

Opdateret estimat af det gennemsnitlige reduktionspotentiale ved brugen af Bovaer for alle relevante årskøer i Danmark

Rådgivningsnotat fra DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug

Peter Lund

Institut for Husdyr- og Veterinærvidenskab, AU Viborg – Forskningscenter Foulum, Aarhus
Universitet

Datablad

Titel:	Opdateret estimat af det gennemsnitlige reduktionspotentiale ved brugen af Bovaer for alle relevante årskøer i Danmark
Forfatter:	Professor Peter Lund, Institut for Husdyr- og Veterinærvidenskab, Aarhus Universitet
Fagfællebedømmelse:	Professor Martin Riis Weisbjerg, Institut for Husdyr- og Veterinærvidenskab, Aarhus Universitet
Kvalitetssikring, DCA:	Chefkonsulent Klaus Horsted, DCA Centerenheden, Aarhus Universitet
Rekvirent:	Fødevarestyrelsen, Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri
Dato for bestilling/levering:	04.03.2024 / 13.03.2024
Journalnummer:	2024-0663574
Finansiering:	Notatet er udarbejdet som led i "Rammeaftale om forskningsbaseret myndighedsbetjening" indgået mellem Miljøministeriet, Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri og Aarhus Universitet under ID nr. 3.05 i "Ydelsesaftale Husdyrproduktion 2023-2026".
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:	Lund, P. 2024. Opdateret estimat af det gennemsnitlige reduktionspotentiale ved brugen af Bovaer for alle relevante årskøer i Danmark. Rådgivningsnotat fra DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Aarhus Universitet. 11 sider. Leveret: 13. marts 2024.
Rådgivning fra DCA:	Læs mere på https://dca.au.dk/raadgivning/

Besvarelse

Reduktionspotentiale

En årsko er her defineret som 365 kodage dækkende både goldkoperiode og laktationsperiode.

Kebreab et al. (2023) har gennemført en meta-analyse, baseret på data fra 14 forsøg med malkekøer tildelt Bovaer (3-nitrooxypropanol, 3-NOP). Analysen viste, at den procentvise ændring i enterisk metan udtrykt som g/kg fodertørstof var afhængig af dosis af 3-NOP (3-NOP; mg/kg tørstof), indhold af NDF (NDF, % af tørstof), indhold af råfedt (råfedt, % af tørstof) og indhold af stivelse (stivelse, % af tørstof), se ligning nedenfor. Et højere indhold af 3-NOP og stivelse medførte et højere reduktionspotentiale (mere negativ værdi), mens et højere indhold af NDF og råfedt medførte et lavere reduktionspotentiale. Den procentvise ændring i enterisk metan udtrykt som g CH₄/kg fodertørstof kunne beregnes som:

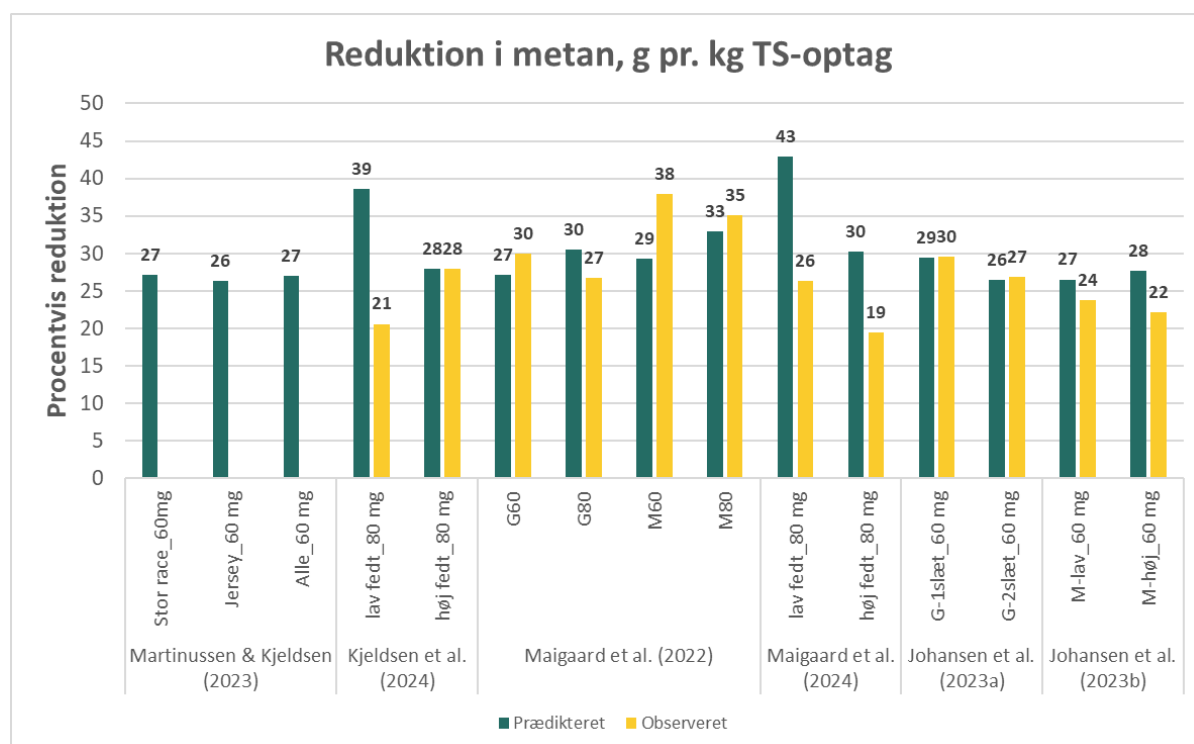
$$\text{Ændring i g CH}_4\text{/kg fodertørstof (\%)} = -30,8 - 0,226 \times (3\text{-NOP} - 70,5) + 0,906 \times (NDF - 32,9) + 3,871 \times (\text{råfedt} - 4,2) - 0,337 \times (\text{stivelse} - 21,1) \quad (\text{Kebreab et al., 2023})$$

Hvor *3-NOP* er koncentrationen af 3-NOP i mg 3-NOP/kg fodertørstof, *NDF* er indholdet af NDF i foderrationen (% af tørstof), *råfedt* er indholdet af råfedt i foderrationen (% af tørstof) og *stivelse* er indholdet af stivelse i foderrationen (% af tørstof).

I nedenstående Figur 1 er den beregnede reduktion ved brug af ligningen i Kebreab et al. (2023) for reduktion i enterisk metan (g CH₄/kg fodertørstof) anvendt under danske forhold. Indsættes det gennemsnitlige indhold af NDF (31,9 % af tørstof), råfedt (4,62 % af tørstof) og stivelse (19,0 % af tørstof) i rationer for danske malkekøer (Martinussen & Kjeldsen, 2023) og en koncentration af 3-NOP på 60 mg/kg fodertørstof vil dette svare til et reduktionspotentiale på 27 % under danske forhold.

Herefter er vist den observerede og beregnede reduktion i Kjeldsen et al. (2024) (80 mg 3-NOP/kg fodertørstof og 2 forskellige niveauer af råfedt), Maigaard et al. (2022) (60 og 80 mg 3-NOP/kg fodertørstof i rationer med højt indhold af henholdsvis græsensilage eller majsensilage), Maigaard et al. (2024) (80 mg 3-NOP/kg fodertørstof i rationer med 2 forskellige niveauer af råfedt), og Johansen et al. (2023a,

2023b) (60 mg 3-NOP/kg fodertørstof og henholdsvis 2 forskellige slæt af kløvergræsensilage og 2 forskellige stubhøjder i majsensilage). På tværs af forsøg er der en rimelig sammenhæng mellem prædikeret og observeret reduktion i enterisk metan (g CH₄/kg fodertørstof), mens der mellem forsøgsbehandlinger ses store forskelle i differencen mellem prædikeret og observeret reduktion i enterisk metan, som svinger fra en overprædiktion på 18 procent-point på behandlingen med 80 mg 3-NOP/kg fodertørstof og lavt niveau af råfedt i rationen (Kjeldsen et al., 2024) til en underprædiktion på 9 procent-point i behandlingen med 60 mg 3-NOP/kg tørstof og høj majsandel i Maigaard et al. (2022). Ved brug af en dosis på 60 mg 3-NOP/kg fodertørstof, som forventes at være den anbefalede dosis under danske forhold, når der tages hensyn til respons i både enterisk metan, foderoptagelse og mælkeydelse, synes der at være en god sammenhæng mellem det gennemsnitlige målte reduktionspotential i danske forsøg (28 %) og det tilsvarende beregnede reduktionspotential vha. Kebreab et al. (2023) (28 %) og disse reduktionspotentialer er helt tilsvarende det beregnede reduktionspotential for en gennemsnitlig dansk ration (27 %) til malkekøer (Figur 1).



Figur 1. Procentvis reduktion i enterisk metan (g CH₄/kg fodertørstof) prædikeret vha. Kebreab et al. (2023) baseret på et indhold af Bovaer (3-NOP) på 60 mg 3-NOP/kg fodertørstof og det gennemsnitlige indhold af NDF, råfedt og stivelse i danske rationer

til malkekøer (Martinussen & Kjeldsen, 2023) samt prædikteret og observeret reduktion i enterisk metan (g CH₄/kg fodertørstof) baseret på 5 forsøg ved AU med forskellige dosis af 3-NOP (60 og 80 mg 3-NOP/kg fodertørstof) og forskellige foderrationer. Figuren er modificeret fra Lund et al. (2024).

De danske reduktionspotentialer er generelt i overensstemmelse med, hvad der er fundet i tilsvarende forskningsprojekter baseret på nordeuropæiske foderrationer (23% i gennemsnit), om end variationen er betydelig (16 % (51 mg 3-NOP; van Gastelen et al., 2020), 17 % (70 mg 3-NOP; Vattulainen et al., 2024), 20 % (70 mg 3-NOP; van Gastelen et al., 2024), 28 % (50 mg 3-NOP; Schilde et al., 2021), 36 % (60 mg 3-NOP; van Gastelen et al., 2022)).

SEGES Innovation har gennemført afprøvninger af Bovaer på kvægbrug og konkluderer at 3-NOP i en koncentration på 60 mg 3-NOP/kg fodertørstof kan reducere enterisk metan med 26-44 % (Nielsen et al., 2023).

Der er imidlertid meget få forsøg, som har undersøgt langtidseffekten af tildeling af Bovaer. Et helt nyt stort 1-årigt hollandsk forsøg (van Gastelen et al., 2024) har vist et overraskende lavt reduktionspotentiale på 20 % (g CH₄/kg fodertørstof) på tværs af senlaktation, goldperiode, tidlig laktation og midt-laktation ved en gennemsnitlig tildeling på 70 mg 3-NOP/kg fodertørstof. Disse resultater bør tages i betragtning når reduktionspotentialet skal endeligt fastlægges.

Antages det, at emission af enterisk metan er 165 kg/årsko (Albrektsen et al., 2021), så vil et forventet reduktionspotentiale på 27 % svare til en reduktion på 1247 kg CO₂-ækv. pr årsko ved brug af en omregningsfaktor på 28 for at gå fra kg metan til kg CO₂-ækv. Den forventede reduktion i enterisk metan og kg CO₂-ækv. pr. kg forbrugt 3-nitrooxypropanol forventes at være den samme uafhængigt af fodringsniveau ved et fast reduktionspotentiale på 27 %. Det er imidlertid vigtigt at understrege, at reduktionen i kg CO₂-ækv./dag vil afhænge af den daglige foderoptagelse. Den absolutte reduktion (kg CO₂-ækv./dag) vil f.eks. være betydeligt lavere hvis 3-nitrooxypropanol anvendes i et tidsrum for en forholdsvis stor del af køerne er i f.eks. senlaktation og goldperiode sammenlignet med et tidsrum hvor en forholdsvis stor del af køerne er i tidlig- og midtlaktation.

Økologi og afgræsning

3-nitrooxypropanol forventes for nærværende ikke at kunne anvendes i den økologiske produktion, og der foreligger endnu ikke videnskabelig dokumentation for reduktionspotentialiet i forbindelse med afgræsning.

Race

Der er ikke data i litteraturen, som angiver en forskel mellem Tung race og Jersey i reduktionspotentialer ved brug af 3-nitrooxypropanol.

Goldperiode versus laktationsperiode

Der er meget få studier baseret på nordeuropæiske foderrationer, som har undersøgt effekten af Bovaer i goldperioden og i laktationsperioden. I et stort produktionsforsøg, hvor 64 malkekøer blev fulgt i 1 år i senlaktation, goldperiode, tidlig laktation og midtlaktation, og halvdelen af køerne blev tildelt i gennemsnit 70 mg 3-NOP/kg fodertørstof, var den gennemsnitlige reduktion i enterisk metan (g CH₄/kg fodertørstof) 26 % i senlaktation (op til 12 uger), 16 % i den efterfølgende goldperiode (op til 7 uger) og henholdsvis 20 % og 16 % i de efterfølgende tidlig laktation (op til 20 uger) og midtlaktation (op til 11 uger) (van Gastelen et al., 2024). Det skal bemærkes, at laktationsstadiet, rationens sammensætning og tid er konfunderet, og rationens indhold af NDF var højere i goldperioden end i laktationsperioden, mens indhold af råfedt og stivelse var lavere. Baseret på ligningen af Kebreab et al. (2023) var det forventet at reduktionen i enterisk metan (g CH₄/kg fodertørstof) var på 18 % i goldperioden og 28 % i laktationsperioden (beregnet ud fra data i van Gastelen et al., 2024), om end de opnåede reduktioner især i tidlig laktation og midtlaktation var lavere end prædikeret, mens ligningen (Kebreab et al., 2024) prædikerede emissionen i goldperioden ret godt.

I et forsøg med 58 malkekøer og en tildeling af 3-nitrooxypropanol på ca. 50 mg/kg fodertørstof fra 28 dage før kælvning til 120 dage efter kælvning synes reduktionen i enterisk metan (g CH₄/kg fodertørstof) umiddelbart at være den samme i

goldperioden og umiddelbart efter kælvning (Schilde et al., 2021) om end laktationsstadiet var konfunderet med rations sammensætning

Det vurderes, at der ikke er belæg for at konkludere at reduktionen i enterisk metan ved brug af 3-nitrooxypropanol er markant lavere i goldperioden end i laktationsperioden, og dette understøttes af, at den gennemsnitlige prædikterede reduktion i en dansk ration for en årsko (inkl. goldperiode) var af den samme størrelsesorden som både det gennemsnitlige prædikterede reduktionspotentiale og det gennemsnitlige målte reduktionspotentiale for lakterende køer tildelt 60 mg 3-NOP/kg fodertørstof i AU-forsøg. Samlet set udgør foderoptagelsen og dermed emissionen af metan i goldperioden en meget lille del af den samlede foderoptagelse og emission (størrelsesordenen 5 %), og det vurderes derfor at en eventuel overestimering af reduktionspotentialet i goldperioden kun vil have en lille kvantitativ effekt pr. årsko.

Samspil med øget fedtniveau

Som det fremgår af ligningen ovenfor fra Kebreab et al. (2023) er reduktionspotentialet for metan-emission udtrykt i g CH₄/kg fodertørstof ved tildeling af 3-nitrooxypropanol aftagende ved øget fedtniveau i foderrationen, dvs. at effekterne af de to virkemidler på enterisk metan ikke er additive. En øgning af indholdet af råfedt med 15 g/kg fodertørstof vil således ifølge prædiktionsligningen reducere reduktionspotentialet fra 27 % til 21 % i typiske danske foderrationer. Sammenhængen mellem effekt af 3-nitrooxypropanol og fedtniveau er imidlertid ikke direkte undersøgt i særligt mange forsøg. Maigaard et al. (2024) fandt i et produktionsforsøg at tildeling af 3-nitrooxypropanol (80 mg 3-NOP/kg fodertørstof) reducerede enterisk metan (g CH₄/kg fodertørstof) med 27 %, øget fedtniveau reducerede enterisk metan med 11 %, men kombinationen af 3-nitrooxypropanol og øget fedtniveau reducerede med 28 %. Man opnår altså ikke en yderligere metan-reducerende effekt ved øget tildeling af fedt, hvis man allerede har tildelt 3-nitrooxypropanol. Effekterne af øget fedtniveau og tildeling af 3-nitrooxypropanol på enterisk metan synes altså heller ikke at være additive i produktionsforsøget.

Andre forhold

Brug af 3-nitrooxypropanol i en dosis på 60 mg 3-NOP/kg fodertørstof har i visse danske forsøg været ledsaget af reduktioner i foderoptagelse, om end den numeriske reduktion varierer betydeligt i størrelse (Lund et al., 2024). Der er behov for forskning som dokumenterer både den fysiologiske baggrund for disse eventuelle reduktioner i foderoptagelse og en eventuel effekt heraf på dyrets ædeadfærd, velfærd mm. Brug af 3-nitrooxypropanol i praksis vil kræve præcision i både opblanding og udfodring, så den korrekte dosis opnås. I ovenstående er der taget udgangspunkt i at 3-nitrooxypropanol tildes i en fuldfoderration, men der mangler viden om reduktionspotentialer og eventuel produktionsmæssig effekt i andre fodringssituationer som f.eks. under afgræsning eller ved separat tildeling af kraftfoder indeholdende 3-nitrooxypropanol.

Konklusion

60 mg 3-NOP/kg fodertørstof er den anbefalede dosis under danske forhold. Det anbefales, at der anvendes et foreløbigt reduktionspotentialer på 27 % for reduktion i enterisk metan (g CH₄/kg foder tørstof) ved tildeling på 60 mg 3-NOP/kg fodertørstof til danske årskøer, men at de forholdsvis lave reduktionspotentialer i det nye hollandske 1-årige produktionsforsøg, som synes at falde over tid, også tages ad notam. Det forventede gennemsnitlige reduktionspotentialer på 27 % forventes dog at dække over en betydelig variation mellem kvægbedrifter.

Den absolutte reduktion (kg CO₂-ækv./dag) vil være betydeligt lavere, hvis 3-nitrooxypropanol anvendes i perioder på året, hvor der er forholdsvis mange køer f.eks. i senlaktation og goldperiode sammenlignet med i tidlig- og midtlaktation.

Et eventuelt lavere reduktionspotentialer i enterisk metan (g CH₄/kg fodertørstof) ved anvendelse af 3-nitrooxypropanol i goldperioden sammenlignet med laktationsperioden forventes ikke at have afgørende betydning for emissionen for en årsko, beregnet baseret på data for anvendelse af 3-nitrooxypropanol til lakterende køer, qua det forholdsvis lave bidrag fra goldperioden til den samlede foderoptagelse og emission af metan for en årsko.

Effekten af 3-nitrooxypropanol forventes at være aftagende ved øget fedtniveau i rationen, hvilket er i overensstemmelse med et dansk produktionsforsøg, som viste at effekterne af øget fedtniveau og tildeling af 3-nitrooxypropanol på enterisk metan ikke var additive.

Referencer

Albrektsen, R., Mikkelsen, M.H., Gyldenkerne, S. (2021). Danish emission inventories for agriculture. Inventories 1985 – 2018. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy, 202 pp. Scientific Report No. 443. <http://dce2.au.dk/pub/SR443.pdf>

Johansen, M., Maigaard, M., Lund, P. (2023a). Effekten af Bovaer ved inklusion i foder med høj andel af kløvergræsensilage af forskellig kvalitet. Rådgivningsnotat, 2022-0328754, DCA, 7 s. https://pure.au.dk/admin/files/346177039/Sammendrag_bovaer_kl_vergr_seensilage_091023.pdf

Johansen, M., Maigaard, M., Lund, P. (2023a). Effekten af Bovaer ved inklusion i foder med høj andel af majsensilage med forskellig stivelse-til-NDF-forhold. Rådgivningsnotat, 2022-038754, DCA, 7 s. https://pure.au.dk/admin/files/356463704/Udvidet_dansk_sammendrag_241123.pdf

Kebreab, E., Bannink, A., Pressman, E.M., Walker, N., Karagiannis, A., van Gastelen, S., Dijkstra, J. (2023). A meta-analysis of effects of 3-nitrooxypropanol on methane production, yield, and intensity in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 106-927-936.

Kjeldsen, M.H., Weisbjerg, M.R., Larsen, M., Højberg, O., Ohlsson, C., Walker, N., Hellwing, A.L.F., Lund, P. (2024). Gas exchange, rumen hydrogen sinks, and nutrient digestibility and metabolism in lactating dairy cows fed 3-NOP and cracked rapeseed. *J. Dairy Sci.*, article in press

Lund, P., Kjeldsen, M.H., Maigaard, M. (2024). Anvendelse af metan-reducerende tilsætningsstoffer i foder til kvæg. Udkast til Klimavirkemiddelkatalog 2024. 14 sider.

Maigaard, M., Weisbjerg, M.R., Lund, P., Ohlsson, C., Walker, N. (2022). Effekten af 3-NOP afhænger af dosis og grovfodertype. Indlæg Fodringsdag 2022. [https://www.landbrugsinfo.dk/-](https://www.landbrugsinfo.dk/-/media/landbrugsinfo/public/8/e/9/fd22_effekten_3nop_afh_af_dosis_og_grovfoder-type_morten_maigaard.pdf)

[/media/landbrugsinfo/public/8/e/9/fd22_effekten_3nop_afh_af_dosis_og_grovfoder-type_morten_maigaard.pdf](https://www.landbrugsinfo.dk/-/media/landbrugsinfo/public/8/e/9/fd22_effekten_3nop_afh_af_dosis_og_grovfoder-type_morten_maigaard.pdf)

Maigaard, M. Weisbjerg, M.R., Johansen, M., Lund, P. (2024). Effects of dietary fat, nitrate, and 3-nitrooxypropanol and their combinations on methane emission, feed intake, and milk production in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 107,220-241.

Martinussen, H., Kjeldsen, A.M. (2023). Datagrundlag for produktivitet og foderets indhold af protein, fosfor og kalium for malkekøer og opdræt 2022. Notat, SEGES Innovation. 16 s.

Nielsen, N.I., Kristensen, M.Ø., Lau-Jensen, F.H. (2023). Bovaer reducerer metan hos både Holstein, Jersey og VikingRed. Indlæg Fodringsdag 2023. [https://www.landbrugsinfo.dk/-](https://www.landbrugsinfo.dk/-/media/landbrugsinfo/public/8/1/d/fd23_fodringsdag_2023_bovaer_nicolaj.pdf)

[/media/landbrugsinfo/public/8/1/d/fd23_fodringsdag_2023_bovaer_nicolaj.pdf](https://www.landbrugsinfo.dk/-/media/landbrugsinfo/public/8/1/d/fd23_fodringsdag_2023_bovaer_nicolaj.pdf)

Schilde, M., von Soosten, D., Hutner, L., Meyer, U., Zeyner, A. Danicke, S. (2021). Effects of 3-nitrooxypropanol and varying concentrate feed proportions in the ration on methane emission, rumen fermentation, and performance of periparturient dairy cows. *Arch. Anim. Nutr.* 75, 79-104.

van Gastelen, S., Dijkstra, J., Binnendijk, G., Duval, S.M., Heck, J.M.L., Kindermann, M., Zandstra, T., Bannink, A. (2020). 3-Nitrooxypropanol decreases methane emissions and increases hydrogen emissions of early lactation dairy cows, with associated changes in nutrient digestibility and energy metabolism. *J. Dairy Sci.*, 103, 8074–8093, doi.org/10.3168/jds.2019-17936.

van Gastelen, S., Dijkstra, J., Heck, J.M.L., Kindermann, M., Klop, A., de Moi, R., Rijnders, D., Walker, N., Bannink, A. (2022). Methane mitigation potential of 3-nitrooxypropanol in lactating cows is influenced by basal diet composition. *J. Dairy Sci.*, 105, 4064-4082, doi.org/10.3168/jds.2021-20782.

van Gastelen, S., Burgers, E.E.A., Dijkstra, J., de Moi, R., Muizelaar, W., Walker, N, Bannink, A. (2024). Long-term effects of 3-nitrooxypropanol on methane emission and milk

production characteristics in Holstein Friesian dairy cows. J. Dairy Sci. Article in press, uncorrected proof.

Vattulainen, J., Ayenfe, N., Bayat, A.R., Rinne, M., Tapio, I. (2024). 19.2 NOP is more effective in reducing rumen methane emissions in mixed feed than in separate feed. Bulletin No 41 of the Finnish Society of Agricultural Science. s. 94-95.