007. Danish pork production: an environmental assessment. Faculty of Agricultural Science, Aarhus University, Århus, Danmark.

ecoinvent v.3.8. 2021. Ecoinvent Data v 3.8. Swiss Centre for Life Cycle Inventories. Dübendorf, Switzerland.

Edström, M., O. Pettersson, L. Nilsson, and T. Hörndahl. 2005. Jordbrukssektorns energianvändning. ("Energy use in agriculture"). Swedish Institute of Agricultural and Environmental Engineering, Uppsala, Sweden.

EEA. 2019. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019. Technical guidance to prepare national emission inventories. EEA Report No 13/2019. European Environment Agency. Copenhagen, Denmark. https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019/part-b-sectoral-guidance-chapters/4-agriculture/3-b-manure-management/view

Ericsson, N., C. Sundberg, Å. Nordberg, S. Ahlgren, and P.-A. Hansson. 2017. Time-dependent climate impact and energy efficiency of combined heat and power

production from short-rotation coppice willow using pyrolysis or direct combustion. *GCB Bioenergy* 9(5):876-890. https://doi.org/10.1111/gcbb.12415
Eriksson, J., L. Matsson, and M. Söderström. 2010. Tillståndet i svensk åkermark och gröda, data från 2001-2007. ("The state of Swedish arable land and crop data from 2001-2007") Report 6349, Swedish Environmental Protection Agency, Stockholm, Sverige.
Eriksson, M., R. Ghosh, E. Hansson, S. Basnet, and C.-J. Lagerkvist. 2018. Environmental consequences of introducing genetically modified soy feed in Sweden. *Journal of Cleaner Production* 176:46-53. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.113
Frankow-Lindberg, B. 2003. Kvantifiering av kvävefixering via baljväxter i fält - förslag till ny modell i rådgivningsprogrammet STANK. Rapport 5, Institutionen för ekologi och växtproduktionslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala, Sverige.
Friman, J., T. Lundh, and M. Presto Åkerfeldt. 2021. Grass/clover silage for growing/finishing pigs – effect of silage pre-treatment and feeding strategy on growth performance and carcass traits. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A — Animal Science* 70(3-4):151-160. https://doi.org/10.1080/09064702.2021.1993319
Gode, J., F. Martinsson, L. Hagberg, A. Öman, J. Höglund, and D. Palm. 2011. Uppskattade emissionsfaktorer för bränslen, el, värme och transporter. Värmeforsk, Stockholm, Sverige.
Gård & Djurhälsan. 2020. Medeltal suggor. https://www.gardochdjurhalsan.se/winpig/medeltal-och-topplistor/medeltal-suggor/
Henryson, K., T. Kätterer, P. Tidåker, and C. Sundberg. 2020. Soil N2O emissions, N leaching and marine eutrophication in life cycle assessment – A comparison of modelling approaches. *Science of the Total Environment* 725:138332. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138332
Henryson, K., K. H. E. Meurer, M. A. Bolinder, T. Kätterer, and P. Tidåker. 2022. Higher carbon sequestration on Swedish dairy farms compared with other farm types as revealed by national soil inventories. *Carbon Management* 13(1):266-278. https://doi.org/10.1080/17583004.2022.2074315
Holinger, M., B. Früh, P. Stoll, M. Kreuzer, and E. Hillmann. 2018. Grass silage for growing-finishing pigs in addition to straw bedding: Effects on behaviour and gastric health. *Livestock Science* 218:50-57. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2018.10.012
Index Mundi. 2022. Rapeseed oil prices. https://www.indexmundi.com/commodities/?commodity=rapeseed-oil
IPCC. 2019. Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Vol 4. Chapter 11: N2O Emissions from Managed Soils, and CO2 Emissions from Lime and Urea Application. Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneve.
IPCC. 2021. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L., Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. https://doi.org/10.1017/9781009157896

Jakobsen, M., T. Preda, A. G. Kongsted, and J. E. Hermansen. 2015. Increased Foraging in Outdoor Organic Pig Production—Modeling Environmental Consequences. *Foods* 4(4). https://doi.org/10.3390/foods4040622

Johnsson, H., K. Mårtensson, A. Lindsjö, K. Persson, Y. Rangel, and K. Blombäck. 2019. Läckage av näringsämnen från svensk åkermark. SMED Rapport Nr 5. Svenska MiljöEmissions Data. Stockholm, Sverige.

Jordbruksverket. 2021. Rekommendationer för gödsling och kalkning 2021. Jordbruksinformation 12 – 2021. Jordbruksverket, Jönköping, Sverige.

Jordbruksverket. 2022a. Konsumtion av kött. Jordbruksverket, Jönköping, Sverige. https://jordbruksverket.se/mat-och-drycker/hallbar-produktion-och-konsumtion-av-mat/konsumtion-av-kott

Jordbruksverket. 2022b. Marknadsrapport griskött – utvecklingen till och med 2021. Jordbruksverket, Jönköping, Sverige.

Karlsson, J. 2022. Livestock as resource users and landscape managers. A food systems perspective. Doktorsavhandling, Institutionen för energi och teknik, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala, Sverige.

Karlsson, J. O., P. Tidåker, and E. Röös. 2022. Smaller farm size and ruminant animals are associated with increased supply of non-provisioning ecosystem services. *Ambio* 51(9):2025-2042. https://doi.org/10.1007/s13280-022-01726-y

Landquist, B., A. Woodhouse, M. Axel-Nilsson, U. Sonesson, H. Elmquist, K. Velander, P. Wallgren, O. Karlsson, I. Eriksson, M. Åberg, and J. Elander. 2020. Uppdaterad och utökad livscykelanalys av svensk grisproduktion. RISE Rapport 2020:59., RISE Research Institutes of Sweden AB, Göteborg, Sverige.

Levenfors, J., J. Lager, and B. Gerhardson. 2001. Svampsjukdomar i baljväxtrika växtföljder. Fakta jordbruk nr 1. Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala, Sverige.

Lovarelli, D., M. Fiala, and G. Larsson. 2018. Fuel consumption and exhaust emissions during on-field tractor activity: A possible improving strategy for the environmental load of agricultural mechanisation. *Computers and Electronics in Agriculture* 151:238-248. https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.06.018

Länsstyrelsen Västra Götalands län. 2021. Bidragskalkyler för konventionell produktion. Länsstyrelsen i Västra Götalands län, Göteborg. https://www.lansstyrelsen.se/download/18.54b7ee3b1784afc127a2857e/1619503834389/Bidragskalkyler-konv-2021.pdf

Mathivanan, G. P., M. Eysholdt, M. Zinnbauer, C. Rösemann, and R. Fuß. 2021. New N2O emission factors for crop residues and fertiliser inputs to agricultural soils in Germany. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 322:107640. https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107640

McDonald, P., A. R. Henderson, and S. J. Heron. 1991. Microorganisms. In The Biochemistry of Silage, 2nd edn. pp. 81-152. Chalcombe Publications, Aberystwyth, Storbritannien.

Menichetti, L., T. Kätterer, and M. A. Bolinder. 2020. A Bayesian modeling framework for estimating equilibrium soil organic C sequestration in agroforestry systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 303:107118. https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.107118

Moberg, E., M. Walker Andersson, S. Säll, P.-A. Hansson, and E. Röös. 2019. Determining the climate impact of food for use in a climate tax—design of a consistent and transparent model. *International Journal of Life Cycle Assessment* 24(9):1715-1728. https://doi.org/10.1007/s11367-019-01597-8

Naturvårdsverket. 2022. National Inventory Report Sweden 2022. Greenhouse Gas Emission Inventories 1990-2020. Naturvårdsverket, Stockholm, Sverige.

Pexas, G., S. G. Mackenzie, M. Wallace, and I. Kyriazakis. 2020. Cost-effectiveness of environmental impact abatement measures in a European pig production system. *Agricultural Systems* 182:102843. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102843

Poeplau, C., M. A. Bolinder, J. Eriksson, M. Lundblad, and T. Kätterer. 2015. Positive trends in organic carbon storage in Swedish agricultural soils due to unexpected socio-economic drivers. *Biogeosciences* 12(11):3241-3251. https://doi.org/10.5194/bg-12-3241-2015

Poore, J., and T. Nemecek. 2018. Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science* 360(6392):987. https://doi.org/10.1126/science.aaq021

Presto, M., M. Rundgren, and A. Wallenbeck. 2013. Inclusion of grass/clover silage in the diet of growing/finishing pigs – Influence on pig time budgets and social behaviour. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A — Animal Science* 63(2):84-92. https://doi.org/10.1080/09064702.2013.793734

Presto Åkerfeldt, M., J. Nihlstrand, M. Neil, N. Lundeheim, H. K. Andersson, and A. Wallenbeck. 2019. Chicory and red clover silage in diets to finishing pigs—influence on performance, time budgets and social interactions. *Organic Agriculture* 9(1):127-138. https://doi.org/10.1007/s13165-018-0216-z

Rigolot, C., S. Espagnol, C. Pomar, and J. Y. Dourmad. 2010. Modelling of manure production by pigs and NH3, N2O and CH4 emissions. Part I: animal excretion and enteric CH4, effect of feeding and performance. *Animal : an international journal of animal bioscience* 4(8):1401-1412. https://doi.org/10.1017/S1751731110000492

Ritchie, H., D. S. Reay, and P. Higgins. 2018. Beyond Calories: A Holistic Assessment of the Global Food System. Frontiers in Sustainable Food Systems 2:57. https://doi.org/10.3389/fsufs.2018.00057

Röös, E., and J. Nylinder. 2013. Uncertainties and Variations in the Carbon Footprint of Livestock Products. Rapport 063. Department of Energy and Technology, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sverige.

SLU. 2021. Fodermedelstabell för gris. Institutionen för husdjurens utfodring och vård, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala, Sverige.

Tillgren, B. 2021. Cereals as 'leftover biomass' : an analysis of Swedish cereal production from the perspective of feed-food competition. Examensarbete. Institutionen för molekylära vetenskaper, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala, Sverige.

Tripathi, S., P. Srivastava, R. S. Devi, and R. Bhadouria. 2020. Chapter 2 - Influence of synthetic fertilizers and pesticides on soil health and soil microbiology. In: M. N. V. Prasad, editor, Agrochemicals Detection, Treatment and Remediation. Butterworth-Heinemann. p. 25-54.

Tromp, M. 2020. The environmental impact of introducing a potato protein for human consumption in Sweden. Master Thesis, Uppsala universitiet, Uppsala, Sverige.

van Krimpen, M. M., and W. H. Hendriks. 2019. 13: Novel protein sources in animal nutrition: considerations and examples, Poultry and pig nutrition. Wageningen Academic Publishers. p. 279-305.

van Zanten, H. H., B. G. Meerburg, P. Bikker, M. Herrero, and I. J. de Boer. 2016. Opinion paper: The role of livestock in a sustainable diet: a land-use perspective. *Animal : an international journal of animal bioscience* 10(4):547-549. http://doi.org/10.1017/S1751731115002694

Wallenbeck, A., M. Rundgren, and M. Presto. 2014. Inclusion of grass/clover silage in diets to growing/finishing pigs – Influence on performance and carcass quality.

Acta Agriculturae Scandinavica, Section A — Animal Science 64(3):145-153. https://doi.org/10.1080/09064702.2015.1006668

Zira, S., L. Rydhmer, E. Ivarsson, R. Hoffmann, and E. Röös. 2021. A life cycle sustainability assessment of organic and conventional pork supply chains in Sweden. *Sustainable Production and Consumption* 28:21-38. https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.03.028

MISTRA

FOOD FUTURES