

Økologisk proteinfoder

Rådgivningsnotat fra DCA - National Center for Fødevarer og Jordbrug

Marleen van der Heide, Johannes Ravn Jørgensen, Anne Grete Kongsted

Institut for Husdyr- og Veterinærvidenskab og Institut for Agroøkologi

Datablad

Titel:	Økologisk proteinfoder
Forfattere:	Postdoc Marleen van der Heide, Institut for Husdyr- og Veterinærvidenskab, Lektor Johannes Ravn Jørgensen og Seniorforsker Anne Grete Kongsted, Institut for Agroøkologi
Fagfællebedømmelse:	Seniorforsker Troels Kristensen, Institut for Agroøkologi (Kap. 2.3, 3.2, 4.1 og 4.3) og Lektor Jan Værum Nørgaard, Institut for Husdyr- og Veterinærvidenskab (Kap 1, 2.1, 2.2, 3.1, 3.3, 4.2)
Kvalitetssikring, DCA:	Chefkonsulent Klaus Horsted, DCA Centerenheden
Rekvirent:	Landbrugsstyrelsen
Dato for bestilling/levering:	22.12.2021 / 12.01.2023
Journalnummer:	2020-0125669
Finansiering:	Besvarelsen er udarbejdet som led i "Rammeaftale om forskningsbaseret myndighedsbetjening" indgået mellem Miljøministeriet, Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri og Aarhus Universitet under ID nr. 22-H3-06 "Ydelsesaftale Husdyrproduktion 2021-2024".
Ekstern kommentering:	Nej.
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.
Citeres som:	van der Heide, M., Jørgensen, J.R., Kongsted, A.G. 2023. Økologisk proteinfoder. 42 sider. Rådgivningsnotat fra DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Aarhus Universitet, leveret: 12. januar 2023.
Rådgivning fra DCA:	Læs mere på https://dca.au.dk/raadgivning/

Indholdsfortegnelse

Sammendrag	4
Summary.....	6
1. Baggrund.....	8
1.1. <i>Hvad går bestillingen ud på.....</i>	<i>8</i>
1.2. <i>Problemstilling.....</i>	<i>8</i>
1.3. <i>Besvarelse.....</i>	<i>9</i>
2. Proteinkilder til økologiske husdyr	11
2.1. <i>Dyrenes proteinbehov.....</i>	<i>11</i>
2.2. <i>Kvalitet af proteinrige råvarer.....</i>	<i>12</i>
2.3. <i>Dyrkning og høst af proteinkilder.....</i>	<i>14</i>
3. Dyrkning, forbrug og næringsstofforsyning proteinkilder i 2021	16
3.1. <i>Forbrug økologiske og ikke-økologiske proteinkilder</i>	<i>16</i>
3.2. <i>Dyrkningspotentiale af økologiske afgrøder i Danmark.....</i>	<i>18</i>
3.3. <i>Kvantitativ og kvalitativ forsyning med dyrkede økologiske afgrøder</i>	<i>20</i>
3.3.1. <i>Kvalitativ forsyning med dyrkede afgrøder</i>	<i>20</i>
3.3.2. <i>Kvantitativ forsyning med dyrkede afgrøder</i>	<i>23</i>
4. Fremtidigt potentiale.....	27
4.1. <i>Øget hjemmemarkedsproduktion.....</i>	<i>27</i>
4.2. <i>Alternative kilder til proteinforsyning.....</i>	<i>28</i>
4.2.1. <i>Insekter.....</i>	<i>28</i>
4.2.2. <i>Blå proteinkilde.....</i>	<i>30</i>
4.2.3. <i>Single cell protein.....</i>	<i>31</i>
4.2.4. <i>Andet</i>	<i>32</i>
4.2.5. <i>Bioraffinering (grønt protein/græsprotein)</i>	<i>32</i>
4.3. <i>Grovfoder og fouragering.....</i>	<i>33</i>
5. Referencer.....	36

Sammendrag

Bælgplanter som hestebønner, ært og lupin kan med fordel dyrkes som økologisk proteinfoder i Danmark. De er som andre bælgædsarter kvælstoffikserende og kræver dermed mindre gødningstilførsel, har et højt proteinindhold og er relativt dyrkningssikre med et relativt højt frøudbytte. En øget andel af det dyrkede areal med bælgæd kan på grund af risikoen for udbyttereducerende sædskiftesygdomme primært ske på de økologiske planteavlsbrug eller ved en udvidelse af det økologiske dyrkningsareal, da udbredelse af græsmarksbælgplanter er stor på de økologiske kvægbedrifter. Sojabønner er en potentiel ny art under danske forhold med god protein- og aminosyresammensætning til enmavede husdyr, men der mangler nye tilpassede sorter før den kan bidrage som en væsentlig hjemmeavlet proteinkilde. Bioraffinering af den grønne biomasse er en potentiel ny kilde til produktion af høj kvalitetsproteiner.

Der bliver brugt ikke-økologiske majs gluten og kartoffelprotein for at imødekomme de enmavede ungdyrs næringsstofbehov. Disse råvarer er især egnede til at sikre forsyningen af de svovlholdige aminosyrer (fjerkræ) og de mest begrænsede aminosyrer (smågrise). De økologiske proteinkilder, såvel dansk produceret som importeret, der oftest bruges i foderblandinger er soja, raps og solsikke kage, ærter, græsprotein og hestebønner. Kvalitativ sammenligning af næringsstofindhold mellem de økologiske og ikke-økologiske proteinkilder viser, at cystein og især methionin begrænser erstatningsgraden (erstatningspotentiale af ikke-økologiske råvarer med økologiske råvarer) til fjerkræ, og treonin, tryptofan og lysin begrænser erstatningsgraden til grise. Der skal ofte bruges en del mere af de økologiske afgrøder for at sikre forsyningen med en tilsvarende mængde af de mest begrænsede aminosyrer. Derudover hæmmer antinutritionelle faktorer ofte fordøjeligheden og er dermed en udfordring for at øge inklusionen af økologiske proteinkilder. Aminosyreindhold og antinutritionelle faktorer begrænser også inklusionen af bælgplanter. Der er lavet beregninger for at estimere den nødvendige mængde af potentielle afgrøder ved forskellige inklusionsniveauer til unge enmavede dyr. Det er dog svært at vurdere om dansk producerede økologiske afgrøder kan forsyne bestanden af økologiske husdyr fordi man for nuværende kun anvender en del af de dyrkede afgrøder til unge økologiske enmavede husdyr, og der er en vis usikkerhed i beregningen. Prisen og produktionskvantitet ligesom kvalitet vil være vigtige parametre for implementering af alternative proteinkilder. På grund af deres høje proteinindhold og aminosyresammensætning samt muligheder for at opskalere produktionen, vil insekter i fremtiden potentielt kunne forsyne en betydelig del af aminosyrebehovet. Derudover har bioraffineret grøn biomasse et stort potentiale for at kunne forsyne dyr med lokaldyrket protein. I fremtiden vil "single cell" proteiner potentielt være interessant. Dette kræver dog yderligere udvikling såvel i forhold til tilgængelighed af næringsstoffer som i en reduktion af produktionsomkostningerne.

Generelt er der sparsom viden om grovfoderets potentielle ernæringsmæssige værdi til enmavede dyr, men grovfoder som eksempelvis kløvergræs og lucerne (frisk eller ensileret) skønnes at kunne udgøre et betydeligt bidrag til enmavede dyrs daglige lysin- og methioninforsyning, men kun i meget begrænset omfang til unge dyr i den tidlige vækstfase. For grise og kyllinger i vækst samt æglæggende høner kan

store mængder grovfoder udfordre tilvæksten og ægproduktionen. Yderligere kan den praktiske håndtering på bedrifterne udgøre en udfordring både i forhold til at sikre høj grovfoderkvalitet (ensileringsproces) og tildele store mængder grovfoder. Bidraget fra direkte fouragering i udearealet er især relevant i ekstensive systemer, hvor dyrene har adgang til store fourageringsarealer i små flokke. Her vurderes fouragering af animalske fødekilder potentielt at kunne bidrage betydeligt til dyrenes lysin og methioninbehov.

Summary

Leguminous plants such as faba, field pea and lupine are well adapted as a source for organic produced protein feed. They are nitrogen-fixing plants and thus require less fertilizer input, have a high protein content and produce a relative stable seed yield. Due to the risk of yield-reducing pathogens that cause soil-borne diseases, an increased proportion of the cultivated area with leguminous seed can primarily be done on organic arable farms or by expanding the area cultivated organically, as the acreage with grassland including legumes is large on organic cattle farms. Soybean is a potential new species with a good protein and amino acid composition for monogastric livestock, but new adapted varieties are needed before it can contribute as a significant homegrown protein source. Biorefining of the green biomass is a potential new source to produce high-quality proteins.

Non-organic maize gluten and potato protein are partly used in Denmark to supply required nutrients to organic young pig and poultry. These feedstuffs are especially suited to supply sulphuric amino acids (poultry) and the most limiting amino acids (piglets). In terms of organic (protein-rich) feedstuffs, both Danish produced and imported, are soja-, rapeseed- and sunflowercake as well as peas, grassprotein and faba beans mostly included in feed. Qualitative comparison of nutrients in organic and non-organic feedstuffs shows that cysteine and especially methionine limit replacement value (potential of organic feedstuffs to replace non-organic feedstuffs) for poultry, and treonin, tryptofan and lysin limit replacement value for pigs. Supply of an equal amount of the most limiting amino acids requires a higher amount of organic than non-organic feedstuff. Moreover, increased inclusion of anti-nutritional factors is limited by the negative effect of anti-nutritional factors on digestibility. Amino acid composition and anti-nutritional factors also restrict the inclusion of legumes. Calculations to estimate the required amount of the different feedstuffs for young monogastric animals have been made. However, since only part of the available harvested raw material will be available for young organic monogastric animals, and due to uncertainty in calculations, it is difficult to evaluate if supply of raw materials from the Danish market can fulfil demand. Price and quantity as well as quality are important parameters determining implementation of alternative protein feedstuffs. Insects may supply a substantial part of amino acid requirements based on their protein level and amino acid profile as well as potential to scale production. Biorefining of green biomass has potential to supply animals with locally grown protein. Finally, single cell protein may be of interest in the future. Although, this will depend on development in terms of nutrient availability and costs of production.

In general, roughage like grass clover and lucerne silage (fresh or ensiled) can contribute substantially to the lysine and methionine requirements of monogastrics, however the potential is limited in young animals in the early growth stage. Large roughage intakes may challenge daily gain in broilers and fattening pigs, and the egg production in laying hens. An additional challenge is the practical handling on the farm in relation to ensuring high quality of silage (ensiling process) and daily allocation of large amounts in the

existing systems. The below ground contribution from foraging is mainly relevant in extensive systems allowing the animals access to large foraging areas in smaller flocks.

1. Baggrund

Forfatter: Marleen van der Heide

1.1. Hvad går bestillingen ud på

Husdyr skal fodres med økologisk foder, der består af landbrugsingredienser fra økologisk produktion. Adgangen til brug af sådant ikke-økologisk proteinfoder udfases i 2027. Udviklingen på markedet i forhold til tilgængeligheden af økologisk proteinfoder skal derfor følges. Kommissionen vil senere følge op med et målrettet spørgeskema. Medlemsstaterne, herunder DK, skal årligt forelægge Kommissionen det udfyldte spørgeskema, som sammenfatter de relevante indsamlede oplysninger om tilgængeligheden af økologisk proteinfoder og om baggrunden for de tilladelser, der gives til producenter af fjerkræ og svin til at anvende ikke-økologisk proteinfoder. Landbrugsstyrelsen skal for 2022 afrapportere til Kommissionen, og ønsker at have en baseline vurdering for 2021. Fra 1. januar 2022 er muligheden for at bruge ikke-økologisk protein begrænset til ungt fjerkræ og smågrise på op til 35 kg.

1.2. Problemstilling

Der er behov for vurdering af status for anvendelse af dansk økologisk proteinfoder til økologiske dyr vedrørende 2021, estimat for 2022, samt fremtidigt potentiale og muligheder for øget anvendelse af dansk økologisk proteinfoder. Baggrunden for opgaven jf. bestillingen er: "*dels en opdatering af rapporten Dansk proteinfoder til økologiske, enmavede husdyr – faglige muligheder og udfordringer, DCA-rapport NR. 114 fra februar 2018, og dels en status for forsyningen med økologisk proteinfoder i 2021, og i hvor stor grad, der har været behov for at anvende ikke-økologisk protein under de 5% (svin og fjerkræ). Dertil en vurdering af det fremtidige potentiale for at reducere anvendelsen af ikke-økologisk protein.*

1) Status. I den opdaterede rapport skal anvendelsen af økologisk proteinfoder dyrket i Danmark vurderes (vegetabiliske fodermidler fx sojabønner, hestebønner, lupiner, raps, majs, græs mv.). Desuden ønskes omfanget af anvendelsen af økologisk fermenterede fodermidler, og ikke-økologiske animalske fodermidler vurderet. Disse spørgsmål skal bidrage til at give en status for den nuværende situation i forhold til at skaffe tilstrækkeligt med økologisk protein ikke mindst i forhold til den rette sammensætning af essentielle aminosyrer til svin og fjerkræ. Status for den nødvendige andel af ikke-økologisk vegetabilisk foder ønskes desuden vurderet. Mængden af økologisk proteinfoder, der er til rådighed, skal endvidere vurderes i forhold til, om det kan forsyne både enmavede økologiske dyr og eventuelle økologiske drøvtyggere. Der skal i vurderingen tages højde for de enkelte dyrearter. Er der særlige faktorer, der har kunnet påvirke situationen i 2021, som tørke, nedbørsoverskud, COVID19 og lignende.

2) Fremtidigt. Vurdering af potentialet for at substituere aktuelt anvendte ikke-økologiske fodermidler med lokalt dansk produceret økologisk vegetabilsk protein (potentialet for øget hjemmemarkedsproduktion), herunder eventuelle barrierer, der ikke direkte er klimarelaterede, fx strukturelle, traditionelle, og fx afsætningsmæssige. Tidsperspektivet bør også beskrives. Mulige animalske produkter/biprodukter og eventuelle andre alternative produkter som alger, gær og insekter skal også vurderes, ligesom bioraffinering og anvendelse af vådfoder, fermenteret vådfoder, proteinmæssig næringsværdi af grovfoder og fouragering på udearealer også kan inddrages. Hensynet til dyrenes alder, ædelyst og kvaliteten af de animalske og alternative produkter, kan med fordel også inddrages.”

1.3. Besvarelse

Ud fra ovenstående problemstilling er rapporten delt op i 3 kapitler. I hele rapporten fokuseres der hovedsageligt på forsyning af unge enmavede dyr (dvs. unge voksende fjerkræ og svin under 35 kg) idet inklusion af 5% ikke-økologisk protein i tørstof kun er tilladt til denne gruppe. En stigning i forbruget af økologisk protein vil nemlig kun være muligt hvis forbruget af ikke-økologisk protein til disse dyr kan nedsættes. Som følge heraf er der valgt ikke at inkludere drøvtyggere eller ældre dyr undtaget afsnit 4.3, hvor potentialet for øget anvendelse af lokalt produceret økologisk foder gennem øget forbrug af grovfoder kort diskuteres.

Kapitel 2 (Proteinkilder til økologiske husdyr) bruges for at gennemgå de i Danmark anvendte råvarer. Der blev i DCA rapport 114 fra 2018 lavet en litteraturgennemgang af de i Danmark anvendte økologiske proteinkilder i forhold til deres høst og proteinkvalitet (Steenfeldt and Damgaard-Poulsen, 2018). Derfor, vil gennemgang af de økologiske råvarer både i forhold til høst og egnethed som foder til dyr være et supplement, der forsøger at inddrage den nyeste viden.

Kapitel 3 (Dyrkning, forbrug og næringsstofforsyning proteinkilder i 2021) har som formål at besvare spørgsmål angående anvendelse af ikke-økologiske og økologiske råvarer i foder til husdyr. Dertil er der indhentet viden fra foderstoffirmaer. Der er også lavet en kvalitativ sammenligning af næringsstofforsyning mellem de økologiske proteinkilder og de ikke-økologiske proteinkilder for at vurdere deres egnethed for at opfylde dyrenes næringsstofbehov som alternativ til ikke-økologiske proteinkilder. Dyrkningspotentiale af de råvarerne, så vidt relevant i Danmark, beskrives herefter ved at tage højde for produktionsareal. Bemærk at dette er en vurdering af den **totale** potentielle dyrkede mængde. Denne viden kombineres til sidst for at lave tilnærmelsesvise beregninger på manglen (kvalitativt) i tilgængelige nødvendige (danskproducerede) økologiske afgrøder baseret på tre scenarier, der viser spredning i forbruget af afgrøder i dyrefoder i tilfældet af ingen ikke-økologiske proteinkilder.

Herefter er der skrevet et **kapitel 4 (Alternativer for proteinforsyning)** om fremtidigt potentiale til øget proteinforsyning. Dette kapitel er delt op i to dele. I første del skrives der om potentiale og barrierer til øget dyrkning. I anden del skrives der om potentiale og begrænsninger til at forsyne dyrene tilstrækkeligt med

protein ved at bruge alternative proteinkilder eller ved at inkludere næringsstofværdi fra grovfoder eller fouragering. Alternative proteinkilder bliver diskuteret i forhold til deres næringsstofværdi (der tages højde for tilgængelighed) sammenlignet med ikke-økologiske råvarer samt udfordringen i produktion og potentiale for forbrug i den nærmeste fremtid.

2. Proteinkilder til økologiske husdyr

Der bruges forskellige råvarer i foder til økologiske husdyr. I sektion 2.1. beskrives de faktorer, der påvirker en afgrødes egnethed som proteinkilde. Bagefter gennemgås de relevante proteinkilder til økologiske husdyr kort i forhold til deres egnethed som proteinkilde. Dette er en opdatering ift. DCA rapport 114 (Steenfeldt and Damgaard-Poulsen, 2018). Der fokuseres særligt på næringsstoffer, der hæmmer inklusion og *in vivo* data på inklusionsniveauer. Det understreges, at de nævnte inklusionsniveauer ofte er baseret på studier, hvor der inkluderes syntetiske aminosyrer (hvilket ikke er tilladt i økologisk foder). Denne viden kan dog bruges som indikering af maksimum/høje inklusionsniveauer. Næringsstofmæssig kvalitet af de individuelle proteinkilder vises i kapitel 3. Her beskrives også eventuelle udfordringer som opleves i praksis ved brug af proteinkilderne.

2.1. Dyrenes proteinbehov

Forfatter: Marleen van der Heide

Der er flere faktorer som bestemmer kvaliteten af protein i en råvare. Først er det sammensætning af de 20 aminosyrer, især de essentielle aminosyrer, som er byggestenene af protein. Dyr er afhængig af foderets indhold af essentielle aminosyrer, fordi de ikke selv kan danne dem. Potentiale for proteinaflejring i kroppen er afhængig af type og mængden af tilgængelige aminosyrer. Aminosyremængden og -sammensætning (forholdet mellem aminosyrer) i foder skal dække dyrenes behov for vedligeholdelse og produktion i form af tilvækst og/eller mælk, æg og reproduktion. Behovet varierer i løbet af dyrenes livs-/produktionscyclus. Mængden af aminosyre i foder svarer ikke direkte til mængden, der kan bruges til proteinaflejring. Dette afhænger af en råvares fordøjelighed; dvs. delen af næringsstof som optages hen over tarmen. Dette kan negativt påvirkes af andre næringsstoffer. Disse næringsstoffer kaldes anti-nutritionelle faktorer (ANF). Anti-nutritionelle faktorer kan også påvirke produktiviteten ved at reducere foderindtaget. Hvis den fordøjelige mængde af en eller flere essentielle aminosyrer ligger under dyrets behov kan det føre til underforsyning. I det tilfælde bliver dyrene hæmmet i produktion og der kan i værste fald opstå sundheds- og velfærdsproblemer. Endvidere kan en ubalance i foderets essentielle aminosyre lede til en øget udskillelse af kvælstof på grund af deaminering af aminosyre.

2.2. Kvalitet af proteinrige råvarer

Forfatter: Marleen van der Heide

Bølgplanter:

Hestebønner: Tannin er en ANF der binder proteiner og begrænser deres fordøjelighed og hermed inklusionen af hestebønner i foder. Tanninindholdet er lavere i zero-tannin sorter og disse sorter anbefales derfor ofte at bruge i foder. Ud over tannin kan hestebønner indeholde følgende ANF'er: glycosider, trypsin inhibitorer, raffinose family oligosakarider og resistent stivelse. Såvel næringsstoffer som ANF-koncentrationer i hestebønner varierer med sorter, sæson og dyrkningsforhold (Meng et al., 2021). De ANF'er i hestebønner påvirker fordøjeligheden negativt. Forarbejdning som varmebehandling, afskalling og iblødsætning har vist at kunne forbedre fordøjelighed af næringsstoffer i hestebønner (Furbeyre et al., 2019; Hejdysz et al., 2019a; Meng et al., 2021). Det skal nævnes at nogle af de nævnte studier også fandt en negativ effekt på foderindtag efter forarbejdning. På trods af ANF'er har studier vist et højt inklusionsniveau af hestebønner (dog med inklusion af syntetiske aminosyrer, som ikke er tilladt i økologisk husdyrproduktion) uden negativ effekt på tilvækst; Kopmels et al. (2020) inkluderede op til 15, 30 og 40 % hestebønner af forskellige sorter i startblandingen og 2 typer af vokseblandinger til kyllinger uden negative effekter på foderindtag, tilvækst eller foderudnyttelse. Endvidere er påvist, at grise kan æde op til 25% af hestebønner uden negative effekter på produktionsparametrene (Møller, 2014; Tuśnio et al., 2021). Tanniner er en af faktorerne, der ofte bliver brugt til at vurdere kvaliteten af hestebønner. Dog kunne vicine og convicine også være relevant at inddrage i vurderingen, da Nyende et al. (2022) fandt negative effekter på grisenes vækst og næringsstoffordøjelighed af en sort med et højt indhold af vicine og convicine.

Ærter: Ærter kan indeholde varierende koncentrationer af ANF'er som proteaseinhibitorer, lectiner og tanniner (Igbasan and Guenter, 1996). Effekt af forarbejdning er ikke entydigt. Nogle studier finder en stigning i råprotein og/eller aminosyrefordøjelighed eller en forbedring i produktionsparametre sandsynligvis linket til reduktion i ANF'er efter forarbejdning ved varmebehandling eller micronisering (Igbasan and Guenter, 1996; Stein and Bohlke, 2007; Hugman et al., 2021). Andre studier finder ingen effekt af ekstrudering eller varmebehandling på grisenes vækst eller råproteinfordøjelighed (Prandini et al., 2005; Hugman et al., 2021). Ærter kan inkluderes med op til 30% i foder til kyllinger (Farrell et al., 1999), og samme mængde afskallede ærter kan inkluderes i foder til høner indtil 28. uge (Laudadio and Tufarelli, 2012). Gradvis stigende inklusion af ærter fra 0 til 60% forringer smågrisenes tilvækst lineært (Stein et al., 2010). Maksimum inklusion ligger sandsynligvis omkring 36% (Stein et al., 2010). For nævnte studier indeholdt syntetiske aminosyrer.

Lupiner indeholder et højt niveau af NSP (ikke-stivelse polysakkarider) som kan påvirke tilvækst negativt ved at hæmme fordøjelighed. Høj inklusion af lupiner i foder kan forårsage våd afføring (Farrell et al., 1999; Tuśnio et al., 2020). De brugte sorter bør være lav i alkaloider, fordi toksiske alkaloider giver en bitter smag.

Hejdysz et al. (2019b) fandt en kvadratisk reduktion i tilvækst og fodereffektivitet af kyllinger ved inklusion af 5-25% lupin. Derudover fandt Farrell et al. (1999) et optimum under 10% inklusion. Ligeledes blev grisenes tilvækst mindre ved inklusion af 30% i stedet af 15% lupin (Tuśnio et al., 2020).

Olieplanter

Sojakage: Sojakage, et biprodukt fra olieudpresning, og i mindre omfang sojabønner bruges i høj grad i økologisk foder pga. af dens proteinkvalitet (aminosyresammensætning). Sojakage kan inkluderes med over 20%. Sojaprodukter indeholder trypsininhibitor som er en ANF, der hæmmer proteinfordøjeligheden. Derfor er varmebehandling vigtigt for at inaktivere det meste af trypsininhibitor (Woyengo et al., 2017). Hovedparten af den soja, der bruges i foder importeres fra lande udenfor Europa.

Solsikkekage: solsikkekage er et biprodukt af solsikkeolieproduktion efter presning. Solsikkekage er ofte helt eller delvist afskallet. Afskalningsgrad er en af de faktorer som kan påvirke solsikkekages næringsstofindhold, herunder protein- og fiberkoncentrationen, og produktets fordøjelighed (Bracher, 2019). Såvel fiber som klorogensyre begrænser tilvæksten samt foderudnyttelse og påvirker dermed maksimal inklusion af solsikkekage (Berwanger et al., 2017; Souza et al., 2020). Gradvis stigning med 6% fra 0 til 30 % viste lineær reduktion af næringsstofaflejring og en forringelse af foderudnyttelsen (kg foder pr. kg tilvækst) i hønniker (Souza et al., 2020). Ligeledes var der en lineær reduktion i tilvækst af kyllinger i vækst op til 21 dage ved inklusion af 5, 10, 12 eller 20% solsikkekage (Berwanger et al., 2017).

Rapskage: Indhold af glucosinolater og fiber er begrænsende for inklusion af rapsprodukter i foder. Et for højt indhold af glucosinolater kan reducere foderindtag og foderudnyttelse (Tybirk et al., 2006). Rapsfrøskallen er høj i fiber og indeholder tanniner. Raps indeholder en højere andel fiber som er mere resistent for fordøjelse end soja (Lannuzel et al., 2022). Rapskage er restproduktet efter udpresning af olie. Intensiteten af udpresning påvirker næringsstofkoncentration. Rapskage har en lavere fordøjelighed end sojakage sandsynligvis pga. fiber og tanniner (Kaewtapee et al., 2018). Tanniner påvirker proteinfordøjelighed negativt (Myrie et al., 2008). Rapskagens fordøjelighed i grise er lavere end sojakagens fordøjelighed (Nørgaard et al., 2012). Ofte er dobbelt-lav raps sorter brugt i foder idet de indeholder mindre mængder af glucosinolater.

I kapitel 3 beskrives (fremtidigt) potentiale af proteinkilder, der enten endnu ikke bruges i foderblandinger, eller hvis inkludering i foder er relativt nyt. Proteinkilder, der beskrives er: muslinger, søstjerner, mikroalger, gær, mikrobielt celle protein og græsprotein og insekter.

2.3. Dyrkning og høst af proteinkilder

Forfatter: Johannes Ravn Jørgensen

Der har i de senere år været en stigende interesse i økologisk produktion af bælgssæd som kilde til dansk protein til økologiske husdyr og til plantebaserede fødevarer. Der er primært tale om hestebønner, ært og lupin, men også potentialet for, under danske forhold, mindre kendte bælgplanter som sojabønner er afprøvet i forsøg. Man skelner mellem bælgssæd og græsmarksbælgplanter. Bælgssæd omfatter de arter der dyrkes til frøproduktion, og er kendetegnet ved at have store frø, og ved i modsætning til græsmarksbælgplanterne at have ringe genvækstevne efter afhugning. Bælgplanterne er særligt interessante som proteinkilde pga. frøenes høje proteinindhold og bælgplanternes evne til at fikserer kvælstof, der reducerer behovet for tilførsel af kvælstofholdig gødning.

Økologisk dyrkede hestebønnesorter har i 2021 indgået i landsforsøgene med et udbytte på ca. 3.5 t hestebønne/ha og et råproteinindhold på ca 30 procent (TS) (Landsforsøgene 2021). Forskellen i proteinindholdet mellem de 6 testede sorter har været fra 28,6 til 30,7 procent. I 2016-18 var der etableret økologiske landsforsøg med hestebønner (sortinfo.dk). Kernudbyttet i den højstydende sort Boxer var 3,6 t/ha med et proteinindhold på 28,2 procent. Københavns Universitet har fra 5-årigt markforsøg med 5 sorter i et produktionssystem med lav miljøbelastning høstet 2,7 t / ha i gennemsnit med et proteinindhold på 28 procent (Protein2Food). I de økologiske sædskiftforsøg er der i perioden fra 2015-2018 i gennemsnit høstet mellem 3.7 og 4.8 t/ha (Chiara De Notaris et al. Submitted, 2022). Til sammenligning har det gennemsnitlige udbytte af målesorten i konventionelt dyrket hestebønnesorter i landsforsøgene 2017-21 været 5,7 t/ha, med højeste udbytte i 2017 med 8,3 t/ha og laveste udbytte i den meget tørre vækstsæson 2018 med 3,2 t/ha (Landsforsøgene 2021). Der er således stor variation i det årlige høstudbytte for hestebønner. Det vurderes dog, at de økologiske landsforsøg, der inkluderer flere lokaliteter, giver robuste og retvisende tal for udbyttet.

Udbyttet af foderærter har i de økologiske landsforsøg i 2021 været ca. 4,1 t/ha med et proteinindhold på 24,3 procent, hvilket var på niveau med de opnåede udbytter i konventionelle forsøg (Landsforsøgene 2021). I landsforsøgene med konventionelt dyrket ærter har det gennemsnitlige udbytte i blandingen af målesorter i 2017-21 været 4,8 t/ha, med højeste udbytte i 2020 på 5,8 t/ha og laveste i 2021 på 4,1 t/ha. Fra 1999 til 2004 blev ærter inkluderet i de økologiske landsforsøg med et gennemsnitsudbytte på 3,1 t/ha og proteinindhold på 24,1 procent (sortinfo.dk). I et femårigt markforsøg med et produktionssystem med lav miljøbelastning ved Københavns Universitet var det gennemsnitlige høstudbytte af 4 ærtesorter 2,7 t/ha og proteinindholdet 20,7 procent (Protein2Food). I dette forsøg indgik nogle ældre lavtydende sorter. De økologiske landsforsøg vurderes at give de mest retvisende tal for udbytte af økologisk dyrkede foderærter.

Lupinudbyttet i økologisk landsforsøg var i den højstydende sort af smalbladet lupin 2,4 t/ha med et proteinindhold på 32,5 procent og 2,5 t/ha med et proteinindhold på 34,3 procent i den højstydende sort af hvid lupin (Landsforsøgene 2021). I årene 2002–04 blev der foretaget økologiske landsforsøg med smalbladet lupin (Sortino.dk). Udbyttet for den højstydende sort Bora var 3,0 t/ha med en proteinprocent på 38,5. I et femårigt markforsøg med et produktionssystem med lav miljøbelastning ved Københavns Universitet var det gennemsnitlige høstudbytte af 2 sorter af smalbladet lupin 3,3 t/ha og proteinindholdet 34,0 procent og for 2 sorter af hvid lupin 3,1 t/ha med et proteinindhold på 37 procent (Protein2Food). Udbytteresultaterne fra de økologiske landsforsøg vurderes dog pga. af flere dyrkningslokaliteter at være praksisnære og ganske retningsvisende.

Sojabønner har været dyrket i forsøg efter økologiske principper og i 2007 var udbyttet ca. 1,7 t sojabønne/ha rensset og tørret frø (Edlefsen et al., 2008; Steinfeldt & Hammershøj, 2015). I 2020 blev sojabønner til modenhed afprøvet i de økologiske landsforsøg (Landsforsøgene 2021). Her blev der i et enkelt forsøg på en fin sandblandet lerjord (JB6) høstet et udbytte på 4.2 t pr. ha. Afgrøden modnede dog meget sent og blev således først høstet den 6. november med et vandindhold på 39 procent. Økologisk dyrkning af sojabønner i Danmark er stadig på det eksperimentelle plan, da soja er en såkaldt kortdagsplante og Danmark ligger nordligt i forhold sojas normale dyrkningsområde. Der er behov for nye sorter der er tilpasset dyrkning i Danmark før vi kan forvente at soja bliver en vigtig danskdyrket proteinkilde.

3. Dyrkning, forbrug og næringsstofforsyning proteinkilder i 2021

Dette kapitel har til formål at vurdere forbrug (eventuelt omsætning) af ikke-økologiske og økologiske proteinkilder til økologisk husdyrproduktion. Endvidere gives oplysninger på dyrkningsareal af de relevante proteinkilder til økologisk husdyrproduktion i 2021/2022. Her tages der højde for eventuelle påvirkende faktorer i 2021. Ovenstående bruges for at vurdere kvalitativ og kvantitativ forsyning af økologiske husdyr med økologiske proteinkilder. Det konkluderes, at eventuelle tal, der er beregnet ved kvantitativ forsyning, ikke direkte kan bruges pga. stor usikkerhed. Der bruges i stedet en kvalitativ vurdering på sandsynligheden (lav – høj) for at en afgrøde kan bidrage til at nedsætte andelen af ikke-økologisk protein.

3.1. Forbrug økologiske og ikke-økologiske proteinkilder

Forfatter: Marleen van der Heide

For at vurdere forbrug af såvel økologiske og ikke-økologiske proteinkilder blev der indhentet oplysninger fra 2 foderstoffirmaer om deres forbrug af forskellige proteinrige råvarer. En oversigt af spredning (eller gennemsnitsinklusion) i anvendte inklusionsniveauer vises i tabel 1.

Tabel 1. Spredning/gennemsnittet i inklusion (% af foderblanding) af de forskellige foderstoffer i økologisk foder til smågrise og fjerkræ

	Smågrise	Fjerkræ
<i>Ikke-økologisk</i>		
Kartoffelprotein	<5	Minimalt
Majsgluten	-	0-4,8
<i>Økologisk</i>		
Sojaprodukter	5-22	~6
Rapsprodukter	0-10	<2
Solsikkekage	0-5	>5
Ærter	<8	
Hestebønner	<8	
Græsprotein	2-5	<1
Lupiner	-	-
<i>Andet</i>		
Fiskemel	5-15	3-8

Ikke-økologiske anvendte fodermidler, er majsgluten til fjerkræ og kartoffelprotein til grise. Foderstoffirmaer oplyser, at de fleste blandinger til ungdyr (dvs. dyrene der må have 5% ikke-økologisk protein i tørstof) skulle i 2021 indeholde ikke-økologiske råvarer for at opnå dyrenes næringsstofbehov. De kontaktede foderstoffirmaer bruger gennemsnitligt omkring 4-5% kartoffelprotein i deres blandinger. Majsgluten inklusion ligger på ca. 4% i gennemsnit. Et foderstoffirma brugte også en del ikke-økologisk rapskage.

Økologiske proteinkilder, der anvendes til økologiske husdyr, er soja, raps, solsikke, ærter, græsprotein og hestebønner. Lupiner anvendes ikke da der opleves et dårligt foderindtag ved brug i grisefoder. Økologisk soja (hovedsagelig kage og i mindre grad bønner) kommer fra importeret soja fra Kina eller Indien. Raps (kage og i mindre grad frø) bruges oftere i svine- end i fjerkræblandinger. Raps importeres ofte fra Tyskland. Til gengæld bruges solsikkekage oftere til fjerkræ end til smågrise. Solsikkekage importeres fra andre Europæiske lande. Bælgplanter (ærter og hestebønner) fra dansk produktion og delvist fra import fra Tyskland og Østeuropa bruges med op til 8% i smågriseblandinger. Græsprotein (se kapitel 4) bruges gerne op til 5% i grisefoder. En af de to foderstoffirmaer oplyser, at inklusion af græsprotein i fjerkræfoder på nuværende tidspunkt er minimalt, da der opleves klistret afføring som forurener æggene. Ligeledes bruges der næsten ingen hestebønner i foder til fjerkræ. Fiskemel er det eneste animalske proteinrige fodermiddel der bruges. Fiskemel bruges i næsten alle typer foderblandinger. Fiskemel indgår ikke i de 5% ikke-økologiske proteinkilder pr. kg TS fordi det ikke har en landbrugsmæssig oprindelse.

3.2. Dyrkningspotentiale af økologiske afgrøder i Danmark

Forfatter: Johannes Ravn Jørgensen

Det økologiske produktionsareal steg fra 310.210 ha i 2020 til 313.111 ha i 2021. Dette svarer til en stigning på 2.901 ha eller 0,9 procent. I 2021 udgjorde det indberettede økologiske produktionsareal dermed 11,8 procent af det samlede indberettede produktionsareal i Danmark mod 11,7 procent i 2020 (Landbrugsstyrelsen 2022).

Næsten halvdelen af det økologiske produktionsareal i 2021 blev anvendt til foder og grøngødning af græs, kløver, lucerne (134.852 ha) samt foder af helsæd og grønkorn (21.853 ha), mens kun godt en fjerdedel af produktionsarealet i landbruget generelt havde samme anvendelse (Landbrugsstyrelsen 2022). Derudover var der af det økologiske areal et mindre areal (95 ha) med andre foderafgrøder (fodersukkerroer og kålroer). Korn til modenhed blev dyrket på 30 procent (94.225 ha) og oliefrø på knap 2 procent (5.609 ha) af det økologiske produktionsareal.

Dyrkningen af bælgsgæd var i 2021 i høj grad økologisk med et areal på 19.938 ha svarende til 54,8 procent af det samlede indberettede areal med bælgsgæd i Danmark (tabel 2). Arealet med bælgsgæd var 5.132 ha større i 2021 i forhold til 2020 (svarende til en vækst på 36 procent) (Landbrugsstyrelsen 2022). Arealforøgelsen er primært sket for økologisk dyrkede ærter, hestebønner og sødlupin, som samlet tegner sig for en vækst på 4.700 ha.

Tabel 2. Areal med bælgsgæd indberettet i 2021 (Landbrugsstyrelsen, 2022).

Afgrøde	Samlet areal (ha)	Økologisk areal (ha)	Økologiandel (%)
Korn og bælgsgæd (over 50 % bælgsgæd)	300	289	96,4
Sojabønner	20	10	47,4
Ærter	9.581	3.618	37,8
Hestebønner	22.197	12.338	55,6
Sødlupin	2.735	2.635	96,3
Bælgsgæd, andre typer til modenhed blanding	362	358	99,1
Bælgsgæd blanding	94	90	95,8
I alt	35.288	19.338	54,8

Danmarks statistik skelner ikke mellem driftsformer (økologiske / ikke-økologisk) (tabel 3). Der er dog et forventet mindre udbytte ved økologisk dyrkning. Det forsøgsmæssige udbytte af hestebønner i de økologiske landsforsøg på 3,5 t/ha ligger dog tæt på det registrerede gennemsnitsudbytte på 3,7 t/ha i 2021 (tabel 3) (www.statistikbanken.dk/HST77). I 2020-21 var gennemsnitsudbyttet 3,9 t/ha i hestebønner. Et

kvalificeret skøn på det gennemsnitsudbytte af økologisk dyrket hestebønner er en 10% reduktion svarende til 3,5 t/ha. Det forsøgsmæssige udbytte af ærter i de økologiske landsforsøg på 4,1 t/ha ligger betydeligt over det relativt lave gennemsnitsudbytte på landsplan på 3,3 t/ha i 2021 (tabel 3) (www.statistikbanken.dk/HST77). I perioden 2017-21 var gennemsnitsudbytte for ærter 3,8 t/ha. Et kvalificeret skøn på det gennemsnitsudbytte af økologisk dyrket markært er en 10% reduktion svarende til 3,4 t/ha.

Tabel 3. Høstresultat 2017-21 (www.statistikbanken.dk/HST77)

	2017	2018	2019	2020	2021
	Markærter				
Areal (1000 hektar)	5,4	6,6	5,2	7,4	10,3
Gennemsnitsudbytte, ton pr. hektar	4,48	2,82	4,13	4,37	3,31
	Hestebønner				
Areal (1000 hektar)	..	..	..	19,2	22,1
Gennemsnitsudbytte, ton pr. hektar	..	..	..	4,13	3,7

3.3. Kvantitativ og kvalitativ forsyning med dyrkede økologiske afgrøder

Forfatter: Marleen van der Heide

I dette kapitel vurderes muligheden for at reducere forbrug af ikke-økologiske proteinkilder med dansk dyrkede afgrøder. For at besvare dette spørgsmål laves der såvel en kvalitativ som en kvantitativ vurdering af de enkelte afgrøder, hvis de skal bruges til at erstatte ikke-økologiske råvarer. Der er valgt at begrænse beregningerne til smågrise under 35 kg og ungfjerkræ (op til 30 uge), da disse dyregrupper må tildeles 5% ikke-økoprotein af det årlige tørstofindtag.

3.3.1. Kvalitativ forsyning med dyrkede afgrøder

Substituering af de anvendte ikke-økologiske proteinkilder kræver for det første, at de økologiske proteinkilder kan forsyne dyret med de næringsstoffer, som mangler ved udtagning af ikke-økologiske proteinkilder. Dette kvalitative erstatningspotentiale bliver vurderet ved at beregne erstatningsgrad af de individuelle næringsstoffer i økologiske råvarer, med andre ord, næringsstofindhold i valgte afgrøder relativt til næringsstofindhold af kartoffelprotein og majs gluten (Tabel 4 og Tabel 5). En erstatningsgrad under 100% betyder, at der skal inkluderes mere af denne økologiske afgrøde, end der skal inkluderes af ikke-økologiske proteinkilder, for at opnå samme næringsstofværdi. Værdier på råvarernes næringsstofindhold er taget fra SEGES fodermiddeltabellen (SEGES, 2022). Det skal nævnes, at værdierne er gennemsnit og at næringsstofindhold i råvarerne kan variere afhængig af høst. Derfor kan egnethed af proteinkilderne være variabel mellem og gennem år. Beregningerne er begrænset til proteinværdi såvel pr. kg og pr. kg standardiseret ilealt fordøjeligt (SID) råprotein. Jo mindre fordøjeligt råprotein er i afgrøden, jo større er forskel mellem SID råprotein og total råprotein erstatningsgraden. Inklusion af afgrøderne vil også fortynde eller koncentrere andre næringsstoffer end råprotein, og dette vil påvirke forholdene i hele blandingen. Energi er en af de vigtigste næringsstoffer, der bestemmer foderpriser og foderoptimering. Derfor er råprotein også beregnet som pr. enhed energi (FEsv). Hvis tallet er højere end erstatningsgraden af bare råprotein, er energiværdien lav, og en øget inklusion vil også påvirke inkludering af råvarer, der er høj i energikoncentration.

Majs gluten bruges mest i fjerkræblandinger. Det kan konkluderes ud fra Tabel 4, at de svovlholdige aminosyrer, især methionin, er mest begrænsende for at erstatte majs gluten. De fleste afgrøder har et lavere indhold af total svovlholdige aminosyrer end majs gluten. Methionin og cystein er ofte først begrænsende i fjerkræblandinger. Per kg råvare er det kun fiskemel som kan opnå sammenlignelige mængder af de aminosyrer, der er i majs gluten, særligt på grund af fiskemels høje proteinindhold. Kartoffelprotein er mest egnet til grise på grund af dets høje indhold af lysin. Lysin er nemlig den først-begrænsende aminosyre til grise. Erstatningsgraden af de fleste afgrøder er lavest for til lysin, threonin og tryptofan. Lysin er mest begrænsende i solsikkekegler og rapsfrø. Igen er fiskemel næringsstofmæssigt mest egnet for at erstatte kartoffelprotein.

Samlet set har dette som konsekvens, at for at erstatte majs gluten eller kartoffelprotein og stadig opfylde dyrenes næringsstoffbehov, skal der bruges en betydelig andel mere af de i tabel 3 og 4 inkluderede afgrøder. Udfordringen ved dette er, at der ofte er begrænsninger til inklusionsniveau pga. ANF'er som beskrevet i Kapitel 3. Derudover vil det være en udfordring at opfylde dyrenes behov for de mest begrænsende essentielle næringsstoffer, uden at overforsyne med andre næringsstoffer.

Tabel 4. Næringsstofindhold i økologiske afgrøder og fiskemel som erstatningsgrad (andel af næringsstofindhold) af næringsstoffer i ikke-økologisk kartoffelprotein

	pr. Enhed	% Næringsstof i kartoffelprotein								
		Kartoffelpro- tein	Rap- skage	Rapsfr ø	Sojak- age	Sojabøn- ner	Sol- sikke kage	Hestebøn- ner	Ærte r	Fiske- mel	Blå Lu- pin
<i>g/100 g råvare</i>										
Råprotein	77,4	38	23	57	48	42	32	26	90	36
SID råprotein	68,9	33	16	54	40	40	28	24	92	35
Råprot:Fesv	69,2	41	13	58	38	50	42	29	86	55
Fesv	1,12	92	185	98	125	84	76	90	104	65
<i>Aminosyrer, g/100 g råprotein</i>										
Lysin	7,89	70	76	77	77	44	80	89	95	59
Methionin	2,32	86	86	56	56	95	31	42	120	25
Cystein	1,66	150	145	84	84	108	73	87	57	57
Met+Cys	3,98	113	111	68	68	101	49	61	94	39
Treonin	6,18	71	71	62	62	60	57	60	68	56
Tryptofan	1,57	81	79	85	85	74	55	57	62	51
<i>Aminosyrer, g/100 g råvare</i>										
Lysin	6,76	27	17	43	37	18	27	25	84	24
Methionin	1,99	33	20	31	27	39	11	12	106	10
Cystein	1,42	58	33	46	40	44	25	24	50	23
Met+Cys	3,41	44	25	37	33	41	16	17	83	16
Treonin	5,30	27	16	34	30	25	19	17	60	23
<i>Tryptophan</i>	1,35	31	18	47	41	30	19	16	54	21

Tabel 5. Næringsstofindhold i økologiske afgrøder og fiskemel som erstatningsgrad (andel af næringsstofindhold) af næringsstoffer i ikke-økologisk majs gluten

	pr. Enhed	% Næringsstof i majs gluten								
		Majs gluten	Rapskage	Rapsfrø	Sojakage	Sojabønner	Solsikkekage	Hestebønner	Ærter	Fiskemel	Blå Lupin
<i>g/100 g råvare</i>										
Råprotein	59,3	50	30	74	63	55	41	34	117	47
SID råprotein	54,6	42	21	68	51	50	36	31	117	45
Råprot:Fesv	47,4	60	18	85	56	74	61	43	126	80
Fesv	1,25	83	165	87	112	75	68	81	93	58
<i>Aminosyrer, g/100 g råprotein</i>										
Lysin	1,69	325	355	360	360	207	374	414	445	276
Methionin	2,47	81	81	53	53	89	30	40	113	24
Cystein	1,78	140	135	78	78	101	68	81	53	53
Met+Cys	4,25	106	104	64	64	94	46	57	88	36
Treonin	3,39	130	130	114	114	109	103	110	124	101
Tryptofan	0,65	195	191	206	206	178	134	137	149	123
<i>Aminosyrer, g/100 g råvare</i>										
Lysin	1,11	164	105	260	226	111	164	151	513	147
Methionin	1,62	41	24	38	33	48	13	15	130	13
Cystein	1,17	71	40	56	49	54	30	30	61	28
Met+Cys	2,78	53	31	46	40	50	20	21	101	19
Treonin	2,22	66	38	82	71	58	45	40	142	54
<i>Tryptophan</i>	0,43	99	56	149	129	96	59	50	172	66

3.3.2. Kvantitativ forsyning med dyrkede afgrøder

Ud over den kvalitative forsyning afhænger forsyning med danskproducerede råvarer af den nødvendige andel af de individuelle råvarer og den mængde af afgrøde, der er til rådighed. Der er lavet tilnærmelsesvise beregninger. Teorien, metode samt antagelser og usikkerheder gennemgås nedenfor.

1. Den teoretisk nødvendige mængde afgrøde (**tabel 7**) beregnes ved at gange foderforbrug med inklusionsniveau af afgrøderne.

a. Inklusionsniveauer af råvarer: der skal/vil bruges for at forsyne alle økologiske dyr med 100% øko-protein er dynamisk og afhænger blandt andet af foderforbrug, tilgængelighed og kvalitet af råvarerne, pris af den enkelte råvare og den totale foderblanding, næringsstofforsyning fra hjemmelavede produktion og valgte begrænsninger på næringsstofindhold. Der er lavet beregninger ud fra tre scenarier:

Scenario 1. Alle blandinger til økologiske svin og fjerkræ indeholder et lavt til mellemhøjt niveau af denne råvare baseret på nuværende inklusionsniveauer.

Scenario 2: Alle blandinger til økologiske svin og fjerkræ kommer til at indeholde et mellemhøjt niveau af denne råvare imellem scenario 1 og 3.

Scenario 3: Alle blandinger til økologiske svin og fjerkræ kommer til at indeholde et højt niveau af denne råvare, der erstatter alt methionin (fjerkræ) eller lysin (svin) fra kartoffelprotein (svin; 4,5% af foder) eller majs gluten (4,3% af foder). Dette betyder jo, at mængderne ved dette scenario i nogle tilfælde er højere end de nuværende anvendte maksimummængder.

En oversigt af de valgte inklusionsniveauer ved hvert scenario findes i **tabel 6**. Tabellen skal læses således, at eksempelvis ved scenario 3 kan 18 % inklusion af hestebønner alene i grisenes foder teoretisk erstatte lysin (mest begrænsende aminosyre i grisenes fodring) fra den ikke-økologiske kartoffelprotein. Lupin er begrænset til 5% maksimum i scenario 3 og dækker således ikke den manglende lysin og methionin fuldstændigt. Det er vigtigt at have in mente (som nævnt i afsnit 3.3.1), at inklusion af de enkelte afgrøder (som erstatning for de ikke-økologiske foderkomponenter) potentielt kan udfordre foderkvaliteten som følge af en ubalanceret næringsstofsammensætning (især aminosyreprofil og totalt proteinniveau).

- b. Foderforbrug: der er ikke en central opgørelse på mængden af økologisk foder. Der findes data på produktion (mio. tons) af kvæg, svine og fjerkræfoderblandinger, men ingen opdeling mellem konventionelle og økologiske blandinger. Derfor laves følgende beregning $\sum(\text{Antal dyr} \times \text{kg foder/dyr})_i$. Hvor i = dyreart (smågrise indtil 35 kg eller fjerkræ, dvs. høns indtil 30 uger, kyllinger, hønnikeopdræt, ænder, gæs og kalkuner). Data om **antal dyr** er indhentede fra Danmarks Statistik. For at beregne antal økologiske smågrise og antal fjerkræ indenfor produktionskategorierne i 2021 blev der summeret antal økologiske smågrise (fravæning-31 kg), høns, kyllinger, slagtekyllinger, opdrætshøner konsumæg,

opdrætsløser rugeæg, kalkuner, gæs og ænder i de forskellige landsdele som opgjort i (Landbrugsstyrelsen, 2022). De summerede antal findes i **Tabel 5**. Data om **mængden af foder**, kg foder/dyr (Tabel 5), er taget fra Normtal for husdyrgødning (Børsting et al., 2021). I Normtal opgives den samlede mængde foderindtag for at producere et dyr. Data på foderindtag er ikke i alle tilfælde fra 2021, men ofte året før eller endnu året før. Foderindtag til høner opgives pr. årshøne i Normtal. Derudover er inklusion af ikke-økologisk protein ikke tilladt i hele produktionsperioden for æglæggende høner. Derfor er mængden af foder til økologiske høner beregnet som: g foder/indsat høne * % af kumulativt foderindtag indtil uge 30. Der er en vis usikkerhed hver gang der laves beregning til de individuelle dyr.

2. Mængden af den dyrkede afgrøde. Som det blev oplyst i kapitel 3.2 er der ikke data på produktionen (kg) af økologiske afgrøder, men kun data om det økologiske produktionsareal og samlede udbytte (ikke kun økologisk). I tabel 7 er der ud fra de i kapitel 3.2 nævnte produktionsarealer og skøn på udbytte (3,5 t/ha til hestebønner og 3,4 t/ha til ærter) beregnet teoretiske produktionsmængder. De beregninger er lavet til de afgrøder, der er relevant i Danmark ifølge kapitel 3.2.

Sammenligning af de ved ovenstående punkt 1 og 2 beregnede tal er ikke direkte muligt. Forskellige dyrkede afgrøder er ikke lige egnede til foder. Der kan være særlige krav i forhold til for eksempel den sort, der bruges eller i forhold til ANF-niveauer. Endvidere er beregningen på dyrkede afgrøder baseret på totalareal dvs. at afgrøden ikke kun er tilgængelig som foder. Det er svært at lave en korrektion da delen som bruges til foder eller andre mål ikke er fastlagt. Ud af den andel af dyrkede afgrøder som bruges til foder, er kun en del brugt i foder til ungdyr, resten bruges til ældre dyr, søer eller drøvtyggere. Det betyder, at der er behov for yderligere korrektioner.

Tabel 5. Beregnede antal dyr (N) og andel af total antal dyr (%) inden for dyretype i 2021 samt foderindtag pr. dyr. Data taget fra Landbrugsstyrelsen (2022)

	Foderdage	N	% Dyreart ¹	% i alt	kg/dyr
<i>Økologiske dyr, i alt²</i>		4.881.245			
Smågrise	-	239.794	49,5	4,91	33
Høns (op til 30 uge) ³	210	1.247.055	30,0	25,5	9,3
Hønnikeropdræt ⁴	119	1.070.910	25,8	21,9	5,8
Hønnikeopdræt, ruge ⁴	119	6.050	0,15	0,12	6,1
Slagtekyllinger	63	1.662.123	40,0	34,0	2,2
Kalkuner, hun ⁴	112	5.283	0,13	0,11	24
Kalkuner, han ⁴	147	277	0,01	0,01	51
Gæs ²	91	5.122	0,12	0,10	28
Ænder ²	52	149.947	3,61	3,07	10
<i>Svin i alt</i>		484.443	100,00	9,92	
<i>Fjerkræ i alt</i>		4.150.917	100,00	85,04	

¹Procent af enten svin i alt eller fjerkræ i alt

²Økologiske dyr i alt (kvæg, svin, fjerkræ) i 2021 ifølge Statistikbanken

²Beregnet som 19% af foderindtag pr. indsat høne (47,8 g/dyr)

³Data på foderindtag er ikke opgivet separat til økologisk producerede dyr.

Tabel 6. Inklusionsniveauer af afgrøde ved de 3 scenarier. Scenario 1: Lavt til mellemhøjt niveau af den pågældende afgrøde, Scenario 2: Mellemhøjt niveau af den pågældende afgrøde, Scenario 3: Fuld erstatning af ikke-økologiske foderkomponenter alene ved anvendelse af den pågældende afgrøde (undtaget lupin, hvor det maksimale inklusionsniveau er defineret til 5%)

	Scenario 1		Scenario 2		Scenario 3	
	Grise	Fjerkræ	Grise	Fjerkræ	Grise	Fjerkræ
Rapskage	5	2	12	7	18	13
Rapsfrø	2	2	19	14	35	26
Sojakage	5	6	8	9	11	12
Sojabønner	1	7	7	11	14	16
Solsikkekage	2	6	14	8	25	10
Hestebønner	7,5	0,5	13	19	18	38
Ærter	7,5	0,5	13	17	19	33
Lupin, blå	1	1	3	3	5	5

Tabel 7. Nødvendige mængder (tons)¹ af afgrøder anvendt i økologisk foderproduktion ved forskellige inklusionsniveauer i foderblandinger (se Tabel 6).

Teoretisk beregnet Høstresultat ³	Scenario 1			Scenario 2			Scenario 3		
	Svin	Fjerkræ	Total	Svin	Fjerkræ	Total	Svin	Fjerkræ	Total
Beregnet foderindtag ²	7.831	28.909	36.740	7.831	28.909	36.740	7.831	28.909	36.740
Rapskage	-	392	578	919	2.106	3.025	1.447	3.634	5.081
Rapsfrø	-	157	578	1.460	4.075	5.535	2.764	7.572	10.336
Sojakage	-	392	1.735	615	2.649	3.265	839	3.564	4.403
Sojabønner	-	78	2.024	579	3.304	3.883	1.080	4.584	5.663
Solsikkekage	-	157	1.735	1.060	2.294	3.354	1.964	2.854	4.818
Hestebønner	43.183	587	145	732	990	5.581	6.571	1.392	11.017
Ærter	12.301	587	145	732	1.030	4.871	5.901	1.473	9.597
Lupin (blå)	-	78	289	367	235	867	1.102	392	1.445

¹ Beregnet som: beregnet foderindtag * inklusionsniveau (tabel 5) / 100

² Beregnet som: Σ [antal dyr x foderindtag pr. dyr (tabel 5)]

³ Som beskrevet i teksten i punktum 2 i afsnit 3.3.2.

4. Fremtidigt potentiale

4.1. Øget hjemmemarkedsproduktion

Forfatter: Johannes Ravn Jørgensen

Bælgplanterne stiller store krav til sædskiftet, da nogle sygdomme kun kan bekæmpes via sædskiftet, som rodbrandsvampe (*Pythium spp.*) i hestebønner, ært og lupin og ærterodråd (*A. euteiches*) i ærter. Der er således store begrænsninger for hvor ofte bælgplanter kan indgå i sædskiftet og det anbefales, at der er fem frie år mellem, at der dyrkes henholdsvis hestebønner og ærter i samme mark, mens der mellem lupin og lupin og mellem de enkelte arter (f.eks. ært og hestebønner) anbefales 2 - 3 år med ikke bælgplanter (f.eks. korn). Dette gælder også i forhold til græsmarksbælgplanterne. Er problemer med sædskiftesygdomme først indtruffet, kan et langt dyrkningsophold på 12-15 år eller mere være nødvendigt. På grund af sædskiftekravene bør der således ikke være en større andel med bælgplanter på det økologiske dyrkningsareal end 25-33 procent under forudsætning af, at der dyrkes forskellige bælgplantearter.

I 2021 blev der dyrket bælgplanter på 6,2 procent af det økologiske produktionsareal (tabel 2). Ca. 43 procent af det økologiske produktionsareal blev i 2021 anvendt til foder og grøngødning af græs, kløver, lucerne. Heri indgår der antageligt græsmarksbælgplanter i det meste af arealet. På trods af at disse arealer normalt ligger som flerårige afgrøder i sædskiftet indikerer det, at der for nuværende indgår en meget høj andel af bælgplanter i det økologiske dyrkningsareal. Andelen af bælgplanter i det dyrkede areal er dog væsentlig lavere på økologiske planteavlbrug og svinebrug sammenlignet med kvægbrug (DCA-rapport 176, (Olesen et al., 2020)). Dette skyldtes at ca. 50 procent af sædskiftearealet anvendes til græs i omdrift (med græsmarksbælgplanter) på kvægbrug mod kun ca. 18 og 11 procent på hhv. planteavlbrug og svinebrug. De økologiske planteavlbrug og svinebrug har, med en andel af sædskiftearealet med oliefrø og bælgsgød på hhv. ca. 12 og 9 procent i sammenligning med kvægbrugene med ca. 3 procent, en større andel af bælgsgød. En øget hjemmemarkedsproduktion af økologisk proteinfoder fra bælgsgød vil således primært være muligt på økologiske planteavlbrug og svinebrug eller være afhængig af et øget dyrkningsareal for at undgå sædskiftesygdomme.

Bioraffinering af den grønne biomasse til produktion af højkvalitetsproteiner har været undersøgt i en række nyere projekter og potentialet er beskrevet i DCA rapport 193 (Jørgensen et al., 2021). Det konkluderes, at der er et stort potentiale for at kunne levere store udbytter af biomasse og protein med en hensigtsmæssig aminosyreprofil for rene græsser og kløvergæsblendinger, som dyrkes på omdriftsjord. Samt at de største muligheder p.t. findes inden for den økologiske sektor, hvor der er et behov for lokalt fremstillede og bæredygtige proteinkilder. Det vurderes, at det vil være muligt at producere foderprotein baseret på grøn biomasse til at dække hele proteinbehovet til den danske, økologiske grise- og fjerkræsektor.

4.2. Alternative kilder til proteinforsyning

Forfatter: Marleen van der Heide

I de seneste år er alternative proteinkilder eller alternative forarbejdningsmetoder som øger koncentrationen og tilgængelighed af protein blevet udforsket. De beskrives i følgende sektioner i forhold til deres næringsstofværdi, mulighed for inklusion i foder og udfordringer samt muligheder i forhold til produktion og tilgængelighed. Ligesom i Kapitel 2 vil næringsstofværdi sammenlignes med majs gluten og kartoffelprotein (tabel 8 og 9), da det er de ikke-økologiske proteinkilder, der forsøges erstattet. Ud over udvidelse af antallet af proteinkilder til rådighed, er der brug for at forbedre viden på, hvordan økologiske dyr er forsynet med og bruger næringsstoffer. En del af forsyningen sker via grovfoder/fouragering (4.3.) som på nuværende tidspunkt kun i begrænset omfang regnes med i dyrenes proteinforsyning.

4.2.1. Insekter

Larver af den sorte soldaterflue og melskrubbe har ofte været efterforsket som fodermiddel. Videnskabelige artikler finder generelt at op til ~10% insektemel kan bruges i såvel fjerkræ som svinefoder uden problemer (van der Heide et al., 2021). Inklusion af højere niveauer reducerer foderudnyttelsen, da kitin (en slags fiber som udgør eksoskelettet) hæmmer proteinfordøjeligheden. Det er larven af soldaterflue som hovedsageligt produceres i Danmark. Ikke-affedtede soldaterfluelarver kan indeholde op til 40% fedt, som kan være en teknisk udfordring under opbevaring og i forhold til at inkludere det i pelleteret foder. Derfor er det oplagt at bruge affedtet insektemel i foder. Data for næringsstofindhold af affedtete soldaterfluelarve (gennemsnit som publiceret i van der Heide et al. (2021), som andel af majs gluten og kartoffelprotein, er vist i tabel 8 og 9). Der er regnet med en råprotein SID koefficient på 0.81 (Crosbie et al., 2020). Sorte soldaterfluelarver kan bidrage med en betydelig mængde råprotein. Cysteinkoncentrationen er lav og dette medfører lav erstatningspotentiale af cystein i sorte soldaterfluelarver i forhold til majs gluten. Methionin erstatningsgrad er derimod højt i forhold til erstatningsgrad af hestebønner, ærter og sojaprodukter (se kapitel 3). Siden efteråret 2021 er forarbejdet animalsk protein fra insekter tilladt i svine- og fjerkræfoder (EC 2021/1372). Hvis insekter skal inkluderes som et bæredygtigt produkt, vil det være mest oplagt at fodre larverne med restprodukter/affald. Der er dog restriktioner i forhold til hvad insekter må fodres med. Derudover vil prisen og mængden af producerede insekter være vigtig for om insekter bruges som ingrediens i foder. Produktionskvantitet forventes at stige i de kommende år, da større insektproducenter planlægger at opskalere produktionen.

Tabel 8. Næringsstofindhold i alternative proteinkilder som andel af næringsstofindhold i ikke-økologisk majs gluten.

	pr. enhed % Næringsstoffer i forhold til majs gluten			
	Majs gluten	Søstjerne	Blå muslinger afskallet	Soldaterflue
<i>g/100 g</i>				
Råprotein	59,3	77	102	90
SID råprotein	54,6	58	82	79
<i>Aminosyrer, g/100 g råprotein</i>				
Lysin	1,7	334	401	343
Methionin	2,5	56	96	65
Cystein	1,8	109	85	28
Met+Cys	4,3	78	91	50
Treonin	3,4	130	123	112
Tryptofan	0,7	151	185	126
<i>Aminosyrer, g/100 g</i>				
Lysin	1,1	247	384	293
Methionin	1,6	41	92	56
Cystein	1,2	81	81	24
Met+Cys	2,8	58	88	42
Treonin	2,2	96	118	96
Tryptofan	0,4	111	177	107

Tabel 9. Næringsstofindhold i alternative proteinkilder som andel af næringsstofindhold i ikke-økologisk kartoffelprotein.

	pr. enhed % Næringsstoffer i forhold til kartoffelprotein			
	Kartoffelprotein	Søstjerne	Blåmuslinger afskallet	Soldaterflue
<i>g/100 g</i>				
Råprotein	77,4	59	78	69
SID råprotein	68,9	46	65	63
<i>Aminosyrer, g/100 g råprotein</i>				
Lysin	7,9	72	86	73
Methionin	2,3	60	102	69
Cystein	1,7	117	91	30
Met+Cys	4,0	84	98	53
Treonin	6,2	71	68	62
Tryptofan	1,6	62	76	52
<i>Aminosyrer, g/100 g</i>				
Lysin	6,8	40	63	48
Methionin	2,0	34	75	45
Cystein	1,4	66	67	20
Met+Cys	3,4	47	71	35
Treonin	5,3	40	49	40
Tryptofan	1,3	35	56	34

4.2.2. Blå proteinkilde

Alternative blå proteinkilder, dvs. proteiner fra havet, omfatter blåmuslinger og søstjerner. Nogle af de blå proteiner høstes fra naturlige vande og derfor skal der tages højde for eventuelle toksiner i vandet. Der er endnu ikke detaljerede data om indhold af toksiner i muslinger og søstjerner.

Søstjernemel: Søstjerner høstes fra områder med muslinge anlæg for at mindske muslingetab pga. predation. Således er produktionsmængden af søstjerner ikke direkte kontrolleret af menneskelig handling. Flere forsøg har vist, at søstjerner op til 5% i smågrise blandinger og med i hvert fald op til 8% i blandinger til høns, kan inkluderes uden negative effekter på tilvækst eller foderindtag. Negative effekter på tilvækst opstår som følge af høje niveauer af calcium. Dette vil begrænse tilvækst ved at blokere tilgængelighed af fosfor. Der er en vis variation i næringsstofindhold igennem året. Søstjernemel produceres allerede kommercielt og anvendes af et foderfirma som del af deres fiskemelprodukt i griseblandinger (pers. kommunikation). Søstjernemel (gennemsnitligt) kan erstatte alt cystein og en høj andel af methionin i majs gluten (Tabel 8 og 9). I forhold til at erstatte kartoffelprotein, tilfører søstjernemel en høj andel treonin og omkring lige mængde lysin som soja (se kapitel 3).

Muslingemel: Muslinger til foder kan have en af følgende oprindelser; 1. muslinger uegnet til fødevarer pga. størrelse, og 2. muslinger dyrket med målet at mindske vandeutrofiering. Muslinger vokser ved at filtrere alger og dermed bruge N og P fra vandet. En stor udfordring ved at bruge muslinger i foder, er dens skal. Muslinger skal, i hvert fald delvist, afskalles for at blive til en høj-kvalitets proteinkilde. Den mest optimale metode i forhold til at skaffe den bedste proteinkvalitet, er at afskalle ved at koge muslinger. Dette koster dog meget energi og er en dyr metode. Der er blevet efterforsket mere optimale metoder for at forarbejde muslingemel, men indtil nu er der ikke fundet en optimal metode, hvor omkostninger og produktkvalitet er balanceret. Fortyndning med aske fra skallerne reducerer proteinindholdet. Afskallet muslingemel bruges i foder til høner og kyllinger med op til 12% inklusion uden problemer i forhold til produktivitet, men de høje inklusionsniveauer giver fiskesmag til æg og sandsynligvis kød. Grise vokser som normalt ved at spise 5% muslingemel. Proteinets kvalitet i afskallet muslingemel er højt, som det ses af tabel 8 og 9, som viser en høj erstatningsgrad af aminosyrer fra muslingekød i forhold til kartoffelprotein og majs gluten.

4.2.3. Single cell protein

De encellede organismer er ikke inkluderet i tabel 8 og 9 om næringsstoffer i alternative proteinkilder. Det vurderes nemlig, at der er brug for data på dansk producerede produkter for at kunne vurdere deres egnethed som proteinkilde til det danske marked. Der vil nemlig være en vis variation i næringsstofindhold.

Mikroalger: Det er valgt ikke at inddrage makroalger/tang, fordi hverken næringsstofindhold, fordøjelighed og tilgængelighed modsvarer kravene til en proteinkilde til unge dyr. Mikroalger er encellede alger, der bruger CO₂ og sollys. Det er en mulighed at mikroalger kan dyrkes bæredygtigt på spildevand fra industrielle processer. Der er forskellige arter af mikroalger og yderligere variation i kultiveringsomstændigheder og dette vil påvirke næringsstofindholdet (Saadaoui et al., 2021). Der er tilsyneladende kun få forsøg med inklusionsniveauer over 5% (der skal være et vist inklusionsniveau, for at kunne vurdere egnethed som en proteinkilde). Et højt indhold af polysakkarider (pga. cellevægge) samt fenoler, der kan binde aminosyrer, udfordrer råprotein fordøjeligheden (Madeira et al., 2017; Saadaoui et al., 2021). Optimering af kultivering, høst (under danske forhold) og viden om og eventuel forbedring af ernæringsværdi (især i forhold til fordøjelighed) er nødvendig inden mikroalger vil kunne bruges som proteinkilde. Derudover skal de økonomiske omkostninger af hele processen tages med i evalueringen om at bruge mikroalger i husdyrproduktion.

Gærprotein: Gær, der bruges i foder, er et biprodukt af processer i bryggerier, mejerier eller bagerier. Der findes våd gær på markedet fra fremstilling af øl, insulin og spiritus (SEGES, 2022). Tørring af gæren forbedrer gær som kilde til protein, og produkter er stadig under udvikling. Næringsstofindhold er afhængig af gærens oprindelse, ekstrahering og forarbejdningsmetoder. Råprotein kan variere mellem ~38-60 g/100 g TS (Albrektsen et al., 2022), men produktudvikling kan potentielt give højere proteinkoncentrationer. Vægt, foderindtag og foderudnyttelse kunne opretholdes i smågrise efter inklusion af 3.6-14.6% *Candida utilis* gær (Cruz et al., 2019). Gærens fordøjelighed afhænger i høj grad af intakthed af cellevæggen og forarbejdning (Liu et al., 2021; Kaewtapee et al., 2022). Kvantiteten kan i teorien være betydelig, fordi gær kommer fra større industrielle processer. Det skal sikres at gær udtaget fra industrielle linjer, ikke er baseret på for eksempel kemiske solventer og GMO, for at gæren må bruges i økologisk foder.

Mikrobielt celle protein: Bakterier kan bruge metan eller andre karbonhydrid substrater til at danne mikrobielt celleprotein. Forskelle i den valgte bakterietype, fermenteringssubstratet, produktionsmetoden og metode for efterfølgende høst og forarbejdning af mikrobielt celleprotein, fører til forskelle i sammensætning (Øverland et al., 2010). Mikrobielt celleprotein har et højt proteinindhold varierende omkring ~70% råprotein (Øverland et al., 2010). En del af råproteinet udgøres af nukleinsyrer og peptidoglycan i cellevægge, hvilket kan være grunden til en noget lavere fordøjelighed af mikrobielt celleprotein i forhold til sojakoncentrat

(Øverland et al., 2010; Rønn et al., 2022). I linje med dette, blev der fundet reduceret fodereffektivitet i grise ved 10% mikrobielt celleprotein (Rønn et al., 2022). I smågrise var foderudnyttelse og tilvækst uændret efter inklusion af 0 (soja-baseret), 5, 10 eller 15 % mikrobielt celle protein (Øverland et al., 2004). Dog var der en lineær reduktion på tilvækst. Hellwing et al. (2006) observerede ingen diæt effekt på produktionsparametre i kyllinger efter inklusion af mellem 2-6% mikrobielt celleprotein.

4.2.4 *Andet*

De følgende proteinkilder er nævnt i den tidligere rapport 114. Disse råvarer bliver kun sporadisk undersøgt som proteinalternativ, da de endnu ikke er relevante som proteinkilde i danske foderblandinger.

Quinoa: Antinutritionelle faktorer i quinoa er tanniner, saponiner og protease inhibitorer (Olukosi et al., 2019). Afskalning af dansk quinoa reducerede dens saponin indhold, men resulterede i forsøg ikke til forbedring i kyllingernes tilvækst (Jacobsen et al., 1997). Ud over dette, blev en optimal inklusion på ca. 15% fundet af samme forfattere. Fodring af kyllinger med mere end 90% quinoa gav en standardiseret ileal fordøjelighed af de essentielle aminosyrer på mellem 54 (treonin) og 80,4 (arginin) % (Olukosi et al., 2019). Især quinoa bruges ofte som en højkvalitets fødevarer og derfor forventes sandsynligheden af at bruge quinoa i foder som lav.

Hampfrø op til 20% har ikke en negativ effekt på hverken tilvækst eller ægproduktion i henholdsvis høner og kyllinger (Silversides and Lefrancois, 2005; Eriksson and Wall, 2012; Gakhar et al., 2012). Endvidere har hamp en god ileal fordøjelighed på 83,7% i kyllinger (Presto et al., 2011).

Esparcette frø indeholder tanniner (Seoni et al., 2021). Mellem 10-16% afskallet esparcettefrø havde ingen effekt på restriktivt fodrede økologiske smågrises tilvækst (Baldinger et al., 2016). I et dosisrespons studie med 0 til 15% esparcette frø kunne hangrise over 20 kg vedligeholde deres foderindtag, tilvækst og fodereffektivitet (Seoni et al., 2021). Det skal nævnes, at i begge studier steg inklusionen af soja-kage og kartoffelprotein ved øget inklusion af esparcette. Dette kan pege på, at næringsstofsammensætningen af esparcette ikke er ideel til at erstatte høj-kvalitets ikke-økologiske proteinkilder.

4.2.5 *Bioraffinering (grønt protein/græsprotein)*

Der henvises til DCA rapport 193 (Jørgensen et al., 2021) hvor der er lavet en detaljeret gennemgang af bioraffinering af græsafgrøder (se endvidere afsnit 4.1).

4.3. Grovfoder og fouragering

Forfatter: Anne-Grete Kongsted

Grovfoder

Ifølge økologireglerne skal alle økologiske grise og fjerkræ have adgang til grovfoder i den daglige foderation (Vejledning om økologisk jordbrugsproduktion, 2022). Anvendte grovfoderemner er f.eks. kløvergræs (frisk og ensileret) samt helsæd- og majsensilage. Grovfoderets ernæringsmæssige værdi afhænger bl.a. af grovfoderemne, høsttidspunkt og dyrenes alder. Der henvises til tabel 1 og 2 i Steenfeldt og Poulsen (2018) og tabel 6.1 i Studnitz (2019) for en oversigt over næringsstofsammensætningen for en række grovfoderemner samt til tabel 4 og 5 i Kyntäjä et al. (2014) for en oversigt over grovfoderemnernes fulde aminosyreprofil.

Grovfoderets bidrag til unge enmavede dyrs foderforsyning (f.eks. smågrise, hønniker, slagtekyllinger) vurderes generelt sparsomt, idet unge dyr har en begrænset kapacitet for indtag og udnyttelse af foderemner med et højt indhold af uopløselige fibre. Potentialet er formentlig størst hos langsomvoksende genotyper som påvist i den økologiske slagtekyllingeproduktion (Steenfeldt og Poulsen, 2018).

Ungfjerkræ

De fleste rapporterede erfaringer med grovfoder til ungfjerkræ stammer fra den økologiske slagtekyllingeproduktion. Især lucerneensilage vurderes som velegnet til slagtekyllinger på trods af udfordringer med et relativt højt indhold af uopløselige fibre. Lucerne har et højt indhold af methionin svarende til 1,5-2,0 % af råprotein (Kyntäjä et al., 2014; Bellof et al., 2014), hvilket er analogt med sojaprotein. I forsøg med lucerneensilage til økologiske langsomvoksende (<38 g/d) slagtekyllinger er der i slutfedningsperioden opnået daglige indtag på op til 28 g TS per fugl, hvilket svarer til 26 % af det totale TS-indtag. Lucerne bidrog således med mere end 25 % af methionin-forsyningen, uden negative effekter på den daglige tilvækst (Weltin et al., 2014; Wüstholtz et al., 2016). Ifølge Hermansen (2014) vil det i de fleste tilfælde være økonomisk og miljømæssigt fordelagtigt at inkludere en vedvarende afgrøde som lucerne i sædskiftet på økologiske grise- og fjerkræbedrifter bl.a. som følge af afgrødens høje proteinudbytte (mere end 2,5 t råprotein per ha, Statistikbanken; Steenfeldt og Poulsen, 2018) og kvælstoffikserende egenskaber. Den største udfordring i forhold til øget anvendelse er formentlig selve ensileringsprocessen og håndtering af ensilagen på bedrifterne (Hermansen, 2014; Wüstholtz et al., 2016).

Smågrise

Traditionelt anses grovfodertildeling til smågrise primært som en dyrevelfærdsmæssig gevinst. På tværs af økologiske bedrifter vurderes den gennemsnitlige grovfodertildeling til ca. 1 kg TS i alt i hele vækstperioden fra fravænning til 30 kg levendevægt (Christensen, 2021), hvilket svarer til mindre end 50 g TS dagligt.

Praktiske erfaringer indikerer, at smågrise kan indtage op til ca. 100 g TS dagligt i grovfoder (Buus et al., 2019), men dette vil stadig potentielt udgøre et sparsomt bidrag til proteinforsyningen.

Søer, slagtegrise og æglæggende høner

I den økologiske griseproduktion er der en stigende opmærksomhed på muligheder for at øge andelen af lokalt produceret foder gennem øget brug af grovfoder (herunder øget udnyttelse af fourageringsgræs) generelt, men især hos drægtige søer (Eskildsen et al., 2020a,b). Kløvergræs og lucerne vurderes potentielt at kunne bidrage til 75-100% af drægtige søers lysin- og methioninbehov givet et dagligt indtag på 2 kg TS per dyr (Studnitz, 2019). For slagtegrise er potentialet betydeligt mindre, men kløvergræs og lucerne vurderes potentielt at kunne dække 11-18 % af store (>50 kg) slagtegrises lysin og methioninbehov givet et dagligt indtag på 0,5 kg TS per dyr (Studnitz, 2019). Hos slagtegrise er der påvist en sammenhæng mellem andel af næringsstoffer tildelt via færdigfoderet og indtaget af grovfoder. Restriktiv fodring stimulerer således til øget grovfoderindtag, men udfordrer samtidigt den daglige tilvækst (Kongsted et al., 2013; 2015). Tilsvarende mønster er påvist i slagtekyllinge- (Kocer et al., 2018) og ægproduktionen (Horsted et al., 2006). Som nævnt i Steinfeldt og Poulsen (2018) kan grovfoder udgøre op til 30% af æglæggende hønens totale foderforbrug og dermed bidrage betydeligt til hønernes aminosyreforsyning.

Fouragering

Med få undtagelser skal økologiske dyr have permanent adgang til udearealer enten i form af løbegårde (slagtegrise) eller frilandsarealer (Vejledning om økologisk jordbrugsproduktion, 2022). Som diskuteret i Steinfeldt og Damgaard (2018) kan frilandsarealer bidrage betydeligt til økologiske grise og fjerkræes proteinforsyning gennem indtag af fourageringsafgrøder (jf. grovfoder herover) samt animalske fødekilder.

Animalske fødekilder som regnorme og snegle har et meget højt indhold af letfordøjeligt protein. Regnorme indeholder således ca. 420-520 g råprotein, 25-34 g lysin og 3,4-7,3 g methionin per kg TS (Smith, 2014). Tilgængeligheden af animalske fødekilder varierer afhængig af dyrkningshistorik, afgrødesammensætning mm. En litteraturgennemgang kombineret med eksperimentelle studier gennemført i det tværopæriske projekt ICOPP viser eksempelvis, at tilgængeligheden af regnorme på landbrugsarealer (vedvarende og i rotation) varierer fra 29 til 38 g TS per m² svarende til hhv. 1-1,3 g lysin og ca. 0,2-0,4 g methionin per m² (Smith, 2014).

Ungfjerkræ

Økologiske fjerkræ skal have adgang til udearealer med vegetation (græs, buske og træer mm) i mindst en tredjedel af deres liv (Vejledning om økologisk Jordbrugsproduktion, 2022). Der skal være mindst 4 m² til rådighed per slagtekylling, hvilket svarer til mindre end 0.1 m² fourageringsareal dagligt per fugl. Resultater fra et forsøg med restriktivt fodrede og langsomvoksende (<34 g/dag) slagtekyllinger i små flokke (12

fugle/flok) og med adgang til 0,13 m² fourageringsareal (kløvergræs og bladcikorie) per fugl per dag indikerer, at slagtekyllinger i slutfedningsperioden kan hente en stor andel af deres proteinbehov via direkte fouragering (Almeida et al., 2012). Gennemsnitlige daglige indtag af fourageringsafgrøderne blev estimeret til at variere fra 5 g til 21 g TS per fugl afhængig af køn og genotype, hvilket udgjorde op til ca. 50 og 25 % af dagligt hhv. lysin- og methioninbehov.

Smågrise

Hovedparten af de økologiske smågrise (fra fravænnning til 30-35 kg) produceres i stalde med adgang til løbegårde, men et stigende antal producenter vælger at beholde de fravænnede grise på mark indtil 30-40 kg for at reducere risikoen for fravænningsdiarré. Generelt vurderes bidraget fra græsafgrøder på udearealerne til at være sparsomt for udegående smågrise dels som følge af kløvergræssets relative lave ernæringsmæssige værdi for smågrise, og dels fordi smågrisene hurtigt ødelægger græssværen med deres rodeadfærd. De tilgængelige animalske fødekilder kan dog formentlig udgøre et bidrag i ekstensive systemer, hvor smågrisene har adgang til store arealer.

Søer, slagtegrise og æglæggende høner

Scenarie-beregninger i Studnitz (2019) indikerer, at indtag af regnorme potentielt kan bidrage med ca. 20 % af lysin- og methioninforsyningen til udegående slagtegrise (50 til 110 kg) og ca. 30-45 % af drægtige søers lysin- og methioninforsyning i et ekstensivt system, hvor grisene dagligt har adgang til arealer svarende til 5 m² per dyr (Studnitz, 2019). Tilsvarende kan daglig adgang til 1 m² græsmark potentielt dække 100 % af æglæggers daglige lysin- og methionbehov alene via indtag af regnorme (Smith & Bauer, 2014).

Generelt, på tværs af dyreart og gruppe, er potentialet for et betydeligt ernæringsmæssigt bidrag via direkte fouragering størst i ekstensive systemer baseret på langsomvoksende genotyper, der ofte er mere aktive og fourageringsvillige sammenlignet med 'moderne' genotyper (Almeida, 2012; Kongsted og Jakobsen, 2016), og hvor dyrene har adgang til forholdsmæssigt store fourageringsarealer i mindre flokke.

5. Referencer

Abdollahi, L., Munkholm, L.J. (2014) Tillage system and cover crop effects on soil quality: I. chemical, mechanical, and biological properties. *Soil Science Society of America Journal* 78, 262-270.

Abdollahi, L., Munkholm, L.J., Garbout, A. (2014) Tillage system and cover crop effects on soil quality: II. pore characteristics. *Soil Science Society of America Journal* 78, 271-279.

Albrektsen, S., Kortet, R., Skov, P.V., Ytteborg, E., Gitlesen, S., Kleinegriss, D., Mydland, L.T., Hansen, J.Ø., Lock, E.J., Mørkøre, T., 2022. Future feed resources in sustainable salmonid production: A review. *Reviews in Aquaculture*.

Almeida, G.F.d (2012). Use of forage and plant supplements in organic and free range broiler systems: Implications for production and parasite infections. PhD thesis, Science and Technology, AU.

Almeida, G.F.d., Hinrichsen, L.K., Horsted, K., Thamsborg, S.M., Hermansen, J.E. (2012). Feed intake and activity level of two broiler genotypes foraging different types of vegetation in the finishing period. *Poultry Science* 91: 2105-2113.

Baldinger, L., Hagmüller, W., Minihuber, U., Matzner, M., Zollitsch, W., 2016. Sainfoin seeds in organic diets for weaned piglets—utilizing the protein-rich grains of a long-known forage legume. *Renewable Agriculture and Food Systems* 31, 12-21.

Bellof, G., Carrasco, S., Weltin, J. 2014: Lucerne silage for broilers and laying hens. In: Smith, J., C. Gerrard, J.E. Hermansen (eds) Improved contribution of local feed to support 100% organic feed supply to pigs and poultry. Synthesis report, Sept. 2014. 94 pp

Berwanger, E., Nunes, R.V., OLIVEIRA, T., Bayerle, D.F., Bruno, L.D.G., 2017. Performance and carcass yield of broilers fed increasing levels of sunflower cake. *Revista Caatinga* 30, 201-212.

Bracher, A., 2019. Oil seed by-products as alternative protein sources for imported protein-rich feed. *Recherche Agronomique Suisse*, 268-275.

Buus, M.L., Knage-Drangsfeldt, K., Schou, T.M. 2019: Grovfoder til grise. Center for Frilandsdyr, SEGES Økologi Innovation.

Børsting, C.F., Hellwing, A.L.F., Sørensen, M.T., Lund, P., Van der Heide, M., Møller, S.H., Kai, P., Nyord, T., Holm, M., Hansen, M.N., Jensen, H.B., Bækgaard, H., 2021. Normtal for Husdyrgødning, DCA Rapport nr. 191, 306 sider., In: Børsting, C.F. (Ed.), DCA Rapport nr. 191, p. 306.

Christensen, M.G. 2021: Grundlag for den beregnede notering for økologiske smågrise – december 2021. Notat nr. 2132 SEGES Svin.

Crosbie, M., Zhu, C., Shoveller, A.K., Huber, L.-A., 2020. Standardized ileal digestible amino acids and net energy contents in full fat and defatted black soldier fly larvae meals (*Hermetia illucens*) fed to growing pigs. *Translational Animal Science* 4, txa104.

Cruz, A., Håkenåsen, I.M., Skugor, A., Mydland, L.T., Åkesson, C.P., Hellestveit, S.S., Sørby, R., Press, C.M., Øverland, M., 2019. *Candida utilis* yeast as a protein source for weaned piglets: Effects on growth performance and digestive function. *Livestock Science* 226, 31-39.

Eriksson, M., Wall, H., 2012. Hemp seed cake in organic broiler diets. *Animal feed science and technology* 171, 205-213.

Eskildsen, M., Krogh, U., Nørgaard, J.V., Hedemann, M.S., Sørensen, M.T., Kongsted, A.G. & Theil, P.K. 2020a. Grass clover intake and effects of reduced dietary protein for organic sows during summer. *Livestock science*, 241, 104212.

Eskildsen, M., Krogh, U., Sørensen, M. T., Kongsted, A. G. & Theil, P. K. 2020b. Effect of reduced dietary protein level on energy metabolism, sow body composition and metabolites in plasma, milk and urine from gestating and lactating organic sows during temperate winter conditions. *Livestock science*, 240, 104088.

Farrell, D., Perez-Maldonado, R., Mannion, P., 1999. Optimum inclusion of field peas, faba beans, chick peas and sweet lupins in poultry diets. II. Broiler experiments. *British Poultry Science* 40, 674-680.

Furbeyre, H., Guillevic, M., Chesneau, G., Labussière, E., 2019. Effect of dehulling and extrusion on nutritional values of faba bean in pigs, *EAAP Scientific Series*, Wageningen Academic Publishers, pp. 282-285.

Gakhar, N., Goldberg, E., Jing, M., Gibson, R., House, J., 2012. Effect of feeding hemp seed and hemp seed oil on laying hen performance and egg yolk fatty acid content: Evidence of their safety and efficacy for laying hen diets. *Poultry Science* 91, 701-711.

Hejdysz, M., Kaczmarek, S., Kubiś, M., Adamski, M., Perz, K., Rutkowski, A., 2019a. The effect of faba bean extrusion on the growth performance, nutrient utilization, metabolizable energy, excretion of sialic acids and meat quality of broiler chickens. *animal* 13, 1583-1590.

Hejdysz, M., Kaczmarek, S., Rogiewicz, A., Rutkowski, A., 2019b. Influence of graded levels of meals from three lupin species on growth performance and nutrient digestibility in broiler chickens. *British poultry science* 60, 288-296.

- Hellwing, A.L.F., Tauson, A.-H., Skrede, A., 2006. Effect of bacterial protein meal on protein and energy metabolism in growing chickens. *Archives of Animal Nutrition* 60, 365-381.
- Hermansen, J.E 2014: Integrated impact assessment (economic, environmental, animal welfare). In: Smith, J., C. Gerrard, J.E. Hermansen (eds) Improved contribution of local feed to support 100% organic feed supply to pigs and poultry. Synthesis report, Sept. 2014. 94 pp.
- Horsted, K., Hammershøj, M., Hermansen, J.E. 2006: Shortterm effects on productivity and egg quality in nutrient-restricted versus non-restricted organic layers with access to different forage crops, *Acta Agriculturae Scand Section A*, 56:1, 42-54
- Hugman, J., Wang, L., Beltranena, E., Htoo, J., Zijlstra, R., 2021. Nutrient digestibility of heat-processed field pea in weaned pigs. *Animal Feed Science and Technology* 274, 114891.
- Igbasan, F., Guenter, W., 1996. The enhancement of the nutritive value of peas for broiler chickens: An evaluation of micronization and dehulling processes. *Poultry science* 75, 1243-1252.
- Jacobsen, E., Skadhauge, B., Jacobsen, S.-E., 1997. Effect of dietary inclusion of quinoa on broiler growth performance. *Animal Feed Science and Technology* 65, 5-14.
- Jørgensen, U., Kristensen, T., Jørgensen, J., Kongsted, A., De Notaris, C., Nielsen, C., 2021. Green Biorefining of Grassland Biomass. Aarhus University: DCA (Danish Centre for Food and Agriculture).
- Kaewtapee, C., Jantra, N., Petchpoung, K., Rakangthong, C., Bunchasak, C., 2022. Chemical composition and standardized ileal digestibility of crude protein and amino acid in whole yeast and autolyzed yeast derived from sugarcane ethanol production fed to growing pigs. *Animal Bioscience* 35, 1400-1407.
- Kaewtapee, C., Mosenthin, R., Nanning, S., Wiltafsky, M., Schäffler, M., Eklund, M., Rosenfelder-Kuon, P., 2018. Standardized ileal digestibility of amino acids in European soya bean and rapeseed products fed to growing pigs. *Journal of animal physiology and animal nutrition* 102, e695-e705.
- Kocer, B, Bozkurt, M., Ege, G., Tüzün, A.E., Konak, R., Olgun, O. 2018: Effects of a meal feeding regimen and the availability of fresh alfalfa on growth performance and meat and bone quality of broiler genotypes. *British Poultry Science*, 59:3, 318-329
- Kongsted A. G., K. Horsted & J. E. Hermansen 2013: Free-range pigs foraging on Jerusalem artichokes (*Helianthus tuberosus* L.). -Effect of feeding strategy on growth, feed conversion and animal behaviour. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A – Animal Science*.
- Kongsted, A.G.; Nørgaard, J.V.; Jensen, S.K.; Lauridsen, C.; Juul-Madsen, H.R.; Norup, L.R.; Engberg, R.M.; Horsted, K.; Hermansen, J.E. 2015: Influence of genotype and feeding strategy on pig performance, plasma

concentrations of micro nutrients, immune responses and faecal microbiota composition of growing-finishing pigs in a forage-based system. *Livest. Sci.* 2015, 178, 263-271

Kongsted A.G. & M. Jakobsen 2015: Effect of genotype and level of supplementary concentrate on foraging activity and vegetation cover in an organic free-range pig system, *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A – Animal Science*, 65:3-4, 139-147

Kopmels, F.C., Smit, M.N., Cho, M., He, L., Beltranena, E., 2020. Effect of feeding 3 zero-tannin faba bean cultivars at 3 increasing inclusion levels on growth performance, carcass traits, and yield of saleable cuts of broiler chickens. *Poultry science* 99, 4958-4968.

Kyntäjä, S.; Partanen, K., Siljander-Rasi, H., Jalava, T. 2014: Tables of composition and nutritional values of organically produced feed materials for pigs and poultry. MTT report 164.

Landbrugsstyrelsen (2022) Statistik over økologiske jordbrugsbedrifter 2021. 56 p.

Landbrugsstyrelsen, 2022. Tillæg til statistik over økologiske jordbrugsbedrifter 2021 - certificering & produktion, Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri.

Lannuzel, C., Smith, A., Mary, A., Della Pia, E., Kabel, M., de Vries, S., 2022. Improving fiber utilization from rapeseed and sunflower seed meals to substitute soybean meal in pig and chicken diets: A review. *Animal Feed Science and Technology*, 115213.

Laudadio, V., Tufarelli, V., 2012. Effect of treated field pea (*Pisum sativum* L. cv Spirale) as substitute for soybean extracted meal in a wheat middlings-based diet on egg production and quality of early laying brown hens. *Archiv für Geflügelkunde* 76, 1-5.

Liu, Q., Kang, J., Zhang, Z., Zhou, D., Zhang, Y., Zhuang, S., 2021. Comparative study on the nutrient digestibility of diets containing brewer's yeast products processed by different techniques fed to T-cannulated growing pigs. *Animal Feed Science and Technology* 278, 114981.

Madeira, M.S., Cardoso, C., Lopes, P.A., Coelho, D., Afonso, C., Bandarra, N.M., Prates, J.A., 2017. Microalgae as feed ingredients for livestock production and meat quality: A review. *Livestock Science* 205, 111-121.

Meng, Z., Liu, Q., Zhang, Y., Chen, J., Sun, Z., Ren, C., Zhang, Z., Cheng, X., Huang, Y., 2021. Nutritive value of faba bean (*Vicia faba* L.) as a feedstuff resource in livestock nutrition: A review. *Food Science & Nutrition* 9, 5244-5262.

Myrie, S., Bertolo, R., Sauer, W., Ball, R.O., 2008. Effect of common antinutritive factors and fibrous feedstuffs in pig diets on amino acid digestibilities with special emphasis on threonine. *Journal of animal science* 86, 609-619.

Møller, S., 2014. Hestebønner til smågrise øger produktiviteten. Videncenter for Svineproduktion, meddelelse.

Nyende, P.W., Wang, L.F., Zijlstra, R.T., Beltranena, E., 2022. Effect of feeding mid-or zero-tannin faba bean cultivars differing in vicine and convicine content on diet nutrient digestibility and growth performance of weaned pigs. *Translational Animal Science* 6, txac049.

Nørgaard, J., Fernández, J.A., Jørgensen, H., 2012. Ileal digestibility of sunflower meal, pea, rapeseed cake, and lupine in pigs. *Journal of Animal Science* 90, 203-205.

Olesen, J. E., Kristensen, T., Kristensen, I. S., Børjesen, C. D., Eriksen, J., Pedersen, B. F. og Kongsted, A. G. Aarhus Universitet, DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug. 55 s. - DCA rapport nr. 176 <https://dcapub.au.dk/djfpdf/DCArapport176.pdf>

Olukosi, O.A., Walker, R.L., Houdijk, J.G., 2019. Evaluation of the nutritive value of legume alternatives to soybean meal for broiler chickens. *Poultry science* 98, 5778-5788.

Prandini, A., Morlacchini, M., Moschini, M., Fusconi, G., Masoero, F., Piva, G., 2005. Raw and extruded pea (*Pisum sativum*) and lupin (*Lupinus albus* var. *Multitalia*) seeds as protein sources in weaned piglets' diets: effect on growth rate and blood parameters. *Italian Journal of Animal Science* 4, 385-394.

Presto, M.H., Lyberg, K., Lindberg, J.E., 2011. Digestibility of amino acids in organically cultivated white-flowering faba bean and cake from cold-pressed rapeseed, linseed and hemp seed in growing pigs. *Archives of animal nutrition* 65, 21-33.

Rønn, M., Thorsteinsson, M., Johannsen, J.C., Nørgaard, J.V., Julegaard, I.K., Nielsen, M.O., 2022. Evaluation of nutritional quality for weaner piglets of a new methanotrophic microbial cell-derived protein feed. *Animal Feed Science and Technology* 294, 115498.

SEGES, 2022. Fodermiddeltabel.

Seoni, E., Battacone, G., Kragten, S.A., Dohme-Meier, F., Bee, G., 2021. Impact of increasing levels of condensed tannins from sainfoin in the grower-finisher diets of entire male pigs on growth performance, carcass characteristics, and meat quality. *Animal* 15, 100110.

Silversides, F., Lefrancois, M., 2005. The effect of feeding hemp seed meal to laying hens. *British Poultry Science* 46, 231-235.

Smith, J. 2014: Assessment of resources from the range. In: Smith, J., C. Gerrard, J.E. Hermansen (eds) Improved contribution of local feed to support 100% organic feed supply to pigs and poultry. Synthesis report, Sept. 2014. 94 pp.

Smith & Bauer, 2014: Feed resources in the range: soil invertebrate abundance and biomass in agroforestry, pasture and woodland habitats. In: Smith, J., C. Gerrard, J.E. Hermansen (eds) Improved contribution of local feed to support 100% organic feed supply to pigs and poultry. Synthesis report, Sept. 2014. 94 pp.

Souza, D., Freitas, E., Alencar, A., Costa, M., Santos, A., Freire, J., Rocha, A., Coelho, R., Nepomuceno, R., 2020. Sunflower cake in brown-egg laying pullet diets: Effects on the growing phase and on the beginning of production cycle. *Animal Feed Science and Technology* 269, 114663.

Statistikbanken, 2022: www.statistikbanken.dk

Steenfeldt, S., Damgaard-Poulsen, H., 2018. Dansk proteinfoder til økologiske, enmavede husdyr - faglige muligheder og udfordringer. DCA rapport 114, 1-34.

Stein, H., Bohlke, R., 2007. The effects of thermal treatment of field peas (*Pisum sativum* L.) on nutrient and energy digestibility by growing pigs. *Journal of Animal Science* 85, 1424-1431.

Stein, H.H., Peters, D.N., Kim, B.G., 2010. Effects of including raw or extruded field peas (*Pisum sativum* L.) in diets fed to weanling pigs. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 90, 1429-1436.

Steenfeldt, S., H.D. Poulsen 2018: Dansk proteinfoder til økologiske, enmavede husdyr – faglige muligheder og udfordringer. DCA rapport nr. 114. Aarhus Universitet.

Studnitz, M. (ed) 2019: Feeding monogastrics 100% organic and regionally produced feed. Knowledge synthesis in OK NET ecofeed. H2020 project. <https://orprints.org/id/eprint/34560/>

Saadaoui, I., Rasheed, R., Aguilar, A., Cherif, M., Al Jabri, H., Sayadi, S., Manning, S.R., 2021. Microalgal-based feed: promising alternative feedstocks for livestock and poultry production. *Journal of Animal Science and Biotechnology* 12, 1-15.

Tuśnio, A., Barszcz, M., Świąch, E., Skomiat, J., Taciak, M., 2020. Large intestine morphology and microflora activity in piglets fed diets with two levels of raw or micronized blue sweet lupin seeds. *Livestock Science* 240, 104137.

Tuśnio, A., Barszcz, M., Taciak, M., Świąch, E., Wójtowicz, A., Skomiał, J., 2021. The effect of a diet containing extruded faba bean seeds on growth performance and selected microbial activity indices in the large intestine of piglets. *Animals* 11, 1703.

Tybirk, P., Strathe, A., Vils, E., Sloth, N., Boisen, S., 2006. Det danske fodervurderingssystem til svinefoder. Dansk Svineproduktion, Landscentret, Århus, Danmark.

van der Heide, M.E., Stødkilde, L., Værum Nørgaard, J., 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* 13, 2303.

Vejledning om økologisk jordbrugsproduktion, 2022. Januar 2022, version 3. Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri. [Vejledning 2022 \(lbst.dk\)](#)

Weltin, J., Alarcon, C., Salomé, L., Berger, U., Bellof, G. 2014: Lucernesilage aus spezieller Nutzung und technologischer aufbereitung in der ökologischen geflügel- und schweinefütterung. Schlussbericht. <http://orgprints.org/26279/>

Woyengo, T., Beltranena, E., Zijlstra, R., 2017. Effect of anti-nutritional factors of oilseed co-products on feed intake of pigs and poultry. *Animal Feed Science and Technology* 233, 76-86.

Wüstholtz, J., Carrasco, S., Berger, U., Sundrum, A., Bellof, G. 2016: Silage from alfalfa (*Medicago sativa*) harvested at an early stage as home-grown protein feed for organic broilers. *European Poultry Science* 80. DOI: 10.1399/eps.2016.150

Øverland, M., Petter Kjos, N., Skrede, A., 2004. Effect of bacterial protein meal grown on natural gas on growth performance and carcass traits of pigs. *Italian Journal of Animal Science* 3, 323-336.

Øverland, M., Tauson, A.H., Shearer, K., Skrede, A., 2010. Evaluation of methane-utilising bacteria products as feed ingredients for monogastric animals. *Archives of Animal Nutrition* 64, 171-189.