

Notat om drivhusgasudledningen, kvælstofudvaskningen og ammoniakfordampningen ved reduktion af husdyrproduktion og ved reduceret foderimport til Danmark

Rådgivningsnotat fra DCA – National Center for Fødevarer og Jordbrug

Af Uffe Jørgensen¹, Christian Friis Børsting², Peter Lund², Mette Hjorth Mikkelsen³, Troels Kristensen¹

¹ Institut for Agroøkologi, Aarhus Universitet

² Institut for Husdyrvidenskab, Aarhus Universitet

³ Institut for Miljøvidenskab, Aarhus Universitet



AARHUS
UNIVERSITET

DCA - NATIONALT CENTER FOR FØDEVARER OG JORDBRUG



Datablad

Titel:	Notat om drivhusgasudledningen, kvælstofudvaskningen og ammoniakfordampningen ved reduktion af husdyrproduktion og ved reduceret foderimport til Danmark
Forfatter(e):	Seniorforsker Uffe Jørgensen og seniorforsker Troels Kristensen fra Institut for Agroøkologi, AU, seniorrådgiver Christian Friis Børsting og professor Peter Lund fra Institut for husdyrvidenskab, AU og specialkonsulent Mette Hjort Mikkelsen fra Institut for Miljøvidenskab, AU.
Fagfællebedømmelse:	Seniorforsker Ingrid K. Thomsen fra Institut for Agroøkologi, AU, sektionsleder Jan Værum Nørgaard fra Institut for Husdyrvidenskab, AU, akademisk medarbejder Rikke Albrechtsen fra Institut for Miljøvidenskab, AU og seniorrådgiver Gitte Blicher-Mathiesen fra Institut for Bioscience, AU.
Kvalitetssikring, DCA:	Specialkonsulent Lene Hegelund, DCA Centerenheden
Rekvirent:	Landbrugsstyrelsen, Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri (FVM)
Dato for bestilling/levering:	16.03.2021 / 04.04.2021
Journalnummer:	2021-0223359
Finansiering:	Besvarelsen er udarbejdet som led i "Rammeaftale om forskningsbaseret myndighedsbetjening" indgået mellem Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri (FVM) og Aarhus Universitet som en ny opgave under "Ydelsesaftale Husdyrproduktion 2021-2024".
Ekstern kommentering:	Nej, men opfølgende spørgsmål stillet af FVM/MIM umiddelbart efter leveringen kan findes via dette link .
Eksterne bidrag:	Nej
Kommentarer til besvarelse:	Notatet præsenterer resultater, som ved notatets udgivelse ikke har været i eksternt peer review eller er publiceret andre steder. Ved en evt. senere publicering i tidsskrifter med eksternt peer review vil der derfor kunne forekomme ændringer. Notatet er første gang leveret 31.03.2021. Med nærværende version er der foretaget en rettelse vedr. en reference i et enkelt afsnit. Denne version erstatter således den tidligere fremsendte.
Citeres som:	Jørgensen U, Børsting CF, Lund P, Mikkelsen MH, Kristensen T. 2021. Notat om drivhusgasudledningen, kvælstofudvaskningen og ammoniakfordampningen ved reduktion af husdyrproduktion og ved reduceret foderimport til Danmark. 26 sider. Rådgivningsnotat fra DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Aarhus Universitet, leveret: 04.04.2021.
Rådgivning fra DCA:	Læs mere på https://dca.au.dk/raadgivning/

Baggrund

Landbrugsstyrelsen har i en bestilling sendt til DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug ønsket at få estimater for drivhusgasudledningen, kvælstofudvaskningen og ammoniakfordampningen fra den nuværende husdyrproduktion og ved en reduktion af husdyrproduktionen i Danmark. Informationen skal bruges til besvarelse af spørgsmål fra Folketinget på baggrund af teknisk gennemgang for partiernes ordførere om landbrugets miljø- og klimaforhold.

I bestillingen ønskes estimater for drivhusgasudledning, kvælstofudvaskning og ammoniakfordampning fra danske kvæg, svin, får og fjerkræ i dag (2020 eller nyeste tilgængelige data) og ved en 10 pct., 20 pct., 30 pct., 40 pct. og 50 pct. reduktion af husdyrproduktion. Ved et efterfølgende forventningsafstemningsmøde aftaltes dog at besvarelsen alene regner på 10% reduktion af husdyrproduktionen for kategorierne kvæg, svin og øvrige husdyr.

CO₂-udledninger knyttet til husdyrproduktionen fra importeret foder, primært soja, ønskes medtaget i beregningen.

Estimaterne for udledningerne ønskes besvaret under to scenarier: 1) import af foder til dansk husdyrproduktion som i dag og 2) al foder produceres i Danmark.

Notatet skal beskrive de forudsætninger og antagelser, som beregningerne bygger på. Det forventes, at referencerne for de benyttede data tydeligt fremgår, og at det nøje beskrives, hvis der er usikkerhed om de benyttede data og hermed også de fundne resultater. Notatet skal gerne beskrive, hvilken metode der benyttes til vurdering af effekterne for den ændrede arealanvendelse, og det skal tydeligt beskrives, hvis der mangler data eller viden til at besvare dele af spørgsmålene.

Indholdsfortegnelse

Sammendrag	5
Effekter af reduceret husdyrproduktion på emissioner.....	7
Emission af drivhusgasser.....	7
Metode	8
Resultater.....	9
Diskussion.....	10
Effekter af reduceret husdyrproduktion på N-udvaskning	12
Metode	12
Resultater.....	12
Diskussion.....	13
Effekter af reduceret husdyrproduktion på NH₃ fordampning	15
Metode	15
Resultater.....	16
Effekter af 100% foderproduktion i Danmark.....	17
Typer af proteinrige foderprodukter til dansk produktion.....	17
Fodersammensætning ved 100% dansk forsyning.....	17
Effekter på klima og miljø	20
Samlede effekter.....	21
Afsluttende bemærkninger	23
Referencer	24

Sammendrag

I dette notat analyseres nationale effekter af, dels en reduktion i husdyrproduktionen, dels af selvforsyning med foder, på de nationale emissioner af drivhusgasser og ammoniak samt på nitratudvaskning.

En 10% reduktion af husdyrproduktionen, ligeligt fordelt på alle husdyrtyper, er estimeret til at medføre en reduktion på ca. 7% af drivhusgasemissionen og ca. 5% af ammoniakfordampningen sammenholdt med den nuværende landbrugsproduktion, mens der stort set ikke estimeres ændring i nitratudvaskningen (Tabel 0). At effekten ikke slår fuldt igennem skyldes, at det antages at de arealer, som hidtil har været benyttet til produktion af husdyrfoder, vil overgå til anden planteproduktion, og at reduktionen i husdyrgødning vil blive erstattet med handelsgødning.

Indregnes direkte emissioner fra produktion og transport af importeret foder (primært soja) og handelsgødning, øges den samlede udledning af drivhusgas fra landbruget fra 12,1 til 13,9 mio. t CO₂-ækv., og ved en reduktion i husdyrholdet på 10% vil denne samlede udledning blive reduceret med ca. 7%.

En 100% selvforsyning med kraftfoder er, ud fra husdyrenes behov, sammensat med 40% rapskage og -skrå, 35% hestebønner og ærter, 20% græsprotein koncentrat og 5% protein fra havet (her regnet som muslingemel). Med denne sammensætning estimeres reduktioner i alle tre tabsposter (emission af drivhusgasser, emission af ammoniak samt nitratudvaskning), men bidraget fra de forskellige råvareproduktioner varierer meget: Øget rapsproduktion estimeres at øge alle tre tabsposter, mens de andre tre fodertyper alle estimeres at bidrage med reduktion i to ud af de tre tabsposter. Det er således øget produktion af bælgsæd, græsprotein og protein fra havet, som har de største potentialer for at reducere miljø- og klimapåvirkningen.

Selvforsyning i stedet for den nuværende import af kraftfoder vil med ovenstående fodersammensætning og den nuværende produktionsteknologi kræve dyrkning på så store arealer (ca. 870.000 ha), at en fastholdelse af husdyrholdet ikke er realistisk samtidig med 100% selvforsyning. En væsentlig forøgelse af selvforsyningen vil endvidere have store konsekvenser for de nuværende mere specialiserede planteavlproduktioner såsom kartofler, frøgræs og grønsager samt presse sædskifterne med risiko for øget sygdomspres.

Det er derfor valgt at fremhæve effekten af 10% erstatning af importeret foder med dansk produceret foder, hvilket virker realistisk i forhold til arealforbrug, sædskiftesygdomme m.m. I Tabel 0 er således vist de estimerede effekter af 10% reduktion af husdyrbestanden samt ved 10% reduceret import af foder. Denne sammenligning viser markant højere effekter ved reduktion i husdyrholdet end ved øget selvforsyning med foder på den danske emission af klimagasser og ammoniak, mens der for nitratudvaskning er størst effekt ved øget selvforsyning med foder. Ved 10% ændring i husdyrhold og foderproduktion vurderer vi, at effekterne vil være tilnærmelsesvist additive, mens der vil kunne opstå komplekse vekselvirkninger ved større ændringer.

Tabel 0. Samlede nationale effekter estimeret for 10% reduktion af husdyrproduktionen ved uændret import af foder angivet i mængder og i parentes angivet i % af den nuværende emission fra landbruget, samt nationale effekter af en 10% reduktion i import angivet i mængder.

	Total ændring i drivhusgasemission (mio. ton CO ₂ -ækv.)	Total ændring i nitratudvaskning fra rodzonen (1000 ton nitrat-N)	Total ændring i ammoniak-fordampning (ton NH ₃ -N)
Reduktion i husdyrproduktion med 10% ved uændret import	-0,80 (-7%)	0,3 (+0,2%)	-2.800 (-5%)
Reduktion i import af foder med 10%	-0,048	-0,65	-53

Det skal understreges, at så store ændringer, som efterspørges i denne bestilling, vil indebære en række vekselvirkninger og potentialer for optimeringer, såvel som risici for suboptimering, hvilket gør estimeret for effekter på klima og miljø usikre. Det er i den sammenhæng også vigtigt at skelne mellem nationale og globale effekter, idet der kan opstå lækageeffekter på globalt plan, hvis den danske produktion erstattes af en tilsvarende fødevare- og/eller foderproduktion andre steder i verden. Dette har ikke været muligt at inddrage i regi af denne opgave.

Det skal bemærkes, at beregningen for effekt af reduktion af husdyrhold og tilsvarende øgning af arealet til planteproduktion er baseret på de nuværende estimerede emissioner for de forskellige produktionsgrene. En ændring i disse emissioner som følge af brug af nye virkemidler, som f.eks. brug af metanreducerende foderadditiver hos kvæg, forbedret kvælstofudnyttelse hos svin eller brug af nitrifikationshæmmere i marken, vil reducere netto-effekten afhængig af, hvilke virkemidler, der tages i brug og deres indbyrdes relative effekt.

Effekter af reduceret husdyrproduktion på drivhusgas-emissioner

I det følgende er beregnet effekter af en reduktion på 10% i husdyrproduktionen.

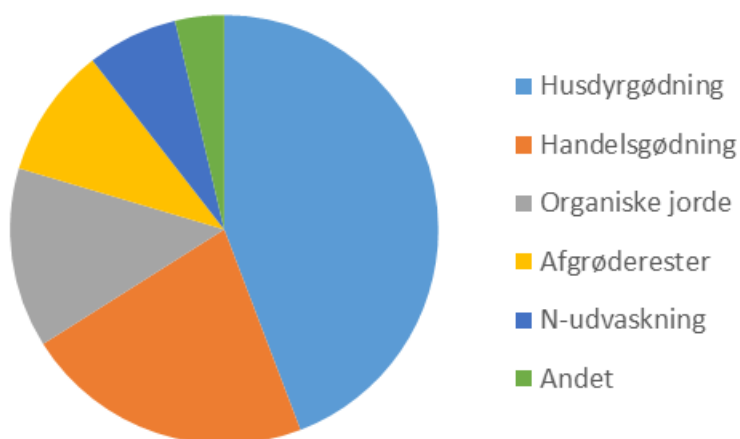
Nuværende emission af drivhusgasser fra landbruget

Den seneste opgørelse af de danske emissioner af klimagasser i 2018 viser et bidrag fra landbruget på 11 mio. t CO₂ ækv., hvilket udgør 23% af Danmarks samlede udledning (Nielsen et al., 2020). Som det fremgår af Tabel 1 har udledningen fra landbruget været på dette niveau siden 2010 med en fordeling med godt 50% fra metan (CH₄), knap 50% fra lattergas (N₂O) og et meget lille bidrag som CO₂ (idet kulstoftabet fra jord (5,92 mio. tons CO₂ ækv. (Nielsen et al., 2020)) herunder lavbundslande ikke er indregnet). Den primære kilde til metan er fra kvægets omsætning af foder (63%), mens resten er fra husdyrgødning. For lattergas er der flere kilder, som det fremgår af Figur 1, med de største bidrag fra husdyrgødning og handelsgødning.

Tabel 1. Emissionen af klimagasser fra landbruget (Nielsen et al., 2020)

	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018
CH ₄ (kt CO ₂ ækv.)	5.895	6.111	6.006	6.005	5.970	5.925	5.943	5.896	5.919	5.919	5.990
N ₂ O (kt CO ₂ ækv.)	6.647	5.887	5.393	5.043	4.785	4.727	4.840	4.840	4.955	5.013	4.807
CO ₂ (kt CO ₂ ækv.)	619	537	268	222	156	246	240	177	217	219	244
Total (kt CO ₂ ækv.)	13.161	12.536	11.667	11.270	10.911	10.898	11.024	10.913	11.090	11.150	11.041

Lattergas emission 2018



Figur 1. Emissionen af lattergas fra landbruget i 2018 fordelt på kilder (Nielsen et al., 2020)

Metode

Fordelingen af klimagasser på forskellige typer af landbrugsproduktion er baseret på Kristensen et al. (2020 – Tabel 5.1), som med udgangspunkt i LCA-studier estimerede udledning af klimagasser pr. ha i Danmark knyttet til henholdsvis malkekvæg, svineproduktion, planteavl og "andre husdyr". Opdelingen i de fire typer er en simplificering, og forudsætter en skarp afgrænsning mellem bedriftstyperne, der ikke ses i de faktiske bedrifter, hvor der sker udveksling af foder og husdyrgødning mellem bedriftstyper. I analysen er hele arealet med foderproduktion i Danmark, såvel som al husdyrgødning og emissionen herfra, knyttet til husdyrtypen. Baseret på arealet i Kristensen et al. (2020) på henholdsvis konventionelle og økologiske driftstyper er der beregnet et arealvægtet gennemsnit for Danmark.

Der er ikke i de af Kristensen et al. (2020) anvendte studier indregnet effekter af teknologier som f.eks. biogas og andre gødningsteknologier på emissionen fra husdyrgødning. Produktionsomfang og -areal er i indeværende notat fra Danmarks Statistik (DS, <https://www.statistikbanken.dk>) seneste opgjorte år, 2019 eller 2020. Kulstof i jord er ikke indregnet i balancerne.

Herunder er en kort beskrivelse af typerne, se nærmere i Kristensen et al. (2020):

Malkekvæg

Mælkeproduktion med køer og tilhørende opdræt af kalve og kvier, men ikke kødproduktion fra tyre, baseret på data fra perioden fra 2011 til 2019/20, inkl. areal til den foderproduktion der er i Danmark. Produktionen er udtrykt som kg energikorrigeret mælk (EKM), men herudover er der en kødproduktion fra slagtede kvier og køer. Den totale mælkeproduktion i Danmark var i 2019 på 5.693 mio. kg (DS), der antages at kunne sammenlignes direkte til kg EKM.

Svinebrug

Svineproduktion med sohold, smågrise og slagtesvin og tilhørende areal til den foderproduktion der er i Danmark. Den danske svineproduktion er reelt en kombination af slagtesvin (16,3 mio.) og eksport af smågrise (15 mio. stk.). For at estimere effekten, er smågrise konverteret til slagtesvin ud fra, at 1/3 af emissionen i hele produktionskæden fra so til slagtesvin kommer fra so og smågrise (Dorca-Preda et al., 2021). Det giver en korrigeret produktion på 21,3 mio. stk. slagtesvin á 114 kg, svarende til 2.423 mio. kg.

Planteavl

Bedrifter uden, eller med et meget begrænset husdyrhold i forhold til arealet.

Andre husdyr

Er her beregnet som "det, der ikke er malkekvæg, svinebrug eller planteavl", dvs. her er der fjerkræ, ammekvæg, slagtekalve fra mælkekvæg, får, heste mv. Modsat de to øvrige husdyrtyper vil der her også være arealer, hvor afgrødeproduktionen sælges.

Areal

Det samlede landbrugs- og gartneriareal i 2020 er opgjort til 2.635 tha. Heraf er 132 tha gartneri, juletræer og brak mv., som ikke indgår i arealet bag de fire driftstyper, hvorfor det samlede areal i analysen er 2.503 tha. Det stemmer overens med arealet i Kristensen et al. (2020) – Tabel 3.1, hvor der også er en fordeling på driftsgrene inden for henholdsvis konventionel og økologi.

Arealet tilknyttet driftsgrenene malkekvæg og svineproduktion er baseret på produktionen af henholdsvis mælk og svinekød, som angivet i ovenstående, mens arealet til planteavl er baseret på fordeling i Kristensen et al. (2020) og udgør 24% af det samlede konventionelle og 20% af det samlede økologiske areal, i alt 595 tha. Arealet med andre husdyr er herefter beregnet som en difference mellem det samlede areal og areal tilknyttet planteavl, malkekvæg og svinebrug.

Emissioner

Emissionen af drivhusgasser fra Kristensen et al. (2020) er vægtet med arealet med henholdsvis konventionel og økologisk produktion i hver af driftstyperne, og er beregnet til 10.144 kg CO₂ ækv. pr. ha for kvæg og 5.669, 2.590 og 1.632 kg CO₂ ækv. pr. ha for henholdsvis svin, andre husdyr og planteavl. I emissionerne fra Kristensen et al. (2020) indgår den nationale emission fra landbruget og emission fra forbrug af energi i landbruget. Der er ikke indregnet effekten af dyrkning på eventuelle ændringer i jordens indhold af kulstof eller af afledte effekter som fx regnskovsrydning.

Reduktioner i dyreholdet

Reduktionen med 10% er sket på arealbasis for de tre kategorier – malkekvæg, svinebrug og andre husdyr – hvorefter arealet på planteavl er øget tilsvarende, idet det samlede landbrugsareal er antaget uændret.

Resultater

Tabel 2. Udledningen af drivhusgasser fra landbrugets driftsgrene – inkl. energiforbruget – ved nuværende drift (Kristensen et al., 2020) og ved 10% reduktion i husdyrholdet.

	Malkekvæg	Svinebrug	Andre husdyr	Planteavl	DK, total
Nuværende drift					
Ha, 1000	505	786	617	595	2.503
CO ₂ ækv., kg pr ha	10.144	5.669	2.590	1.632	4.853
CO ₂ ækv. i alt, mio. t	5,12	4,46	1,60	0,97	12,1
% af total	42	37	13	8	
Effekt ved 10 % reduktion i husdyrhold					
Ha, 1000	455	707	555	786	2.503
CO ₂ ækv. i alt, mio. t	4,61	4,01	1,44	1,28	11,3
% af total	41	35	13	11	

Beregningerne viser for den nuværende drift en samlet emission på 12,1 mio. t CO₂ ækv., hvilket er i fin overensstemmelse med den nationale emission fra landbruget på 11,0 mio. t CO₂ ækv., idet der ud fra Kristensen et al. (2020) også er et skønnet bidrag fra energi på tværs af de 4 driftstyper på 10-15% af den nationale emission fra landbruget. Bedriftstyperne malkekvæg og svin med tilhørende foderproduktion udgør samlet 79% af emissionen og anvender 52% af landbrugsarealet.

Ved en reduktion i husdyrholdet på 10% vil emissionen blive reduceret fra 12,1 mio t CO₂ ækv til 11,3 mio t CO₂ ækv, svarende til 6,6%. Andelen af emissionen fra planteavl vil stige fra 8% til 11%.

Diskussion

Sikkerhed på data

Kristensen et al. (2020) konkluderede, at brug af estimaterne til scenarieanalyser er problematisk i forhold til omlægning fra konventionel til økologisk produktion. I nærværende notat er de anvendt til at belyse effekten af en reduktion i husdyrholdet. Det betyder at den vigtigste gruppering er mellem husdyr og planteavl, som skønnes at være mere sikker end den mere detaljerede opdeling i den oprindelige version. Der er dog stadigvæk usikkerhed knyttet til om data er repræsentative. F.eks. er emissionsestimaterne for planteavl i Kristensen et al. (2020) kun baseret på nogle få udvalgte afgrøder, primært korn, mens planteavl i nærværende notat, vil have en betydelig andel af mere specialiserede planteavlsafgrøder som raps, kartofler, sukkerroer og frøgræs - afgrøder der ikke direkte anvendes til foder. Disse afgrøder udgør 370 tha i Danmark (DS) og dermed 2/3 af arealet i typen planteavl.

Den samlede emissionen beregnet for hele landbruget er i god overensstemmelse med Nielsen et al. (2020), mens emissionen fra gruppen "andre husdyr" er påvirket af sikkerheden på de øvrige grupper, da den er beregnet som en differens.

Import

Ud over den nationale emission er der en emission knyttet til den direkte produktion og transport af importeret foder og handelsgødning, som ud fra Kristensen et al. (2020) kan estimeres til 14% af den estimerede nationale emission for kvæg, 19% for svin og 4% for planteavl, og er antaget til et gennemsnit heraf for andre husdyr, dvs. 12%. Indregnes disse emissioner fra import af foder og handelsgødning, vil det betyde at den samlede nuværende udledning bliver øget fra 12,1 til 13,9 mio. t CO₂ ækv., og ved en reduktion i husdyrholdet på 10% er beregnet en reduktion i emissionen på 7% (beregninger ikke vist).

Ovenstående estimeres en udledning ved importeret foder og handelsgødning på 1,8 mio. t CO₂ ækv. Til sammenligning vurderede Bosselmann et al. (2020) drivhusgasemissioner knyttet til dansk import af soja til 1,3 mio. t CO₂ ækv. for den direkte dyrkning, forarbejdning og transport og 6,2 mio. t CO₂ ækv., når et estimat for rydning af oprindelig vegetation indregnes.

Såfremt det importerede kraftfoder erstattes af dansk kraftfoder, vil det kræve øget areal på bekostning af andre produktioner, hvilket påvirker udledningen pr ha - dette gennemgås senere.

Frem mod 2030

Olesen et al. (2018) har beskrevet en række potentielle virkemidler til reduktion af udledningen, heraf er der ni som er målrettet husdyr - fodring og gødning - med et summeret potentiale på 1,3 mio. t CO₂ ækv. Herudover er der en række andre tiltag i forhold til afgrødedyrkningen, som forventes af kunne anvendes uanset driftstype, som f.eks. udtagning af lavbundslande og nitrifikationshæmmere til både handelsgødning og husdyrgødning. Der er således flest virkemidler, som vil kunne implementeres på husdyrbrug, og dermed kan effekten af en reduktion i husdyrproduktionen forventes reduceret i takt med disse virkemidlers implementering.

Øget reduktion i husdyr

I beregningerne er det forudsat, at det er gennemsnitlige husdyrbrug, der ophører med husdyr, og tilsvarende er det antaget, at det øgede areal med planteavl har en afgrødesammensætning svarende til det

nuværende. Begge forhold vil næppe være realistiske selv ved en reduktion i husdyrholdet på 10% og kan forstærkes ved yderligere reduktion.

Det er velkendt, at der er en variation mellem bedrifter, og Kristensen et al. (2011) fandt således en forskel på 20% i emissionen pr. kg mælk mellem de 25% af bedrifterne med lavest og de 25% af bedrifterne med højest klimapåvirkning. Det vil derfor påvirke raten af emissionsreduktion, hvilke bedrifter der udtages først.

Lækage

I et notat skriver Klimarådet (2018) generelt om arealanvendelse at "*uanset hvordan arealerne i fremtiden anvendes, vil der være en lækageeffekt forbundet med omlægningen af landbrugsarealer, da produktionen, der førhen fandt sted på disse jorder, sandsynligvis vil flyttes til udlandet, for at opretholde den samlede globale landbrugsproduktion. Dette kan være særligt problematisk, hvis produktionen flytter til lande med mindre effektive landbrug end det danske, hvorfor det således kan give anledning til højere drivhusgasudledninger, end det var tilfældet i Danmark.*". De Økonomiske Råd diskuterer også betydningen af lækage i en nylig rapport (De Økonomiske Råd, 2021), men en nærmere analyse af lækageeffekter ved reduceret husdyrhold har ikke været mulig at inddrage i nærværende notat.

Effekter af reduceret husdyrproduktion på N-udvaskning

Eriksen et al. (2020) angiver, at nitratudvaskningen er ca. 66 kg N/ha for landbrugsafgrøder i omdrift og ca. 61 kg N/ha for hele det dyrkede areal, baseret på data fra 2017.

Metode

Der er taget udgangspunkt i Olesen et al. (2020), hvor beregninger af nitratudvaskning fra rodzonen er baseret på 17 typesædskifter med forbrug af husdyr- og handelsgødning. De er herefter samlet til 4 driftsgrene, malkekvæg, svin, planteavl og andre husdyr inden for henholdsvis konventionel og økologisk produktion. Disse sædskifter har således ikke til formål at være repræsentative for den samlede areale anvendelse, jordtypefordeling og nedbør på tværs af Danmark og kan ikke umiddelbart sammenlignes med totale nationale værdier.

Baseret på arealfordeling, forbrug af handels- og husdyrgødning og den beregnede udvaskning i Olesen et al. (2020 – Tabel 8), er der i nærværende notat beregnet et arealvægtet gødningsforbrug, udvaskning og areal i Danmark som gennemsnit af konventionelle og økologiske driftstyper. Det skal bemærkes, at det samlede areal i Olesen et al. (2020) er på 2.280 tha mod 2.503 tha i Kristensen et al. (2020), som er anvendt ved beregningerne af klimagasser. Forskellen skyldes primært, at arealet med vedvarende græs (170 tha) ikke er med i Olesen et al. (2020) samt brug af data fra forskellige år i de to kilder.

Modsat data anvendt til ovenstående beregninger af effekten på emission af drivhusgasser, er datagrundlaget her driftstyper, som repræsenterer bedrifterne i praksis. Det betyder, at der på plantebedrifterne er 62 kg N pr. ha i husdyrgødning (vægtet værdi fra Olesen et al. (2020)), idet der dels er et begrænset husdyrhold, men også en tilførsel af husdyrgødning fra husdyrbedrifter. For at kunne beregne effekten af reduceret husdyrhold på tilsvarende vis som ved emission af drivhusgasser, er der derfor estimeret en effekt ved en plantebedrift uden husdyrgødning, idet husdyrgødningen er erstattet med handelsgødning under antagelse af en udnyttelse af N i husdyrgødning på 70%. Herefter er nitratudvaskning på typesædskifter for planteavl beregnet med NLES5 efter samme metode som i Olesen et al. (2020), hvorved det blev estimeret, at 2,4% af den fortrængte husdyrgødning på planteavlsbedrifterne omsættes til reduceret nitratudvaskning (Børgesen, 2021). Der er regnet med samme effekt, men med modsat fortegn, når husdyrgødning blev overført til husdyrbedrifterne. Den husdyrgødning, der fjernes fra planteavlsbedrifterne, er fordelt ligeligt pr. ha på de tre typer af husdyrbrug, og forbruget af handelsgødning herefter reduceret ved en antaget udnyttelsesgrad på 70%.

Resultater

I Tabel 3 er angivet, dels udgangspunkter for forbrug og udvaskning fra Olesen et al. (2020), og det korrigerede, når der ikke anvendes husdyrgødning på plantebrugene. Det giver et merforbrug af husdyrgødning på husdyrbrugene på 35 kg N pr. ha, hvilket medfører en reduktion i forbruget af handelsgødning på 24 kg N pr. ha. Ved den estimerede effekt på 2,4% på nitratudvaskning ved ændringer i mængden af N i husdyrgødning i stedet for N i handelsgødning er der kun en meget beskedne forskel mellem den oprindelige udvaskning fra Olesen et al. (2020) og den korrigerede udvaskning i de enkelte driftstyper.

Tabel 3. Kvælstofudvaskning samt forbrug af handels- og husdyrgødning baseret på arealvægtede værdier fra Olesen et al. (2020) ved nuværende landbrugsproduktion og den beregnede effekt ved 10% reduktion i husdyrholdet.

	Malkekvæg	Svinebrug	Andre husdyr	Planteavl	Totalt DK
Ha, 1000	499	473	485	823	2.280
Vægtede værdier fra Olesen et al (2020)					
Husdyrgødning, kg N/ha	162	106	70	62	216.077 ¹
Handelsgødning, kg N/ha	65	75	101	115	210.960 ¹
Udvaskning, kg N / ha	52	43	46	51	
Korrigerede tal (dvs. uden husdyrgødning på plantebrug)					
Husdyrgødning, kg N/ha	197	141	105	0	216.077 ¹
Handelsgødning, kg N/ha	41	51	77	157	210.960 ¹
Udvaskning, kg N / ha	53	44	47	50	49
Udvaskning, ton N	26.562	20.771	22.674	41.077	111.084
% af total	24	19	20	37	
Effekt ved 10 % reduktion i husdyrhold					
Ha, 1000	449	426	437	969	2280
Husdyrgødning, ton N	88.598	60.094	45.777	0	194.469 ¹
Handelsgødning, ton N	18.547	21.746	33.549	151.735	225.577 ¹
Udvaskning, ton N	23.906	18.694	20.407	48.349	111.355
% af total	21	17	18	43	

¹ ton i alt

Ved en reduktion i husdyrholdet på 10% stiger forbruget af handelsgødning med 14.167 ton N og husdyrgødning falder med 21.608 ton N, men der er kun en ubetydelig stigning i udvaskningen af N fra rodzonen på 271 ton N, svarende til 0,1 kg N pr. ha eller 0,2% af den samlede udvaskning.

Diskussion

Nu-situationen

Det fremgår af resultaterne, at det ikke er anvendelsen af husdyrgødning, der har en afgørende effekt på omfanget af nitratudvaskningen. Med en marginal effekt af omlægning af forbruget fra husdyrgødning til handelsgødning på 2,4% kan beregnes en reduktion på 519 tons nitrat-N (2,4% af 21.608 ton N) i udvaskning. Afgrødevalget kan dog også medføre store forskelle i nitratudvaskning, idet der kan være en variation på mellem 8 og 231 kg N/ha årligt i nitratudvaskning ved forskellige afgrødekombinationer (Børgesen et al., 2020, Tabel 4.1). I bedriftstypen Planteavl indgår kartofler og andre specialafgrøder, som giver høj nitratudvaskning, hvilket kan forklare at denne bedriftsgren i gennemsnit giver en høj nitratudvaskning. Og da denne bedriftstype udvides med 146.000 ha, overskygges reduktionen i nitratudvaskning som følge af reduceret husdyrgødningsforbrug af en stigning i udvaskningen som følge af omlægning af 51.000 ha fra

svinebedrifter og 48.000 ha "andre husdyr" med lav nitratudvaskning. Nettoresultatet beregnes således til en svag stigning på 271 ton N nitratudvaskning ved en reduktion på 10% i husdyrproduktionen.

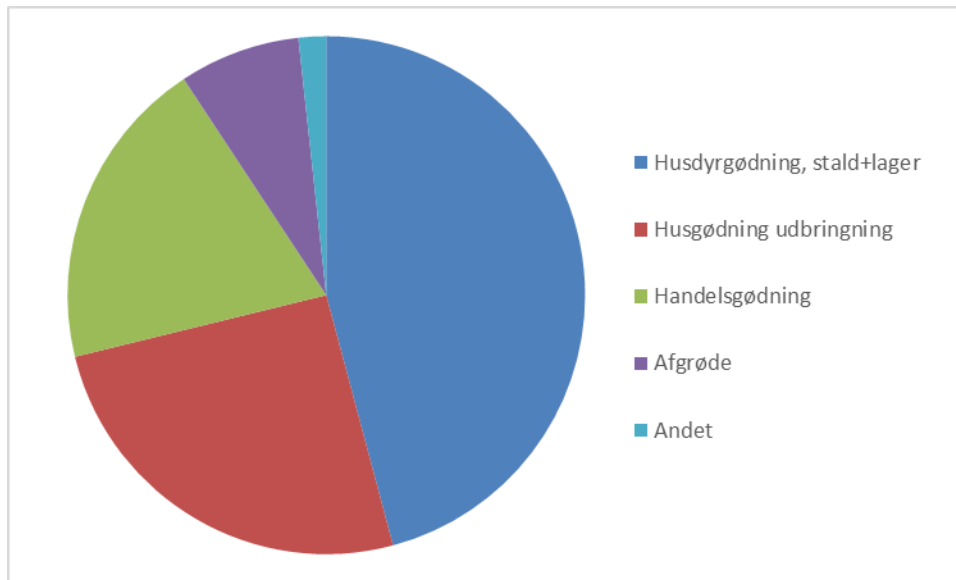
Det skal dog bemærkes, at NLES5 regner med en ret lav udvaskning fra organisk N i gødning, og andre undersøgelser har vist, at nitratudvaskningen i de første år efter tilførsel af husdyrgødning er proportional med total N tilført (de Notaris et al., 2018; Pedersen et al., 2021). Det vil kræve yderligere beregninger at vurdere betydningen heraf.

Øget reduktion i husdyrproduktionen

Ved øget reduktion af husdyrproduktionen vil det være afgørende for udviklingen i nitratudvaskning, hvilken type af planteavlsproduktion der omlægges til (som følge af de store variationer nævnt ovenfor), og i hvor høj grad der implementeres flere N-virkemidler.

Effekter af reduceret husdyrproduktion på NH_3 fordampning

I den seneste årlige opgørelse af ammoniak ($\text{NH}_3\text{-N}$) emissionen fra landbruget var der en samlet emission på 59.017 ton $\text{NH}_3\text{-N}$, hvoraf emissioner fra husdyrstalde, gødningslagre og udbringning af husdyrgødning udgjorde 2/3, som det fremgår af Figur 2.



Figur 2. Fordeling af $\text{NH}_3\text{-N}$ fra landbruget på kilder (Nielsen et al., 2021)

Ud af den totale emission fra husdyrgødning på 42.007 ton $\text{NH}_3\text{-N}$, udgjorde kvæg og svin 79% af emissionen, mens pelsdyr med 4.285 ton var den tredje største kilde. I de efterfølgende beregninger er emissionen fra husdyrholdet fratrukket sidstnævnte bidrag, da produktionen af mink ophørte i 2020.

Metode

Udledningen fra landbruget er ud fra Nielsen et al. (2021) grupperet i 4 grupper

- husdyr - emissioner fra husdyrgødning stald, lager samt udbringning og afgræsning
- handelsgødning
- voksende afgrøder
- andet - bestående af slam og afbrænding

Fordelingen af bedriftstypernes arealomfang er den samme, som anvendt ovenfor for nitratudvaskning, baseret på værdier i Olesen et al. (2020).

Emissionen på 1.018 ton i gruppen 'andet' er allokeret til plantebrug. Udledning fra afgrøderne, 4.461 ton, er fordelt ligeligt pr. ha. Emissionen fra handelsgødning er fordelt ud fra forbruget, efter korrektion for mængden af husdyrgødning, i Tabel 4. Emissionen fra husdyr er i Nielsen et al. (2021) opdelt i svin, malkekøer, andet kvæg og en række andre mindre kategorier. Emissionen fra de mindre kategorier er placeret i bedriftstypen 'andet', hvor også andet kvæg fratrasket emissionen fra kalve og kvier fra malkekøer er placeret. Andelen til kalve og kvier fra malkekøer er udregnet ud fra antal malkekøer (646.000) i forhold til samlet antal køer (725.000, hvoraf 79.000 er ammekøer) under antagelse af, at emissionen pr. opdræt er ens ved malke- og ammekøer. Den samlede emission fra kalve og kvier er 3.479 ton, hvoraf 3.062 ton er allokeret til malkekøer og resten til typen 'andet'.

Resultater

Tabel 4. Ammoniakemission fra landbruget i 2019 (Nielsen et al. 2021) fordelt på bedriftstyper baseret på Olesen et al. (2020) samt estimeret effekt ved 10% færre husdyr

	Malkekøer	Svinebrug	Andre husdyr	Planteavl	Total DK
Ha, 1000	499	473	485	823	2.280
NH ₃ -N emission, ton					
- husdyr	13.755	17.433	6.534		37.722
- andet organisk				1.018	1.018
- Handelsgødning	1.126	1.321	2.038	7.046	11.531
- Afgrøden	976	925	949	1.610	4.461
I alt	15.858	19.679	9.520	9.675	54.732
% af total	29	36	17	18	
Effekt ved 10 % reduktion i husdyrhold					
Ha, 1000	449	426	437	969	2.280
NH ₃ -N emission, ton	14.272	17.711	8.568	11.387	51.939
% af total	27	34	16	22	

I overensstemmelse med Nielsen et al. (2021) udgør emissionen fra malkekøer og svinebrug i dag hovedparten af den samlede emission, 65%. Hvis husdyrholdet reduceres med 10%, estimeres et fald i NH₃ emissionen med 5% fra 54.732 ton til 51.939, hvor planteavl så udgør 22% af den samlede emission mod 18% i udgangspunktet.

Effekter af 100% foderproduktion i Danmark

Dansk landbrug importerer i dag en betydelig andel af foderet til husdyrproduktionen. Det drejer sig især om proteinfoder (primært sojaprodukter, men også skrå fra solsikker, raps og andre olieafgrøder). Der blev således ifølge Danmarks Statistik importeret i alt ca. 2,46 mio. tons kraftfoder til Danmark med et indhold af råprotein på 1,07 mio. tons i år 2019-20, heraf var 2,07 mio. tons proteinrige oliekgær, -mel og -skrå, svarende til en nettoimport af oliekgær m.m. på 1,91 mio. tons efter reeksport på 0,16 mio. tons (DS).

Der importeres også korn, men samtidigt eksporteres en større mængde korn, således at der netto i gennemsnit af årene 2017-19 eksporteredes 0,79 mio. tons korn årligt (DS). Grovfoder (frisk græs, majsensilage og roer) er vanskeligt at transportere langt, hvorfor der kun er ganske lidt udveksling over landegrænserne.

Typer af proteinrige foderprodukter til dansk produktion

Hvis alt foder skal produceres i Danmark, kan det proteinrige foder komme fra en del forskellige kilder. Rapskær og -skrå produceres og udnyttes allerede i betydeligt omfang til både kvæg og svin (se fx Sehested et al., 2014; Frandsen et al., 2019; Vils et al. 2020), ærter har tidligere været avlet i et vist omfang til foder, og der har i de senere år været en stigende interesse for hestebønner til både kvæg og svin, idet der er fremavlet sorter, der i Danmark kan høstes tidligere og giver et højere udbytte og et højere proteinindhold end tidligere.

I de senere år er der også gennemført et stort forsknings- og udviklingsarbejde for at fremstille et protein-koncentrat baseret på ekstrakt fra grønne afgrøder (primært græs, kløver og lucerne) (Hermansen et al., 2017; Damborg et al. 2019), og proteinekstraktet har i fodringsforsøg med både svin og fjerkræ vist, at det kan erstatte soja (Vils et al. 2020; Stødkilde et al. 2021). Proteinindholdet i proteinekstraktet ligger omkring 55% (Morten Ambye-Jensen, pers. komm), hvilket er ca. 10% højere end i sojaskrå. Optimering af både græsmarksproduktion og bioraffinering er dog endnu ikke fuldt udnyttet (Jørgensen et al., 2020).

Protein fra havet er foruden traditionelt fiskemel, også mel af lineopdrættede muslinger og mel af søstjerner. Her har vi valgt at regne med muslingemel, der har et indhold af råprotein på op til 66% af tørstof, hvilket er lidt under de 71% råprotein i tørstof i fiskemel. Muslingemel fra opdræt af muslinger som N-virkemiddel (Timmermann et al., 2019) forventes at blive et kommercielt fodermiddel til fisk, svin og fjerkræ inden for en kort årrække, når producenterne har løst udfordringerne omkring forarbejdning af de friske muslinger til et tørt muslingemel med ingen eller få skaller. På baggrund af den høje råprotein-koncentration vil muslingemel næsten kunne erstatte fiskemel (Van der Heide et al., 2021). Fiskemel anvendes til især unge dyr og kan erstatte sojaskrå - især den forarbejdede sojaskrå tilegnet unge dyr.

Fodersammensætning ved 100% dansk forsyning

Det er meget usikkert, hvordan foderplaner for forskellige dyregrupper kan forventes sammensat, hvis al import af kraftfoder skal erstattes med dansk producerede fodermidler. Følgende bud på en sammensætning kan være en mulighed (Tabel 5), men vil afhænge af pris, tilgængelighed, aminosyresammensætning og proteinets vomnedbrydelighed hos kvæg.

Tabel 5. Ekspertbud på en potentiel sammensætning af proteinfoder til erstatning af importeret proteinfoder. Fra Institut for Husdyrvidenskab, AU (Svin: Nørgaard, J.V.; Kvæg: Weisbjerg, M.R; Fjerkræ: Steenfeldt, S.).

	Svin	Kvæg	Fjerkræ
Rapskage og -skrå	40	40	40
Ærter og hestebønner	30	50	35
Græsprotein	20	10	20
Muslinger	10	0	5

Fodring med dansk producerede proteinrige fodermidler kan risikere at ændre N-emissionen, hvilket vil påvirke klima, nitratudvaskning og ammoniakfordampning. Generelt har sojaskrå en høj proteinfordøjelighed og en gunstig aminosyresammensætning til anvendelse hos enmavede dyr som svin og fjerkræ. Hvis de danske fodermidler har en lavere proteinfordøjelighed end sojaskrå, skal der bruges ekstra protein. Det ekstra protein vil stort set udskilles i fæces, hvilket kan påvirke N-udvaskningen, mens N-udskillelsen i urin og dermed ammoniakfordampningen vil være stort set uændret. Hvis de danske fodermidler har en mindre gunstig aminosyresammensætning til de enmavede dyr end soja, vil der som udgangspunkt skulle anvendes mere protein i foderet, hvilket vil give større udskillelse af N i både urin og fæces. Dette kan dog imødegås ved at tildele de aminosyrer, der er i underskud i form af syntetisk fremstillede aminosyrer.

Hvis ændret proteinfodring medfører en højere udskillelse af N i gødning, vil det fra stald og lager give anledning til mere direkte udledning af lattergas og mere indirekte udledning af lattergas pga. omsætning via ammoniak (personlig medd. A.P. Adamsen.2021).

Hos drøvtyggere som kvæg er proteinets nedbrydning i vommen det mest afgørende for N-udskillelsen. Til kvæg anvendes der i forvejen en stor andel af rapsprodukter uden negativ effekt på proteinudnyttelsen. Det forventes, at med den fordeling af proteinfodermidler, der er foreslået i Tabel 5, vil N-udskillelsen fra kvæg være nogenlunde uændret. Hvis det skulle vise sig, at det ikke bliver muligt at sammensætte en ration med en tilsvarende lav proteinnedbrydning i vommen, vil N-udskillelsen i urin, og dermed også ammoniakfordampningen, stige. Mere N udskilt vil tillige påvirke klima og evt. nitratudvaskning - dog vil dette blive imødegået, hvis normtallene for husdyrgødningens indhold af N øges tilsvarende. Ærter påvirker gødningens konsistens, så den bliver mere vandholdig og klistret, hvilket kan medføre dårligere hygiejne i stierne med øget ammoniakudledning til følge (Wollenweber et al., 2002).

Disse effekter kan vi kun udtale os om kvalitativt, for det er umuligt at vide, i hvor stor udstrækning det vil lykkes at finde tilstrækkeligt gode proteinkilder, så alle dyrearter kan undgå potentielt negative effekter. Med de frivillige aftaler, der er lavet i relation til NEC-arbejdet mellem Fødevareministeriet og kvæg- og svinebrancherne for at reducere proteintildelingen til både slagtesvin og malkekøer, er foderproducenterne bundet af en ramme, så de kan formodes at bestræbe sig på at undgå øget N-tab for at kunne opfylde aftalerne.

Ifølge Callesen et al., (2020) fordeles det importerede protein med ca. 55% til svin, 35% til kvæg og 10% til øvrige (primært fjerkræ). Når det forudsættes, at der er en tilsvarende fordeling af tons kraftfoder imellem de 3 kategorier af husdyr, kan det potentielle behov for danske kraftfodermidler til at erstatte den nuvæ-

rende import anslås, som angivet i Tabel 6. Tabellen angiver også et estimat for produktionen af proteinfoder pr. ha for at beregne et arealbehov. Det samlede arealbehov ved selvforsyning med de valgte foderprodukter bliver ca. 870.000 ha på land og ca. 9.000 ha til havs til muslinger. Det er store arealer, som vil fortrænge anden planteavl. I første omgang kan fortrænges det areal, som i dag bidrager til en nettoeksport af korn, formentlig 130-140.000 ha, men derudover skal findes yderligere ca. 730.000 ha ud af det resterende landbrugsareal på ca. 2,5 mio. ha.

Det er vigtigt at bemærke, at for rapskage og -skrå er der samtidigt et olieprodukt fra processen, som bidrager til den samlede forretning, men også kræver nye markeder, hvis produktionen skaleres kraftigt op (Gylling, 2020). Tilsvarende kommer der et fiberprodukt ved bioraffinering af græs, som kan anvendes til kvægfoder, tekstil eller biogas, samt en brunsaft til fermentering eller biogas (Hermansen et al., 2017). For bælg-sæd og raps er det vigtigt at holde et fornuftigt sædskifte med mindst 4 år mellem samme afgrøde (eller afgrødegruppe) for at undgå sædskiftesygdomme, mens forhindring af ærterodråd kræver langt større tidsrum (Enkegaard et al., 2020). Ensidigt kløvergræs kan føre til kløvertræthed, formentlig som følge af stor forekomst af kløvecystenematoder.

Arealbehovet til produktion af rapskage og -skrå ved 100% selvforsyning er 480.000 ha. Hvis dertil lægges de 151.00 ha eksisterende arealer (gennemsnit af 2018-2020, DS) og de 0,63 mio. ha skal indgå i sædskifter med 4 år imellem, vil det kræve godt 2,5 mio. ha. sædskifteareal, svarende omtrent til det samlede danske omdriftsareal. Det synes derfor ikke muligt at gennemføre 100% omlægning til dansk proteinfoder med den valgte sammensætning af proteinkilder. Muslingeproduktion kræver ikke areal på land, og produktion af græsprotein har et mindre arealbehov, da der samtidigt kan fortrænges grovfoderareal (majs) ved produktionen. Disse nye proteintyper er stadig under udvikling, og opsamling af erfaring med opskalering af produktionsformerne er igangværende. Andre mulige fodersammensætninger end den her angivne, vil kræve yderligere analyser. Vi har dog i det efterfølgende gennemført analysen af den tænkte omlægnings effekt på klima og miljø, idet det kan være interessant at sammenligne de forskellige råvarers bidrag.

Tabel 6. *Potentiel sammensætning af dansk produceret proteinfoder svarende til nuværende import og arealbehovet i Danmark til produktionen*

	Andel af forbruget, %	Foderbehov mio. tons	Foderudbytte ton per ha	Arealbehov til produktion (ha)
Rapskage og -skrå	40	0,99	2,1 ¹	480.000
Ærter og hestebøn- ner	35	0,86	4,3 ²	200.000
Græsprotein	20	0,49	1,3 ³	380.000 ⁵
Muslinger	5	0,12	13 ⁴	9.000 ⁶

¹Rapskage udgør ca. ½ af det totale frøudbytte (Gylling 2020), som i gns. af 2019 og 2020 var 4,1 tons/ha

²Gennemsnit for de to afgrøder i 2019 og 2020 (DS)

³baseret på 0,72 ton/ha proteinudbytte i koncentrat med 55% protein

⁴Baseret på et gns. muslingeudbytte på 159 ton/ha, en kødprocent på 47% og 17,8% tørstof i kødet (Bruhn et al., 2020; Taylor et al., 2019)

⁵Det antages, at halvdelen af arealet skal nyetableres, mens halvdelen kan udnyttes fra eksisterende græsarealer, idet fiberfraktionen fortsat kan fodres til kvæg. Det er de 190.000 ha nyetablerede græsarealer, der regnes på i det følgende

⁶Areal til havs

Effekter på klima og miljø

Det er for beregninger af effekter på klima og miljø (Tabel 7) antaget, at dyrkning af mere raps, hestebønner og ærter sker ved erstatning af korn, som vil kunne importeres i det omfang der bliver behov. Dette skifte antages ikke at medføre væsentlige effekter på jordens kulstofindhold for disse enårige afgrøder, hvis halmhåndteringen er den samme som i de erstattede afgrøder. Til gengæld er der forskelle i tilførsel af N-gødning til afgrøderne – specielt markant for bælgseedsafgrøderne, som slet ikke skal tilføres N. Øget dyrkning af kløvergræs er antaget at erstatte vinterhvede på lerjord og majs på sandjord. Græsfiber fra bioraffinering af græs kan benyttes som grovfoder til erstatning for majsensilage. Omlægning til kløvergræs medfører kulstoflagring i jorden og kun mindre ændringer i lattergasemission, som i Olesen et al. (2016) er samlet i én værdi for drivhusgaseffekten.

Nitratudvaskningen er beregnet til at stige svagt ved omlægning til raps og bælgsead, mens den falder kraftigt ved omlægning til kløvergræs. Det skal dog bemærkes, at der ved omlægning af kløvergræs kan frigives meget N, som kræver omhyggelig genetablering af græs, eller brug af efterafgrøder (Eriksen et al., 2020). Muslinger optager N ved deres vækst i vandet og bidrager således til N-fjernelse, som i Tabel 7 er omregnet til en ækvivalent værdi for udvaskning fra rodzonen fra et landbrugsareal. Ammoniakfordampningen beregnes at ville stige ved omlægning til raps og kløvergræs som følge af øget N-gødskning og falde ved bortfald af gødskning til bælgseedsafgrøderne. Vi er ikke bekendt med, at muslingeproduktion vil påvirke ammoniakfordampning.

Tabel 7. Ændring i drivhusgasemissioner, nitratudvaskning og ammoniakfordampning ved øget produktion af proteinfoder i Danmark i stedet for produktion af korn og majs

	Ændret lattergas ved ændret gødskning ¹ (kg CO ₂ -ækv./ha)	Ændret lattergas som følge af ændret nitratudvaskning ² (kg CO ₂ -ækv./ha)	Samlet ændring i drivhusgas-emission (kg CO ₂ -ækv./ha)	Ændret nitratudvaskning (kg N/ha)	Ændret ammoniakfordampning (kg N/ha) ⁷
Rapskage og -skrå	184	30	210	14 ⁵	2
Ærter og hestebønner	-797	21	-780	10 ⁵	-8
Græsprotein	-	-	-2.230 ³	-66 ³	1 ⁸
Muslinger	-	-	-1.220 ⁴	-286 ⁶	-

¹ Gennemsnit af N-normer over jordtyper ved skifte fra vinterhvede og vårbyg til proteinafgrøder (N-gødskning til afgrøder - N-normer 2020, www.lbst.dk). Emissionsfaktor for lattergas på 1% af tilført N og klimaeffekt af lattergas på 298 gange CO₂

² Gns. af målte og prædikerede værdier for nitratudvaskning for afgrøder efterfulgt af dels vintersæd, dels efterafgrøder i Børgesen et al. (2020) tabel 4.1. Emissionsfaktor på 0,46% af udvasket N og klimaeffekt af lattergas på 298 gange CO₂

³ Samlet beregning for kulstof i jord og lattergas i Olesen et al. (2016). Antaget at kløvergræs gødet med 240 kg N/ha erstatter hvede på lerjord og majs på sandjord - halvt af hver

⁴ Opgørelsen af klimaeffekten for muslingeproduktion stammer fra Klimapartnerskabet for Fødevare- og Landbrugssektoren (2020), der angiver, at der bindes ca. 45 kg kulstof pr. ton muslinger. Dette kan omregnes til 162 kg CO₂. Kulstofbinding i muslinger står ikke på FNs liste over tiltag/udviklinger, der medregnes i drivhusgasopgørelsen. Dette betyder også, at det ikke medregnes i Energistyrelsens opgørelse af CO₂-udledninger, hverken nu eller i nær fremtid

⁵ Gns. af målte og prædikterede værdier for nitratudvaskning for afgrøder efterfulgt af dels vintersæd, dels efterafgrøder i Børgesen et al. (2020) tabel 4.1

⁶ Ækvivalent til ændret kg nitratudvaskning fra rodzonen pr. ton foder DM beregnet ved antagelse om 70% retention. Data fra Buer et al. (2020)

⁷ Den gennemsnitlige emission fra handelsgødning, vægtet i forhold til sammensætningen af gødningstyper anvendt i 2019, er 4,8%

⁸ For ammoniakfordampning fra voksende afgrøder skelnes mellem græsafgrøder (0,5 kg NH₃-N/ha) og alle andre afgrøder (2 kg NH₃-N/ha).

Samlede effekter

Herefter kan de samlede effekter ved omlægning til øget dansk proteinproduktion beregnes ved kombination af arealomfang (Tabel 6) og effekter pr. ha (Tabel 7). Det skal gentages, at et totalt stop for foderimport vil kræve så stort ekstra arealforbrug i Danmark, at det vil være vanskeligt at gennemføre. Det skal også understreges, at muslingeproduktion ikke indregnes i landbrugets officielle emissionsopgørelse, og at der for græsproduktion er indregnet effekt af kulstoflagring i jorden. Der beregnes reduceret samlet effekt af de fire foderproduktioner på alle tre miljø- og klimaparametre, men det er forskellige bidrag fra de enkelte fodertyper (Tabel 9). Øget rapsdyrkning beregnes at øge emissionerne på alle tre parametre, mens de andre tre fodertyper reducerer emissionerne på to parametre hver. Den samlede effekt er således meget afhængig af sammensætningen af fodervalget, men også af hvilke afgrøder der erstattes ved udvidelse af foderarealet, såvel i denne analyse som ved evt. fremtidige tiltag. Dertil kommer naturligvis en økonomisk analyse, som kan vise, hvor omkostningstunge eller billige de forskellige reduktioner vil være.

Tabel 9. Samlede effekter på drivhusgasemissioner, nitratudvaskning (fra rodzonen) og ammoniakfordampning ved øget produktion af proteinfoder i Danmark og fortrængning af korn og majs (detaljerede forudsætninger i tabel 6-8)

	Total ændring i drivhusgas-emission (mio. ton CO ₂ -ækv)	Total ændring i nitratudvaskning (1000 ton N)	Total ændring i ammoniak-fordampning (ton NH ₃ -N) ⁷
Rapskage og -skrå	0,10	6,6	910
Ærter og hestebønner	-0,16	2,0	-1.660
Græsprotein	-0,42	-12,4	220
Muslinger	-0,01	-2,7	
Samlet effekt for 4 fodertyper	-0,48	-6,5	-530

Estimaterne i Tabel 2 viser, at der i dag er ca. 595.000 ha med planteavl, som ikke direkte understøtter husdyrholdet. Det er ca. 180.000 ha mindre end det areal, der er estimeret til yderligere foderproduktion

ved 100% selvforsyning (775.000 ha, idet 95.000 ha grovfoderareal (majs), som overgår til kløvergræs, er fraregnet – se Tabel 6). En fastholdelse af husdyrholdet vil derfor ikke være mulig samtidig med 100% selvforsyning. En væsentlig forøgelse af selvforsyningen vil endvidere have store konsekvenser for de nuværende mere specialiserede planteavlsproduktioner såsom kartofler, frøgræs og grønsager.

Det kan således være rimeligt i første omgang alene at vurdere effekten af 10% erstatning af importeret foder med dansk produceret, idet de beregnede effekter er mere sandsynlige ved en mindre ændring, som kan ske uden at ændre radikalt på hele landbrugssystemet. I Tabel 10 er således vist effekterne af 10% reduktion af husdyrbestanden og effekterne af 10% reduktion i importen af foder. Den sammenligning viser markant højere effekter ved reduktion i husdyrholdet end ved øget selvforsyning med foder på den danske emission af klimagasser og ammoniak, mens der for nitratudvaskning er størst effekt ved øget selvforsyning med foder. Ved 10% ændring i husdyrhold og foderproduktion vurderer vi, at effekterne vil være tilnærmelsesvist additive, mens der vil kunne opstå komplekse vekselvirkninger ved større ændringer.

***Tabel 10.** Samlede effekter ved 10% reduktion i husdyrproduktion (ved uændret foderimport) og ved 10% reduktion i foderimport*

	Total ændring i drivhusgasemission (mio. ton CO ₂ -ækv)	Total ændring i nitratudvaskning (1000 ton N)	Total ændring i ammoniakfordampning (ton NH ₃ -N)
Reduktion i husdyrproduktion med 10%	-0,80	0,3	-2.793
Reduktion i foderimport med 10%	-0,048	-0,65	-53

Afsluttende bemærkninger

Det skal bemærkes, at beregningen for effekt af reduktion af husdyrhold og tilsvarende øgning af arealet til planteproduktion er baseret på de nuværende estimerede emissioner for de forskellige produktionsgrene. En ændring i disse emissioner som følge af brug af nye virkemidler, som f.eks. brug af metanreducerende foderadditiver hos kvæg, forbedret kvælstofudnyttelse hos svin eller brug af nitrifikationshæmmere i marken, vil reducere netto-effekten afhængig af, hvilke virkemidler, der tages i brug og deres indbyrdes relative effekt.

Der gøres desuden opmærksom på, at nærværende notat ikke tager stilling til en række andre forhold vedrørende en reduceret husdyrproduktion i Danmark, såsom effekter på beskæftigelse og bosætning i landdistrikterne, globale effekter af en reduktion, herunder lækage og tidsperspektivet i en omlægning af produktionsgrene.

Det har ikke været muligt inden for den korte tidsfrist for bestillingen at analysere de ønskede samspil mellem øget grad af reduktion i husdyrproduktionen og selvforsyning med foder. Der er dog også tale om meget komplekse samspil i et dynamisk landbrugskompleks, hvor usikkerheden på meget specifikke kombinationer hurtigt kan overskygge de beregnede effekter.

Referencer

- Bosselmann, A.S., Gylling, M., Callesen, G.E. (2020) Opgørelse over udledningen af drivhusgasser i forbindelse med Danmarks import af sojaskrå og palmeolie. IFRO Udredning, Nr. 2020/09.
- Bruhn, A., Flindt, M.R., Hasler, B., Krause-Jensen, D., Larsen, M.M., Maar, M., Petersen, J.K., Timmermann, K. (2020) Marine virkemidler – beskrivelse af virkemidlernes effekter og status for vidensgrundlag. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 122. - Videnskabelig rapport nr. 368.
- Buer, A.-L., Taylor, D., Bergström, P., Ritzenhofen, L., Klemmstein, A. (2020) Nitrogen and Phosphorous Content in Blue Mussels (*Mytilus* spp.) Across the Baltic Sea. *Frontiers in Marine Science* 7.
- Børgesen, C.D., Sørensen, P., Blicher-Mathiesen, G., Kristensen, K., Pullens, J.W.M., Zhao, J., Olesen, J.E. (2020) NLES5: an empirical model for predicting nitrate leaching from the root zone of agricultural land in Denmark. DCA rapport; Nr. 163, Aarhus Universitet - DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug. 120 s.
- Børgesen, C. (2021) Genberegning af nitratudvaskning fra bedriftstyper ved reduceret husdyrgødnings-anvendelse, personlig meddelelse.
- Callesen GE, Gylling, M, Bosselmann, AS. (2020). Den danske import af soja 2017 – 2018. Hvor store arealer beslaglægger den i producentlandene, og hvor stor andel af den importerede soja anvendes til svine- og mælkeproduktion? IFRO Udredning no 3, 2020.
- De Notaris, C., Rasmussen, J., Sørensen, P., & Olesen, J. E. (2018) Nitrogen leaching: A crop rotation perspective on the effect of N surplus, field management and use of catch crops. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 255, 1-11.
- De Økonomiske Råd (2021) Dansk klimapolitik frem mod 2030.
https://dors.dk/files/media/rapporter/2020/m20/diskussionoplaeg/diskussionsoplaeg_oekonomi_og_miljoe_2020_web.pdf
- Damborg, V.K., Jensen, S.K., Weisbjerg, M.R., Adamsen, A.P., Stødkilde, L. (2020) Screw-pressed fractions from green forages as animal feed. *Animal Feed Science and Technology*, 261, 114401.
- Enkegaard, A., Madsen, M.V., Jørgensen, L.N., Hartvig, P. (2020) Afgrøder hvor sædskifte er nødvendigt af hensyn til sygdomme, skadedyr og andre organismer. Nr. 2020-0155805. 23 s. okt. 26, 2020.
- Eriksen, J., Thomsen, I.K., Hoffmann, C.C., Hasler, B., Jacobsen, B.H., Baattrup-Pedersen, A., Strandberg, B., Christensen, B.T., Boelt, B., Iversen, B.V., Kronvang, B., Børgesen, C.D., Abalos Rodriguez, D., Zak, D.H., Hansen, E.M., Blicher-Mathiesen, G., Rubæk, G.H., Ørum, J.E., Rasmussen, J., Audet, J., Olesen, J.E., Elsgaard, L., Munkholm, L.J., Jørgensen, L.N., Martinsen, L., Bruus, M., Carstensen, M.V., Pedersen, M.F., Nørremark, M., Hutchings, N., Gundersen, P., Kudsk, P., Sørensen, P., Lærke, P.E., Gislum, R., van't Veen S.G.M., Larsen, S.E., Petersen, S.O., Riis, T., Jørgensen, U. (2020) Virkemidler til reduktion af kvælstofbelastningen af vandmiljøet. Aarhus: Aarhus Universitet - DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug. 454 s. (DCA rapport; Nr. 174).
- Frandsen, HB; Jensen, SK; Maribo, H; Markedal, KE; Schmidt, F; Sørensen, H; Sørensen, S; Sørensen, JC. (2019). Piglet performance and physiological effects linked to reduced glucosinolate transformations in feed

- products based on rapeseed pressed cakes. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 103, 822-835.
- Gylling, M. (2020) Fagligt grundlag for fødevareministerens besvarelse af tre spørgsmål om produktion og import af proteinfoderkager fra raps. 4 s., (IFRO Udredning; Nr. 2020/10).
- Hermansen, J.E., Jørgensen, U., Lærke, P.E., Manevski, K., Boelt, B., Jensen, S.K., Weisbjerg, M.R., Dalsgaard, T.K., Danielsen, M., Asp, T., Ambye-Jensen, M., Sørensen, C.A.G., Jensen, M.V., Gylling, M., Lindedam, J., Lübeck, M., Fog, E. (2017) Green biomass - protein production through biorefining, DCA rapport Nr. 93, p. 72 pp.
- Jørgensen, U., Kristensen, T., Jensen, S. K., & Ambye-Jensen, M. (2020) Bidrag til MOF spg. 8 i forbindelse med beslutningsforslag 15, Besvarelse Nr. 2020-0094295, 4 s.
- Klimapartnerskabet for Fødevare- og Landbrugssektoren (2020) Regeringens Klimapartnerskaber. <https://kefm.dk/media/6652/klimapartnerskab-for-fodevare-og-landbrugssektoren.pdf>
- Klimarådet (2018) Baggrundsnotat: Potentiale for reduktion af drivhusgasudslip fra jordbruget. https://www.klimaraadet.dk/da/system/files_force/downloads/baggrundsnotat
- Kristensen, T., Lehmann, J.O., Knudsen, M.T., Pedersen, B.F., Petersen, S.O., Eriksen, J., Sørensen, M.M., Gyldenkerne, S., Mikkelsen, M.H. (2020) Estimering af national klimaeffekt for omlægning til økologisk jordbrug. DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, 2020. 37 s.
- Kristensen, T., Mogensen, L., Knudsen, M.T., Hermansen, J.E. (2011) Effect of production system and farming strategy on greenhouse gas emissions from commercial dairy farms in a life cycle approach. *Livestock Science*, 140, 1-3, 136-148
- Nielsen, O.-K., Plejdrup, M.S., Winther, M., Nielsen, M., Gyldenkerne, S., Mikkelsen, M.H., Albrechtsen, R., Thomsen, M., Hjelgaard, K., Fauser, P., Bruun, H.G., Johannsen, V.K., Nord-Larsen, T., Vesterdal, L., Callesen, I., Caspersen, O.H., Scott-Bentsen, N., Rasmussen, E., Petersen, S.B., Olsen, T.M., Hansen, M.G. (2020) Denmark's National Inventory Report 2020. Emission Inventories 1990-2018 - Submitted under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy, 900 pp. Scientific Report No. 372
- Nielsen, O.-K., Plejdrup, M.S., Winther, M., Mikkelsen, M.H., Nielsen, M., Gyldenkerne, S., Fauser, P., Albrechtsen, R., Hjelgaard, K.H., Bruun, H.G., Thomsen, M. (2021) Annual Danish Informative Inventory Report to UNECE. Emission inventories from the base year of the protocols to year 2019. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy, 580 pp. Scientific Report No. 435
- Olesen, J.E., Kristensen, T., Kristensen, I.S., Børgesen, C.D., Eriksen, J., Pedersen, B.F., Kongsted, A.G. (2020) Opdatering af kvælstofudvaskning fra økologiske bedrifter. DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, 58 s. (DCA rapport; Nr. 176).
- Olesen, J.E., Petersen, S.O., Lund, P., Jørgensen, U., Kristensen, T., Elsgaard, L., Sørensen, P., Lassen, J. (2018) Virkemidler til reduktion af klimagasser i landbruget. DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, 119 s. (DCA rapport; Nr. 130)
- Olesen, J.E., Jørgensen, U., Hermansen, J.E., Petersen, S.O., Søegaard, K., Eriksen, J., Schjøning, P., Greve, M.H., Greve, M.B., Thomsen, I.K., Børgesen, C.D., Vinther, F.P. (2016). Græsdyrknings klima- og miljøeffekter. Notat Nr. 1608410. 18 s.

- Pedersen, B.N., Eriksen, J., Christensen, B.T. & Sørensen, P. (2021) Fertilizer replacement value and leaching of nitrogen applied to spring barley in cattle deep litter: A 3-year lysimeter study. *Soil & Tillage Research* 209, 104954.
- Sehested, J., Søndergaard, E., Martinussen, H., Vestergaard, M., Weisbjerg, M.R., Jensen, S.K., Larsen, M.K., Bligaard, H.B., Raun, B.M.L. (2014) Biprodukter fra produktion af bioenergi som fodermidler til malkekøer, DCA Rapport 40, DCA Nationalt center for fødevarer og jordbrug, p. 57 pp.
- Stødkilde, L., Ambye-Jensen, M., Jensen, S.K. (2021) Protein extracted from organic grass-clover as protein source for growing pigs. *Animal Feed Science and Technology* (accepted).
- Taylor, D., Saurel, C., Nielsen, P., Petersen, J.K. (2019) Production characteristics and optimization of mussel mitigation culture. *Front. Mar. Sci.* 6 (689).
- Timmermann, K., Maar, M., Bolding, K., Larsen, J., Windolf, J., Nielsen, P., Petersen, J.K. (2019) Mussel production as a nutrient mitigation tool for improving marine water quality. *Aquacult Environ Interact* 11:191-204.
- van der Heide, M.E., Stødkilde, L., Nørgaard, J.V., Studnitz, M. (2021) The potential of locally sourced European protein sources for organic monogastric production: a review of forage crop extracts, seaweed, starfish, mussel, and insects. *Sustainability*-1097620 (accepted).
- Vils, E; Jensen, SK; Bache, JK; Vinther, J. (2020). Grønprotein, hestebønner og rapskager til slagtesvin. SEGES Svineproduktion, meddelelse nr. 1214; 28pp.
- Wollenweber, B., Poul K. Flengmark, Knud Erik Bach Knudsen, Sigurd Boisen, Jørgen E. Olesen og Jon Birger Petersen (2002) Vidensyntese Dyrkning af kvalitetsafgrøder - målrettet produktion af korn, raps og bælgscæd til foderbrug. DJF Rapport Markbrug nr. 74.