

Notat - Opdatering

Effekten af 3-NOP, nitrat og fedt til slagtekalve	Ansvarlig	FHLJ
	Dato	20/12/2023
	Side	1 af 15
Projekt: Vejene til en mere klimavenlig kalve- og oksekødsproduktion udgår fra malkekvægholdet		

Effekten af 3-NOP, nitrat og fedt til slagtekalve

(opdateret ultimo 2023)

Af

Frederikke Hahn Lau-Jensen,
SEGES Innovation P/S

Formål

Dette notat giver et opdateret (ultimo 2023) overblik over den litteratur, der er indsamlet om Bovaer (3-NOP), nitrat og fedts effekt på metanproduktion fra ungdyr og inkluderer således voksende dyr (stude, kvier, tyre).

Bovaer (3-NOP)

Bovaer, også kendt som 3-NOP eller 3-nitroxypropanyl, har tidligere vist reduktioner i metanproduktionen i kvæg. 3-NOP blokerer det sidste enzym i metandannelsen, hvorved metanproduktionen fra dyr fodret med 3-NOP reduceres. Dette afsnit har fokus på effekterne af 3-NOP i kalve og voksende dyr. I Tabel 1 ses et overblik over de mest centrale informationer i studierne, mens effekterne er beskrevet i afsnittet herunder. I figur 1-5 ses sammenhængene mellem 3-NOP og metanproduktionen, tørstof (TS)-optag og tilvækst. Gennemsnittet af de højeste doser på tværs af studierne er 173 mg/kg TS eller 1,63 g/dyr/dag, og resulterede i gennemsnit i en reduktion på 40% i total mængde metan i studierne ift. kontroldyrerne.

Meale et. al (2021) undersøgte effekten ved 60 ugers levealder af tildeling af 3-NOP fra fødsel til 14 ugers levealder. Kalvene blev tildelt 3 mg 3-NOP/kg kropsvægt 2 gange dagligt opblandet i vand via sonde fra fødsel til 14 uger. Tilsvarende tildeltes kontrolgruppen vand via sonde. Metan blev målt i to perioder under forsøget; fra fravænning ved 11 uger til 23 uger og igen fra uge 57 til uge 60. Der var ikke en effekt af behandlingen på tilvækst i de to perioder, og ej heller en effekt på kraftfoder- eller mælkeoptag inden fravænning. Efter fravænning (uge 11-14), mens dyrene stadig tildeltes 3-NOP sås der en effekt på -10,4% i daglig metan-udydelse (g CH₄/d), mens der i uge 23 var en effekt på -11,9 %. I uge 57-60 var der en effekt af behandlingen på -17,5% i g metan pr. dag, og der var ingen effekt på tilvækst. Studiet fandt desuden indikationer på vedvarende ændringer i mavetarmkanalens mikrobiota i de dyr, der havde modtaget interventionen.

Kim et. al (2019) undersøgte effekten af 3-NOP på to forskellige rationer, samt to forskellige tildelingsmetoder; meget grovfoder eller meget kraftfoder samt infusion i vommen via en vombistel i et 3 x 3 latin square forsøg, hvor dyrene adapteredes i 14 dage efterfulgt af 7 forsøgsdage og en udvaskningsperiode mellem perioder. I rationen med meget grovfoder reduceredes metan; 17,4% (g/dag) eller 18% per kg TS når 3-NOP var iblandet foderet. Når 3-NOP var tildelt via infusion var der ikke en signifikant effekt på metan, men metan var numerisk mindre

end kontrol (8,8% g/d eller 6% g/kg TS). I rationen med meget kraftfoder blev metan ikke reduceret signifikant når 3-NOP var iblandet foderet eller når det blev givet via infusion. Metan var numerisk reduceret. Uanset ration var der ikke en effekt på foderoptag eller tilvækst.

Vyas et al. (2018) undersøgte ligeledes effekten af 3-NOP på to forskellige rationer på to forskellige tidspunkter (og i kombination med ionoforen Monensin, men disse resultater er ikke medtaget her). Først fodredes dyrene med en ration med meget grovfoder i 105 dage, hvorefter de overgår til en kraftfoder-ration (gradvist over 28 dage) i 105 dage. Metan reduceredes 54 % (g/dag) i perioden med meget grovfoder og 44% for g/kg TS. I perioden med meget kraftfoder reduceredes metan 54% (g/dag) og med 44% pr. kg TS. Der blev ikke observeret en effekt på tilvækst. TS-optaget reduceredes i grovfoder-perioden (8,41 vs. 7,64 kg TS), mens foderudnyttelsen (gain:to:feed) blev forbedret. Der var desuden en tendens til, at TS-optaget også reduceredes i kraftfoder-perioden.

Vyas et al. (2016a) undersøgte effekten af 3-NOP i to rationer på to forskellige tidspunkter og i to doser. Først fodredes dyrene med en ration med meget grovfoder i 105 dage, hvorefter de overgår til en kraftfoder-ration (gradvist over 28 dage) i 105 dage. 3-NOP blev tilført i enten 100 mg/kg TS eller 200 mg/kg TS i begge perioder. I perioden med meget grovfoder reduceredes metan i g/dag med hhv. 17 og 38% når der fodredes med 3-NOP afhængigt af dosis, mens effekten per kg TS-optag var 7 og 29%. For perioden med meget kraftfoder var reduktionerne af metan i 12, og 84% i g/dag og 9 og 81% i g/kg TS. Der var en tendens til, at tilvæksten i kraftfoderperioden faldt når 3-NOP steg ($P=0,007$).

Vyas et al. (2016b) undersøgte effekten af dosis af 3-NOP i kombination med to forskellige rationer på to forskellige tidspunkter således at dyrene først indgik i et forsøg med en ration med meget grovfoder og forskellige doser af 3-NOP og derefter indgik dyrene i et forsøg med meget kraftfoder og forskellige doser af 3-NOP. Der var ikke en effekt på TS-optag i forsøgene. Der var en effekt af 3-NOP i kombination med grovfoder-rationen i kombination med 200 mg 3-NOP/kg TS på metan i g/dag på 33%. Der var numeriske reduktioner for 75, 100 og 150 mg/kg TS og en numerisk stigning for 50 mg/kg TS. Der var desuden en lineær sammenhæng mellem metan i g/kg TS og øget 3-NOP dosis – og signifikant forskel fra kontrol for 100, 150 og 200 mg/kg TS. Der var igen her en numerisk stigning for 50 mg/kg TS. I perioden med kraftfoder var der ikke en effekt på TS-optag. Der var en signifikant effekt på metan i g/d på 49% af 200 mg/kg TS og numeriske reduktioner for de andre doser på nær 50 mg/kg TS der igen øgede metan numerisk. Udtrykt per kg TS-optag reducerede 100, 150 og 200 mg alle metan med hhv. 26, 33 og 45%.

Almeida et al. (2023) undersøgte effekten af 3-NOP i 4 forskellige doser på stude i alderen 15-18 måneder, der vejede omkring 356 kg. Foderrationen indeholdt desuden ionoforen Monensin og rapsolie og bestod desuden næsten udelukkende af kraftfoder. Dyrene blev fodret restriktivt, og der var ikke en signifikant effekt på tørstofoptagelse imellem grupperne i de perioder, hvor de ikke var i respirationskamrene. I respirationskamrene var der en tendens til ($P=0,08$) en lineær effekt af 3-NOP idet især den højeste dosis-gruppe havde et lavere foderoptag. Den daglige tilvækst var uændret på tværs af grupperne. Metanproduktionen reduceredes med hhv. 65, 80, 85 og 90% i 3-NOP-grupperne ift. kontrolgruppen i g metan/dag. Metanproduktionen pr. kg TS reduceredes ligeledes med 66, 80, 85 og 88% i 3-NOP-grupperne ift. kontrolgruppen.

Araújo et al. (2023) undersøgte effekten af 3-NOP på Nellore-tyre i to eksperimenter, begge med en tildeling af 3NOP på hhv. 100 og 150 mg/kg TS. Eksperiment 1 undersøgte effekten på foder-optagelse, -effektivitet, tilvækst samt kødkvalitet, mens eksperiment 2 undersøgte effekten på metan og kvælstofbalance. I eksperiment 1 var der ingen effekt på tørstofoptag, tilvækst

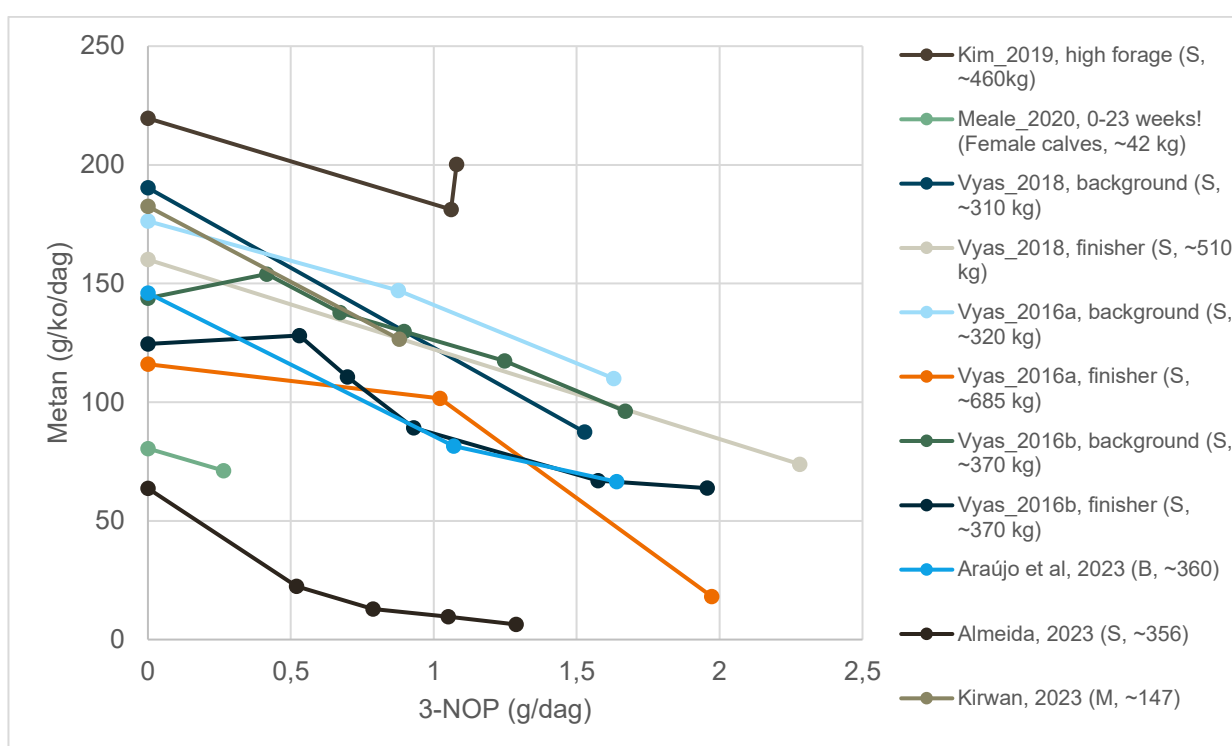
eller fodereffektivitet og kødkvalitetsparametrene var generelt uændrede eller svagt forbedrede. Protein-indholdet af kødet steg med 3%, mens fedtindholdet dog faldt med 24% uanset dosis. I eksperiment 2 blev metan på tværs af to måleperioder (dag 27-33 og dag 90-96) reduceret med hhv. 44 og 55% i g metan/dag, mens effekten målt på g metan/kg TS blev reduceret med 36 og 46%. Der var desuden en effekt af periode idet metanproduktionen steg med 24% mellem de to måleperioder uanset ration, og effekten af 3-NOP var ligeledes mindre i den anden måleperiode (-46% og -36% på tværs af behandlinger med 3-NOP). Interaktionen mellem 3-NOP og periode var ikke signifikant.

Kirwan et al. (2023) undersøgte effekten af fodring med 142 mg 3-NOP/kg TS til kalve på 190 kg. Foderrationen bestod af 50% grovfoder og 50% kraftfoder og dyrene blev fodret ad libitum. Studiet fandt ikke en effekt på foderoptagelse, daglig tilvækst eller fodereffektivitet. Fodring med 3-NOP resulterede i en reduktion af metan i g/dag på 31%. Metanproduktionen i g/kg TS reduceredes 27% ved fodring med 3-NOP. Studiet fandt, at reduktionseffekten af 3-NOP var større over tid. Studiet fandt desuden, at metanproduktionen steg over tid, hvilket studiet tilskriver dyrenes vækst, idet studiet forløb over 12 uger.

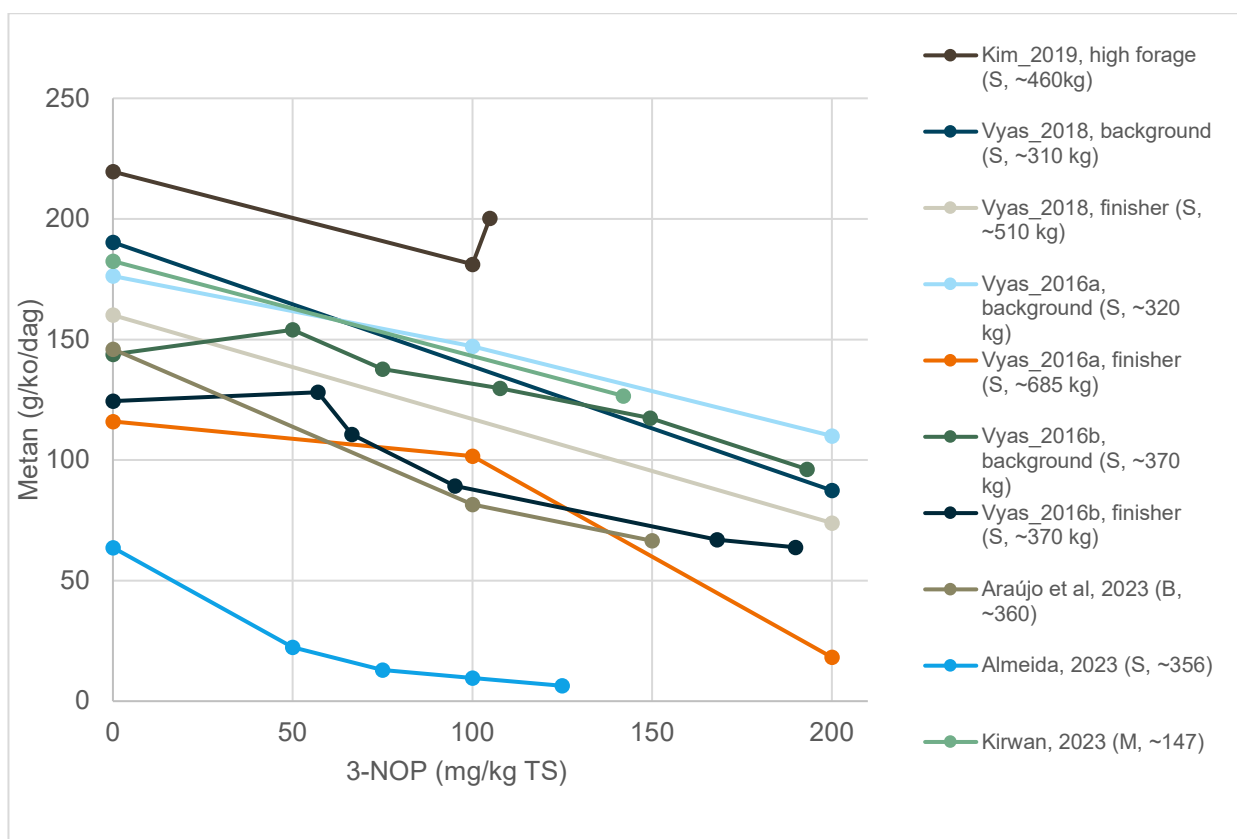
Tabel 1: Oversigt over forsøg med 3-NOP til ungdyr.

Reference	Antal dyr (totalt/ per ra- tion)	Dosis	Type/vægt af dyr	Type ra- tion	Grovfo- der/kraftfoder	Metan- måle me- tode
(Vyas, et al., 2016b), meget grovfoder	15/5	50, 75, 100, 150 og 200 mg/kg TS	Krydsningsstude ~370 kg	TMR	65/35	Kamre
(Vyas, et al., 2016b), meget kraftfoder	15/5	50, 75, 100, 150 og 200 mg/kg TS	Krydsningsstude / -	TMR	9/92	Kamre
(Vyas, et al., 2016a), meget grovfoder	48/28	100 og 200 mg/kg TS	Krydsningsstude ~320 kg	TMR	70/30	Kamre
(Vyas, et al., 2016a), meget kraftfoder	48/28	100 og 200 mg/kg TS	Krydsningsstude ~475 kg	TMR	8/92	Kamre
(Vyas, et al., 2018), meget grovfoder	240/60	200 mg/kg TS (1,5 g/dag)	Krydsningsstude ~310 kg	TMR	65/35	Kamre
(Vyas, et al., 2018), meget kraftfoder	240/60	125 mg /kg TS	Krydsningsstude, ~500 kg	TMR	8/92	Kamre
(Meale, et al., 2021)	18/ 8 el. 10	3 mg/kg BW i 14 uger	Kviekalve (fødsel til 60 uger)	I mælk		Green-Feed, målt i uge 11-23 og 57-60

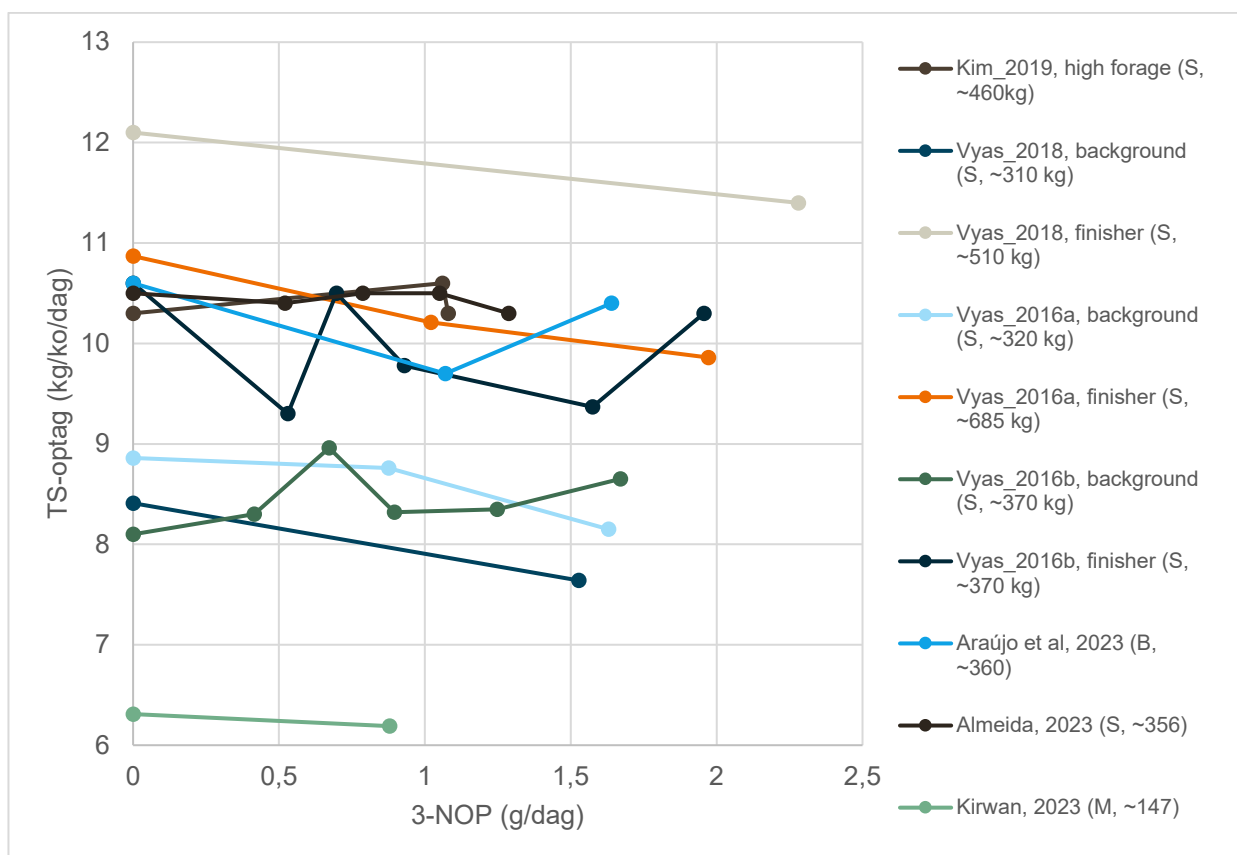
(Kim, et al., 2019)	9	100 og 105 mg/kg TS	Angus-stude ~500 kg	TMR og infusion i rumen	65/35	Green-Feed
(Almeida, et al., 2023)	20/4	50, 75, 100 og 125 mg/kg TS	Angus-stude ~356 kg	Kraftfoder	9/81	Kamre
(Araújo, et al., 2023), feeding study	138/46	100 og 150 mg/kg TS	Nellore-tyre, ~360 kg	TMR	11/89	SF ₆
(Araújo, et al., 2023), methane study	24/8	100 og 150 mg/kg TS	Nellore-tyre, ~366 kg	TMR	11/89	SF ₆
(Kirwan, et al., 2023)	68/34	142 mg/kg TS	Tyrekalve, ~190kg	PMR	50/50	Green-Feed



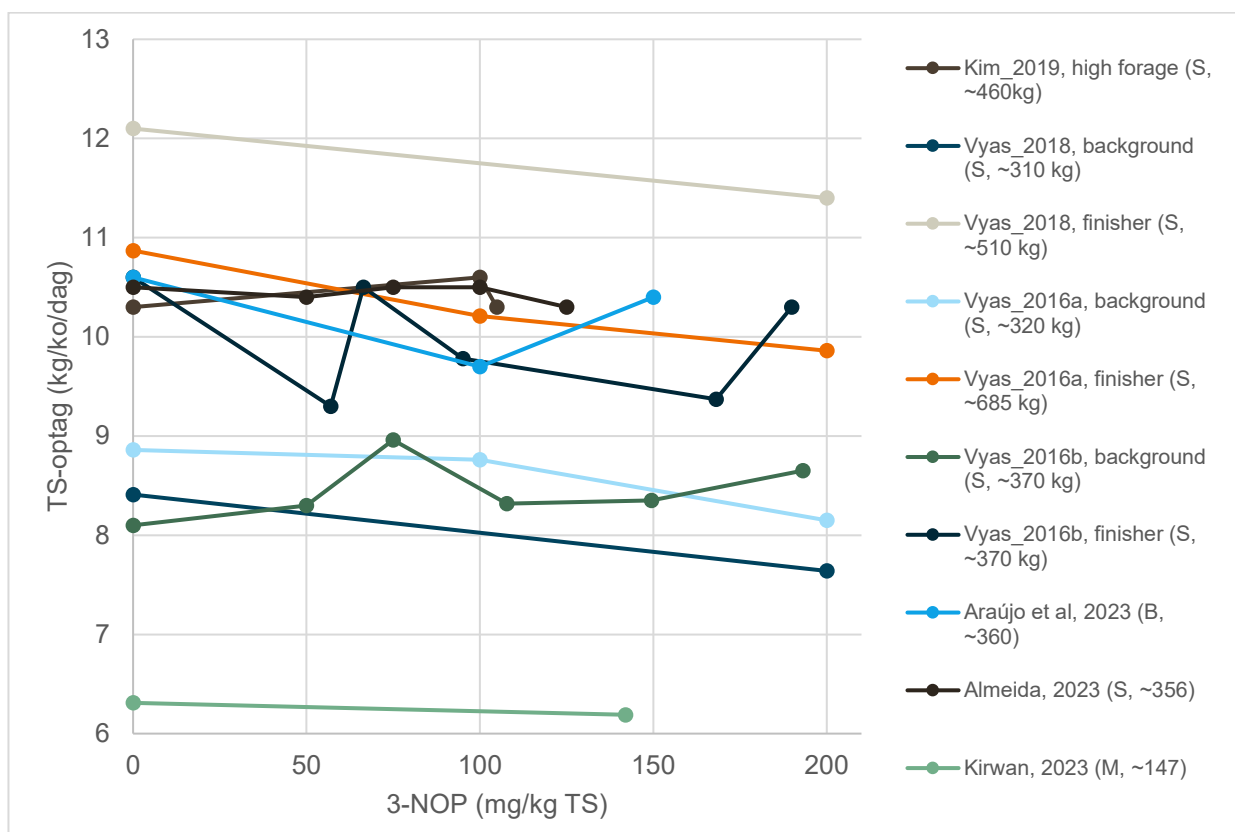
Figur 1: Sammenhæng mellem g 3-NOP/dag og g metanproduktion/dyr/dag i de beskrevne studier i dette afsnit. S = steers (stude), M = male calves (tyrekalve), B = bulls (tyre).



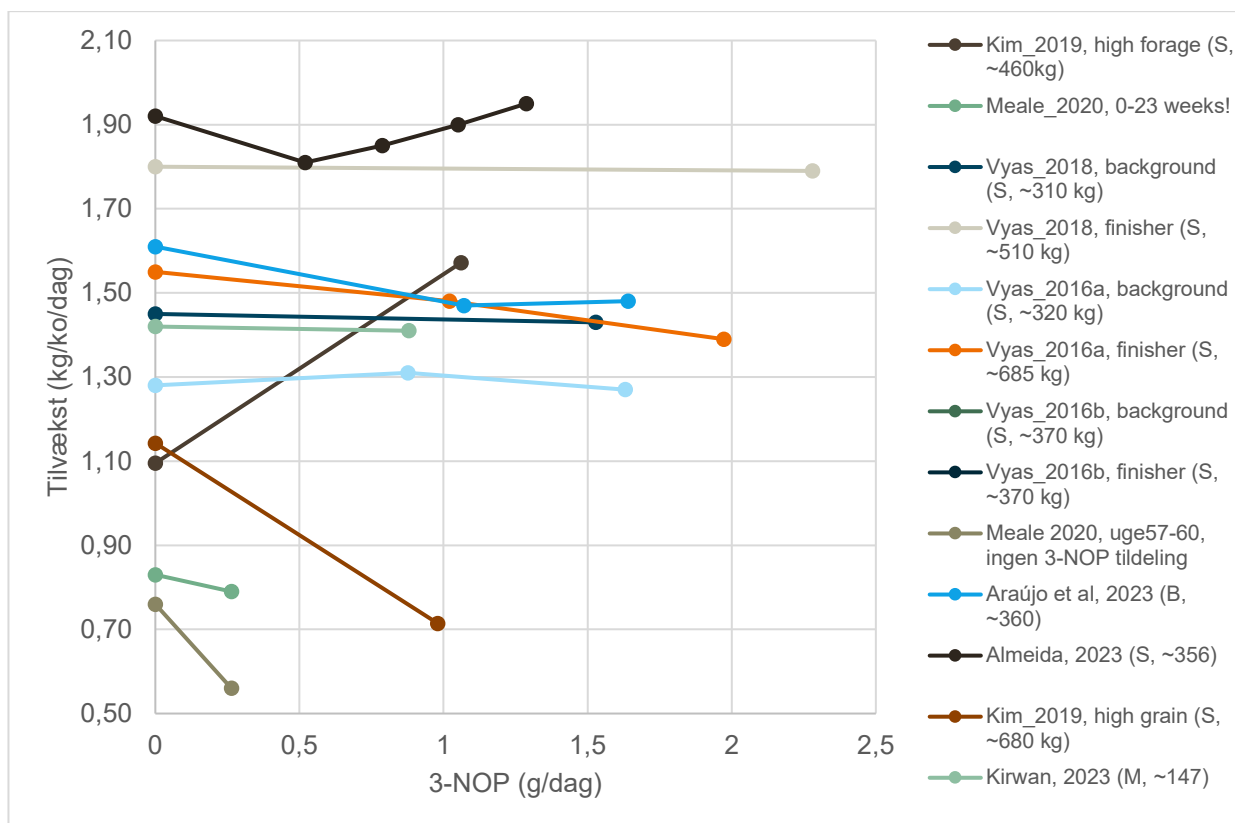
Figur 2: Sammenhæng mellem mg 3-NOP/kg TS og g metan/dyr/dag i de beskrevne studier i dette afsnit. S = steers (stude), M = male calves (tyrekalve), B = bulls (tyre).



Figur 3: Sammenhæng mellem g 3-NOP/dag og kg tørstofoptag/dyr/dag i de beskrevne studier i dette afsnit. S = steers (stude), M = male calves (tyrekalve), B = bulls (tyre).



Figur 4: Sammenhæng mellem mg 3-NOP/kg TS og kg tørstofoptag/dyr/dag i de beskrevne studier i dette afsnit. S = steers (stude), M = male calves (tyrekalve), B = bulls (tyre).



Figur 5: Sammenhæng mellem g 3-NOP/dag og kg tilvækst/dyr/dag i de beskrevne studier i dette afsnit. S = steers (stude), M = male calves (tyrekalve), B = bulls (tyre).

Nitrat

Nitrat forbruger brint når det omdannes til først nitrit og derefter ammonium, hvorfor der er mindre brint tilgængeligt til metandannelsen.

Dette afsnit består af korte beskrivelser af nogle af de mest relevante studier, der har undersøgt effekten af nitrat på ikke-lakterende dyr, dvs. kalve og voksende stude eller kvier. I figur 6-8 ses der en sammenligning af effekterne fra studierne. Dette viser, at der er varierende effekt af nitrat på metan. Gennemsnittet af den højeste dosis i g/dag er 190 g/dyr/dag eller 20,4 mg/kg TS, og den gennemsnitlige effekt er en reduktion i total mængde metan på 13,8% ift. kontrollen.

Tabel 2 giver desuden et overblik over de andre effekter samt forsøgsrationen og dyrenes alder, mens figur 6-8 beskriver effekterne.

I de studier der målte met-hæmoglobin i blodet, sås der generelt en øget koncentration, men ikke en koncentration der forventedes at være over de klinisk-toksiske niveauer for dyrene. De studier der undersøgte indholdet af NO₃- i væv såsom muskler osv. fandt, at der var en stigning i koncentrationen i vævene, men ikke en koncentration der forventedes at være til fare for humant konsum.

Villar et al. (2020) undersøgte effekten af nitrat eller rapsolie samt kombinationen heraf på metanudledningen i fire stude udstyret med en vom-fistel. Forsøget blev udført som et 4x4 latin design square og perioderne varede 21 dage. Nitrat fodredes i dosen 20 g/kg foder mens rapsolie fodredes som 50 g/kg foder. Studiet fandt, at tørstofoptagelsen faldt når der fodredes med kombinationen af nitrat og rapsolie, mens behandlinger med nitrat nedsatte fordøjeligheden med 4-6 g/100 g TS sammenlignet med kontrol-behandlingen. Der var ikke en signifikant effekt af nitrat eller rapsolie på g metan/ kg tørstofoptag, men der var en reduktion på 25% i g/kg TS ($P < 0,001$) og en reduktion på 26% i g/d af at fodre med nitrat i kombination med rapsolie. Der var ikke en effekt af nitrat eller rapsolie alene på metan. Kombinationen af behandlingerne reducerede TS-optag. Studiet fandt ikke en effekt på indholdet af flygtige fedtsyrer sammenlignet med kontrollen.

Lee et al. (2017) undersøgte effekten af indkapslet og u-indkapslet nitrat på voksende stude i feedlot-perioden ('finishing steers') på tilvækst, karakteristik af slagtekroppen samt koncentrationen af nitrat i væv. Forsøgsdesignet var et randomiseret komplet blok-forsøg og bestod af 132 dyr, der fodredes rationer med store mængder kraftfoder – 90% af rationen. Der var 3 rationer i forsøget; en kontrol, en med 1,24% indkapslet nitrat og en med 2,5% indkapslet nitrat, alle tilføjet til en TMR og fodret i 91 dage som baggrunds-datagrundlag, og derefter tilvænnet til de nye rationer i 28 dage, hvorefter de fodredes i 21 dage per ration i 6 perioder. Studiet fandt ikke en effekt på metanproduktionen totalt eller per kg TS af rationerne – der var en numerisk stigning i metan i g/dag og per kg TS for dosis 1,25% indkapslet nitrat, mens der var en numerisk nedgang i g/dag for 2,5% men per kg TS var der en numerisk stigning – dette skyldes en numerisk reduktion i TS-optag mens dyrene var i kamrene. Der var effekt på koncentrationen af NO₃- i muskler, fedt, lever og nyrer af fodring med nitrat. Koncentrationerne af NO₃- i væv vurderedes ikke at være til fare for human sundhed uanset dosis. Der var en tendens til, at fodring med indkapslet nitrat øgede tilvæksten ift. kontrolgruppen ($P = 0,092$) (1,36 kg/d vs. 1,43 og 1,39 kg/d), men der var ikke en signifikant forskel på start- eller slutvægt. Foderoptaget var signifikant mindre i gruppen med 2,5% indkapslet nitrat ift. de to andre grupper. Forsøget undersøgte desuden effekten af u-indkapslet nitrat fodret i en dosis af 2,3% på en mindre gruppe af dyrene og fandt heller ikke her en effekt på metan.

Duthie et al. (2018) undersøgte effekten af Calcinit (nitrat-produkt) på stude i et 2x4 faktor design med to racer og 4 rationer idet studiet ud over at undersøge effekten af nitrat undersøgte effekten af øget fedt og kombinationen heraf. De 80 stude blev adapteret til foderrationerne i 28 dage og fodredes derefter med forsøgsrationerne i 56 dage. Der blev foretaget målinger af metan i 13 uger med måling af 6 dyr per uge. Nitrat indgik som nævnt i foderrationen i form af Calcinit, og der indgik 21,5 g nitrat/kg TS. Nitrat havde en signifikant negativ effekt på tilvækst og metan – både totalt og per kg TS (hhv. -11% og -8%), men ikke per kg tilvækst. Desuden var fodereffektiviteten lavere i nitratgruppen end i kontrolgruppen idet 'feed conversion ratio' (foder pr kg tilvækst) var højere for nitrat- rationen end kontrolgruppen. Der blev desuden observeret højere koncentration af met-hæmoglobin i blodet i dyr fodret med nitrat end i kontrolgruppen, men der argumenteres for, at koncentrationerne er væsentligt lavere end de koncentrationer, der kan føre til klinisk toksicitet.

Newbold et al. (2014) lavede et todelt studie, hvoraf den første del undersøgte effekten af forskellige doser af Calcinit på Holsteinstude mens det andet forsøg undersøgte effekten på Nellore-stude. Idet Holstein-stude er mest repræsentative for danske racer, er dette inkluderet her. Forsøget var et komplet randomiseret blok-forsøg og forsøgsperioden var 49 dage efter en adoptionsperiode på 25 dage. Der blev målt metan på to stude fra hver gruppe ad gangen, så der blev målt i 8 dage, hvorefter respirationskamrene var tomme i to dage, hvorefter de næste dyr kom i respirationskamrene.

Desuden blev 9 dyr ekskluderet pga. en fastsat øvre grænse af met-hæmoglobin på 20%, mens der for de resterende dyr sås en dosis-respons, så dyrene med den højeste dosis af nitrat havde den højeste met-hæmoglobinkoncentration. Der var en effekt på kropsvægt, der primært skyldes eksklusion af dyr som netop beskrevet, og ingen effekt på foderoptagelse af øget dosis af nitrat. Der var en signifikant effekt af nitrat på metan i g/d således at metan i g/d reduceredes med; 12, 15, 10, 30 og 28% og med 12, 10, 30 og 30% per kg TS. Der var desuden en effekt på metan per kg kropsvægt.

Lee et al. (2015) undersøgte effekten af 3 forskellige niveauer af indkapslet nitrat på 8 vomfi-stulerede kødkvægskvier i et 'replicated 4 x 4 latin square design' med perioder på 28 dage. Kontrolrationen indeholdt indkapslet urea, mens forsøgsrationerne indeholdt hhv. 1, 2, og 3% indkapslet nitrat. Der var en tendens til, at TS-optag faldt lineært når dosis af nitrat øgedes ($P=0,06$). Metanproduktion i g/d og i g/kg TS reduceredes når dosis af nitrat steg således at der var en reduktion på hhv. 3,3, 10,4 og 20,8% for de 3 doser. Der blev ikke observeret forskelle i start eller slut-vægt mellem grupperne.

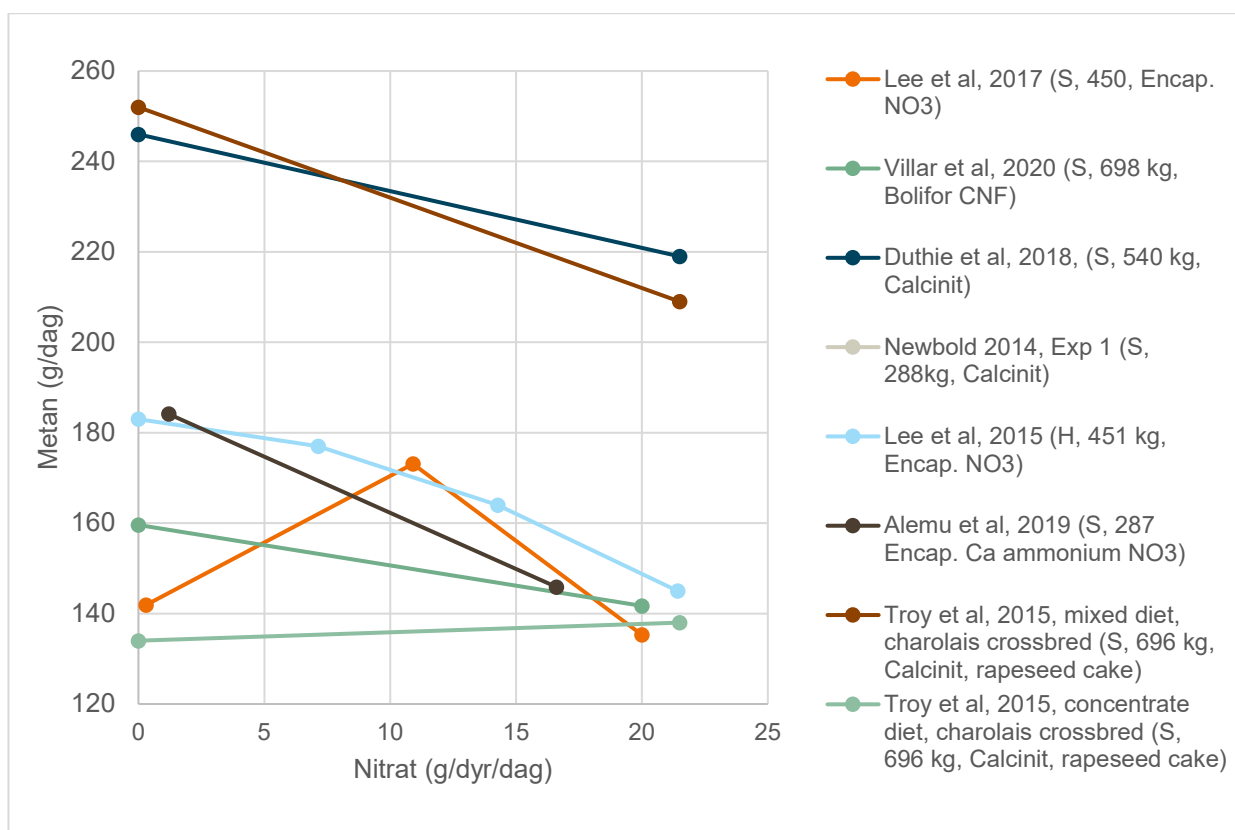
Alemu et al. (2019) undersøgte effekten af indkapslet nitrat og microindkapslede essentielle olier i kødvægsskude i et 2 x 2 faktorielt design. Nitrat indgik i rationen i en dosis på 2,5% i form af calcium ammonium nitrat og erstattede urea. Dyrene fodredes med rationerne i 84 dage og følgende resultater er for perioden fra dag 29 til 112; nitrat reducerede metanproduktion med 20,8% i g/d og med 17,8 procent for g/kg TS. TS-optag reduceredes fra 8,93 til 8,47 kg/dag ($P=0,003$), men daglig tilvækst var ikke signifikant påvirket over hele perioden fra dag 28 til 112. Der var en højere måltidsfrekvens når dyrene blev fodret med rationen iblandet nitrat, ligesom g TS/minut reduceredes.

Troy et al. (2015) undersøgte effekten af nitrat på Charolais-stude med to forskellige rationer; en med 50% grovfoder og 50% kraftfoder, blandet ration, og en med 8% grovfoder og 92% kraftfoder. Forsøget var et 2 x 2 x 3 forsøg idet to racer indgik, men her fokuseres på Charolais-dyrene. Dyrene blev tilvænnet de respektive foderrationer og metan blev målt over 13 uger, 3 dage ad gangen. Når nitrat fodredes i kombination med den blandede ration (50/50)

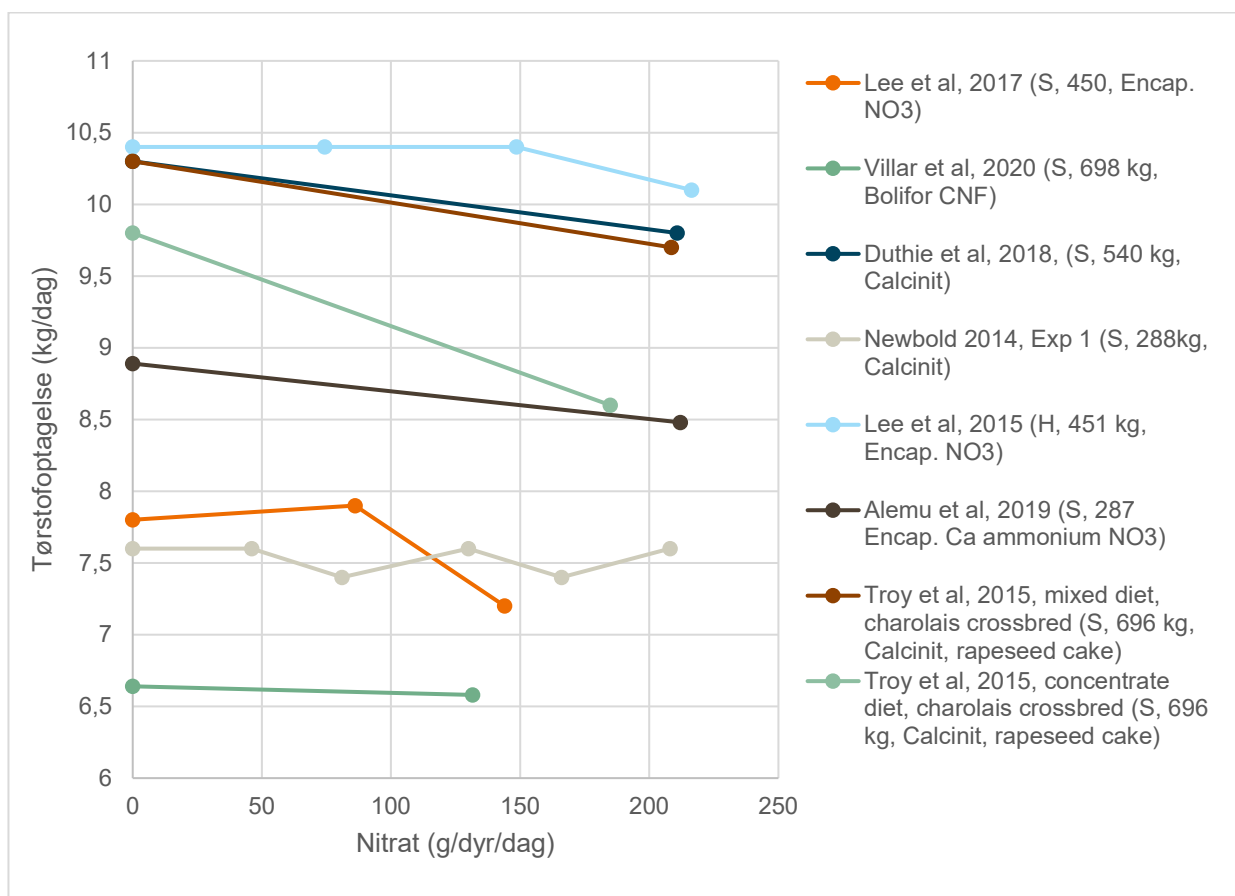
reduceredes g metan/kg TS med 17%, mens der ikke var en effekt af at fodre med nitrat i rationen med meget kraftfoder. Der var desuden ingen effekt på foderoptagelsen uanset ration.

Tabel 2: Oversigt over forsøg med nitrat til ungdyr.

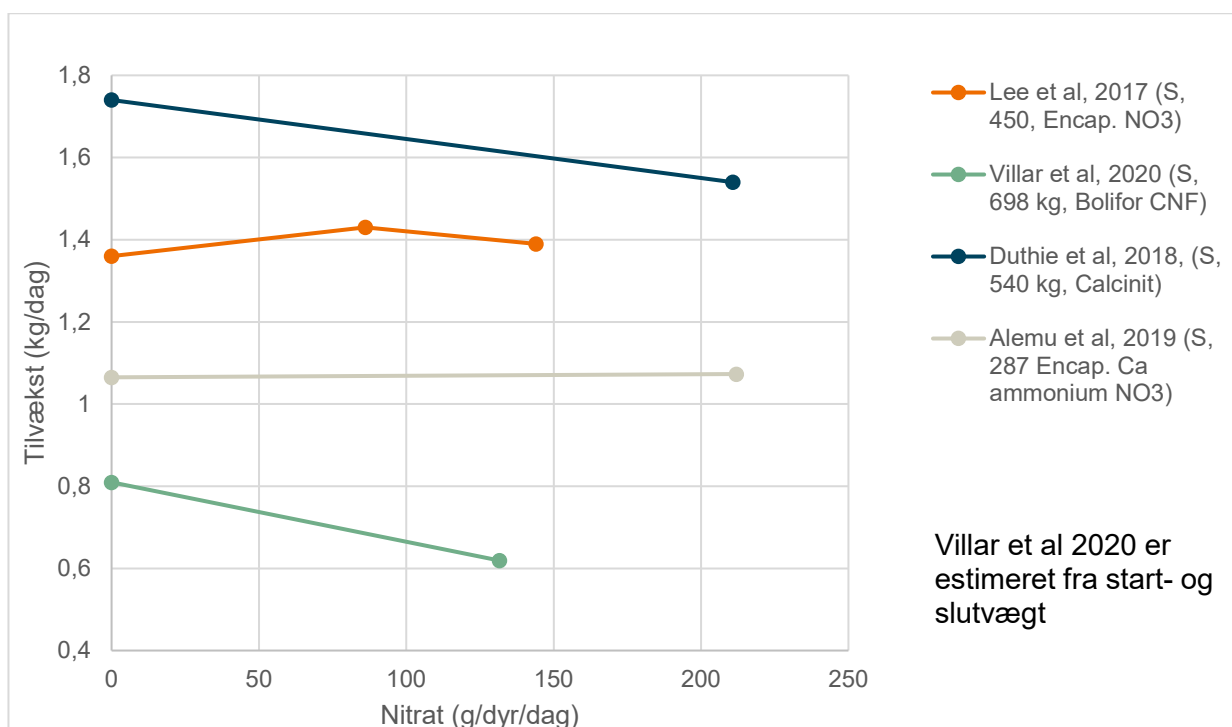
Reference	Antal dyr (totalt/ per ration)	Dosis	Nitrat form	Type/vægt af dyr	Type ration	Grovfo- der/kraft- foder	Metan måle me- tode
(Troy, et al., 2015), blan- det ration	38/19	21,5 g/kg TS	Calcinit	Charolais krydsninger / ~700kg,	TMR	50/50	Kamre
(Troy, et al., 2015), meget kraftfoder	38/19	21,5 g/kg TS	Calcinit	Charolais krydsninger / ~700kg	TMR	8/92	Kamre
(Alemu, et al., 2019)	88/22	2,5% af TS	Calcium am- monium ni- trat	Kødkvægs- stude/ ~280 kg	TMR	80/20	Green- Feed
(Lee, et al., 2015)	8/8	1, 2 og 3 % af TS	Indkapslet nitrat	Kødkvægs- kvier/ ~450 kg	TMR	55/45	Kamre
(Newbold, et al., 2014)	36/6/6/6/5/2/ 2 (se doser)	0,6%, 1,2%, 1,8%, 2,4% og 3% af TS	Calcinit	Holstein- stude/ ~288 kg	TMR	65/35	Kamre
(Lee, et al., 2017)	132	1,25% og 2,5% encap- sulated & 2,3% unen- capsulated af TS	Encapsula- ted og unen- capsulated	Krydsnings- stude, Fi- nishing steers /~450 kg	TMR	10/90	Kamre
(Villar, et al., 2020)	4/4	20 g/kg fo- der	Bolifor CNF	Mature steers / ~700 kg	TMR	40/60	Kamre
(Duthie, et al., 2018)	80/20	21,5 g/kg TS	Calcinit (cal- cium ammo- nium nitrate)	Steers	TMR	55/45	Kamre



Figur 6: Sammenhængen mellem nitrat dosis og metanproduktionen i g/dag hos ungdyr i de beskrevne studier i dette afsnit. S = steers (stude), H = heifer (kvier).



Figur 7: Sammenhængen mellem g nitrat/dag og tørstofoptagelsen i kg/dag hos ungdyr i de beskrevne studier i dette afsnit. S = steers (stude), H = heifer (kvier).



Figur 8: Sammenhæng mellem g nitrat/dag og tilvæksten i kg/dag hos ungdyr i de beskrevne studier i dette afsnit. S = steers (stude), H = heifer (kvier).

Fedt

Dette afsnit beskriver studier, der har undersøgt effekten af øget fedt på metanproduktionen i voksende dyr. Gennemsnittet af 'ether ekstrakt' (dvs mængden af fedt bestemt ved analyse af foderet) i kontrollen er 23, mens gennemsnittet af 'ether ekstrakt' i g/kg TS for den højeste dosis er 58. Den gennemsnitlige reduktion i metan i g/dag er 17,2% ift. kontrollen. Tabel 3 giver desuden et overblik over de andre effekter samt forsøgsrationen og dyrenes alder, mens figur 9-12 beskriver effekterne.

Beauchemin & McGinn (2006) undersøgte effekten af rapsolie på voksende kvier. Der blev tilføjet 0,06% rapsolie til rationen, der havde en høj andel grovfoder. Der var en reducerende effekt på metan i g/d på 32%, mens der kun var en numerisk effekt på g/kg TS på 14% idet der også var en negativ effekt på TS-optaget på 17%. Der var desuden også en negativ effekt på fordøjeligheden af TS og fiber af fodringen med rapsolie. Der var ikke en effekt på tilvækst.

Villar et al. (2020) blev beskrevet i afsnittet om nitrat idet forsøget undersøgte effekten af nitrat og rapsolie. Der var ikke en effekt på metan af nitrat eller rapsolie alene, men i kombination.

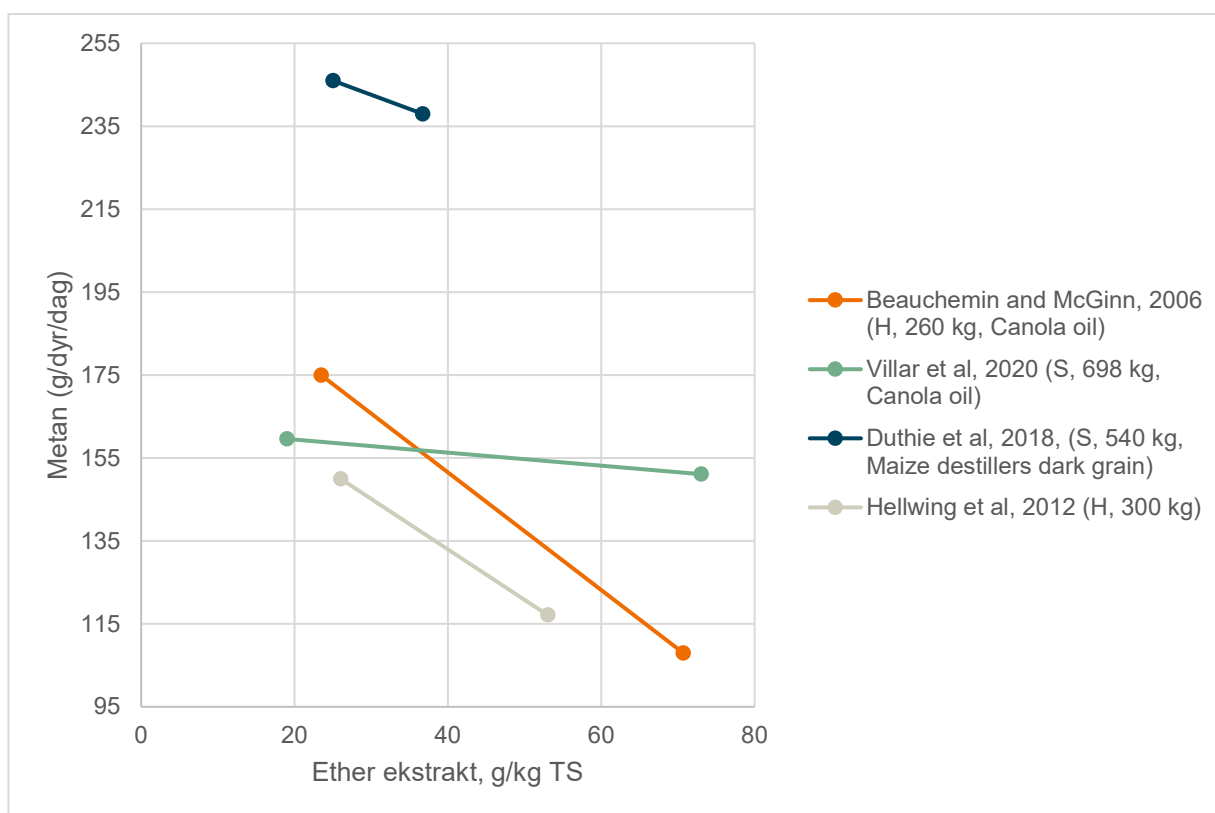
Duthie et al. (2018) er ligeledes beskrevet i afsnittet om nitrat. 'Maize distillers dark grains' (majsbærme) var kilden til øget fedt i rationen, og der indgik 128 g/kg TS i rationen. Dette øgede 'ether ekstrakt' fra 25 g/kg TS i kontrol-rationen til 36,7 g/kg TS i fedt-rationen. TS-optag, tilvækst eller TS-optag per kg kropsvægt var ikke påvirket af den øgede mængde fedt, ligesom metan heller ikke var påvirket, hverken i g/dag eller som per kg TS. Der var en signifikant stigning i acetat og reduktion af valerat og forgrenede kæder i vom-væsken.

Hellwing et al. (201) undersøgte effekten af rapsfrø på 12 Holstein kvier. Rapsfrøene var knuste og der fodredes 72 g/kg TS, der erstattede rapsskrå. Der var et råfedt-indhold på 53 g/kg

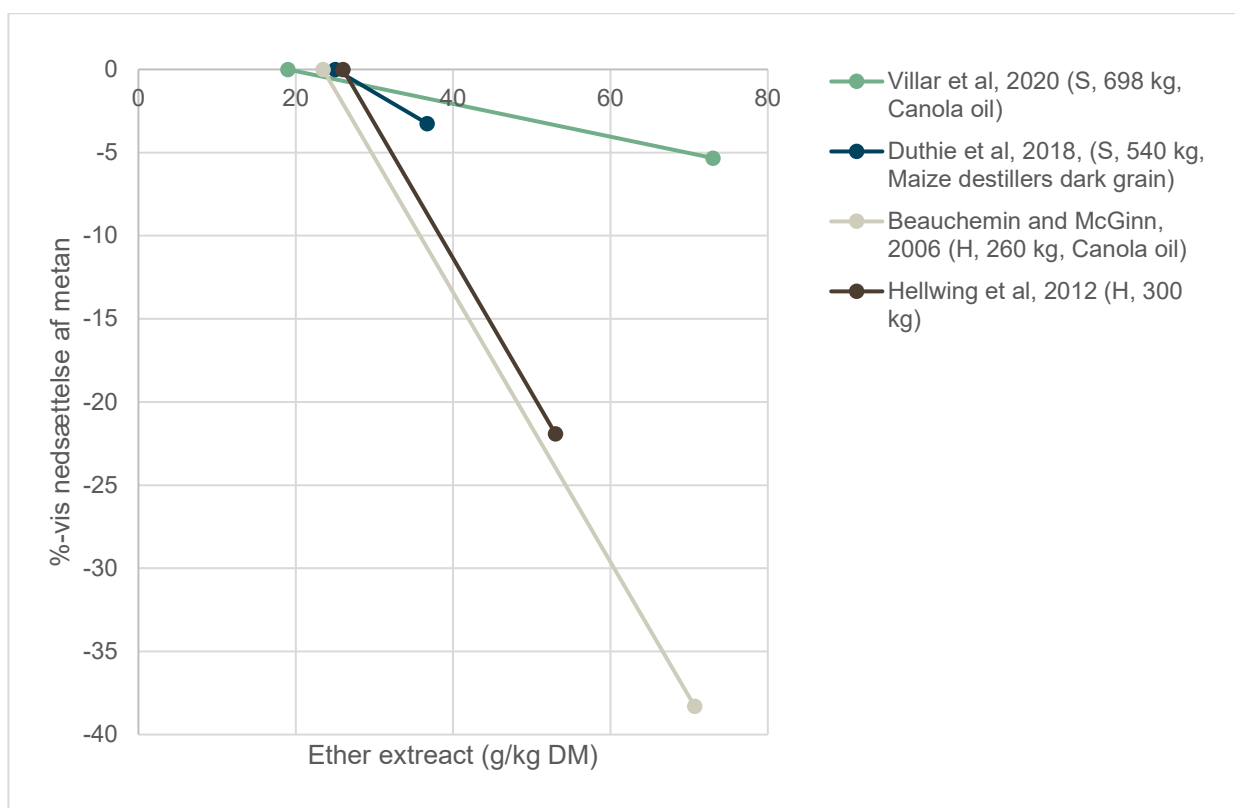
TS i rationen. TS-optaget var reduceret under metanmålingerne på fedt-rationen og der var en tendens til, at den var lavere i resten af forsøgsperioden ($P=0,09$). Metan var lavere i L/dag, men ikke per kg TS eller per kg tilvækst. Der var en signifikant effekt på tilvækst, der var reduceret med 20 %. Den daglige metanudledning var reduceret med 22% (L/dag), hvilket svarer til 2% per g fedt tilsat.

Tabel 3: Oversigt over referencerne i dette afsnit, der omhandler forsøg med fedt. Denne figur beskriver antallet af dyr i forsøgene, dosis af behandlingen, typen og vægten af dyrene, type af ration og sammensætningen heraf samt hvilke måletype der er benyttet i forsøgene.

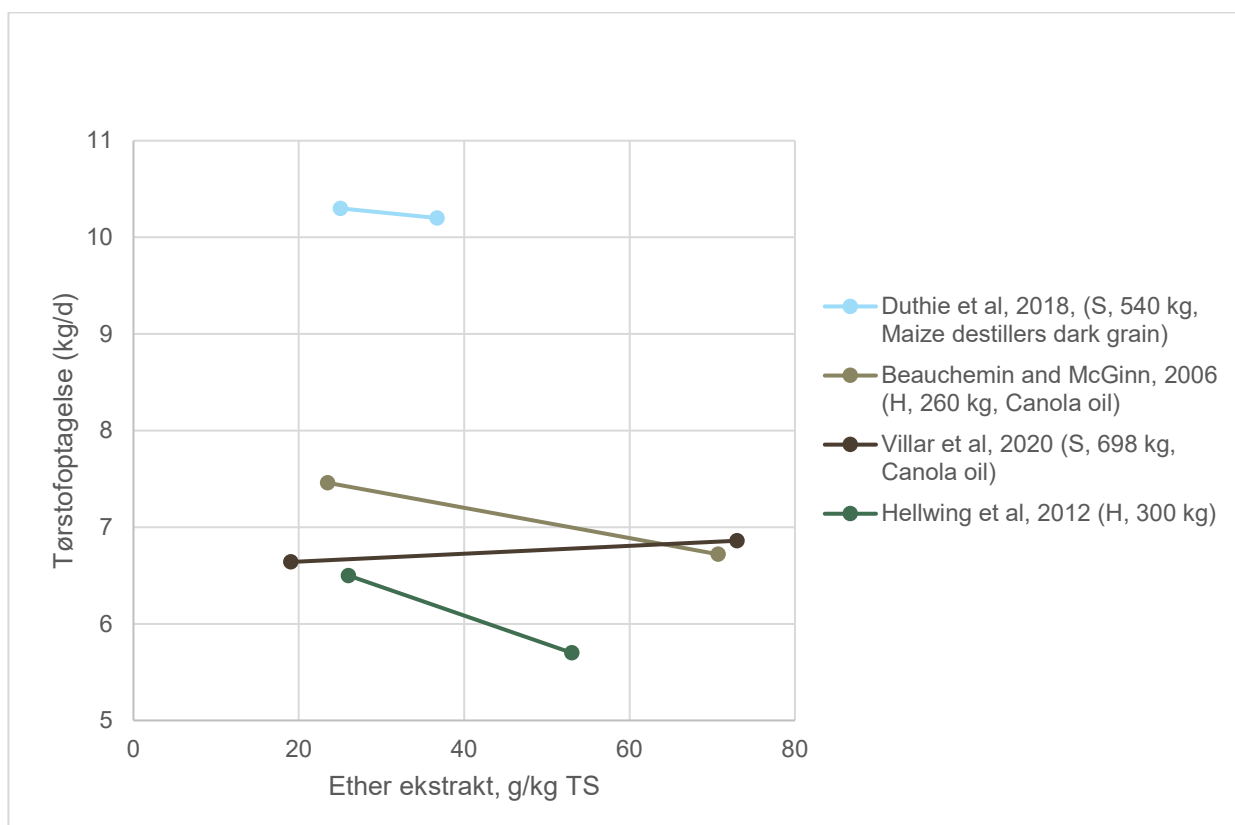
Reference	Antal dyr (totalt/ per ration)	Råfedt g/kg TS /kilde	Type/vægt af dyr	Type ration	Grovfo-der/kraftfoder	Måletype
(Beauchemin & McGinn, 2006)	16/8	- / rapsolie	Anguskvier /~260 kg	TMR	75/25	Kamre
(Villar, et al., 2020)	4/4	73/ rapsolie	Mature steers /~700 kg	TMR	40/60	Kamre
(Duthie, et al., 2018)	80/20	36,7 / majsbærme	Krydsnings-stude Aberdeen Angus og Limousine / ~540 kg	TMR	55/45	Kamre
(Hellwing, et al., 2012)	12/6	53/ Knuste rapsfrø	Holsteinkvier ~300 kg	TMR	90/10	Kamre



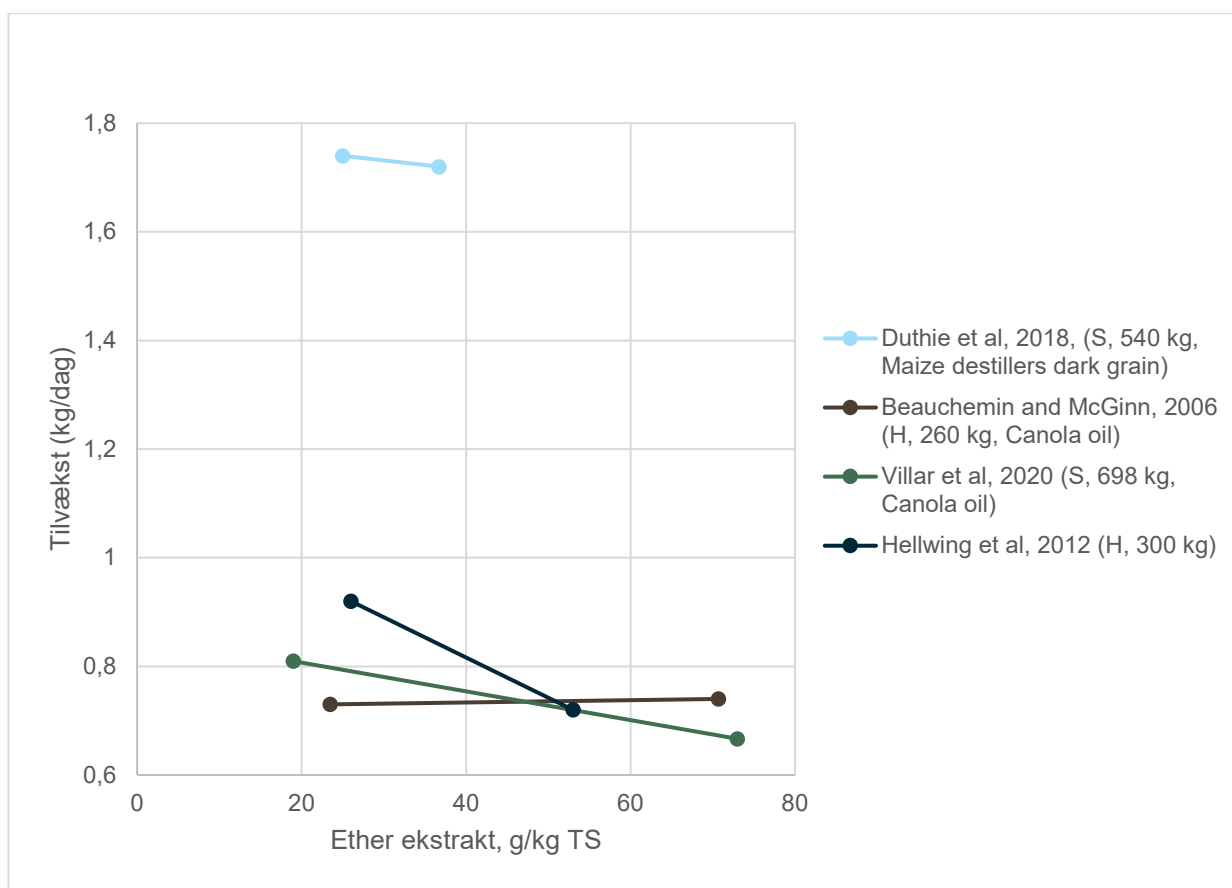
Figur 9: Sammenhæng mellem metanproduktion i g/yr/dag og Ether ekstrakt i g/kg TS hos ungdyr i de beskrevne studier i dette afsnit. S = steers (stude), H = heifer (kvier).



Figur 10: Sammenhæng mellem den procentvise ændring i metan i totale mængder per dag og Ether ekstrakt i g/kg TS hos ungdyr i de beskrevne studier i dette afsnit. S = steers (stude), H = heifer (kvier).



Figur 11: Sammenhæng mellem Ether ekstrakt i g/kg TS og TS-optagelsen i kg/dyr/dag hos ungdyr i de beskrevne studier i dette afsnit. S = steers (stude), H = heifer (kvier).



Figur 12: Sammenhæng mellem Ether ekstrakt i g/kg TS og tilvækst i kg/dag i ungdyr i de beskrevne studier i dette afsnit. S = steers (stude), H = heifer (kvier).

Referencer

- Alemu, A., Romero-Pérez, A., Araujo, R. C. & Beauchemin, K. A., 2019. Effect of Encapsulated Nitrate and Microencapsulated Blend of Essential Oils on Growth Performance and Methane Emissions from Beef Steers Fed Backgrounding Diets. *Animals*.
- Almeida, A. K. et al., 2023. Effect of 3-nitrooxypropanol on enteric methane emissions of feedlot cattle fed with a tempered barley-based diet with canola oil. *Journal of Animal Science*, Issue 101, pp. 1-10.
- Araújo, T. L. R. et al., 2023. Feeding 3-nitrooxypropanol reduces methane emissions by feedlot cattle on tropical conditions. *Journal of Animal Science*, Issue 101, pp. 1-11.
- Beauchemin, K. A. & McGinn, S. M., 2006. Methane emissions from beef cattle: Effects of fumaric acid, essential oil, and canola oil. *J. Anim. Science*, Volume 84, pp. 1489-1496.
- Duthie, C. -A. et al., 2018. The effect of dietary addition of nitrate or increase in lipid concentrations, alone or in combination, on performance and methane emissions of beef cattle. *Animal*.
- Hellwing, A. L. F. et al., 2012. Can rapeseed lower methane emission from heifers?. *Acta Agriculturae Scandinavica - Sectopn A- Animal Science*, 62(4).
- Kim, S. -H. et al., 2019. Effects of 3-nitrooxypropanol on enteric methane production, rumen fermentation, and feeding behavior in beef cattle fed a high-forage or high-grain diet. *J. Anim. Sci.*, Issue 97, pp. 2687-2699.
- Kirwan, S. F. et al., 2023. Effects of dietary supplementation with 3-nitrooxypropanol on enteric methane production, rumen fermentation, and performance in young growing beef cattle offered a 50:50 forage:concentrate diet. *Journal of Animal Science*.
- Lee, C., Araujo, R. C., Koenig, K. M. & Beauchemin, K. A., 2015. Effects of encapsulated nitrate on enteric methane production and nitrogen and energy utilization in beef heifers. *J. Anim. Sci.*

Lee, C., Araujo, R. C., Koenig, K. M. & Beauchemin, K. A., 2017. Effects of encapsulated nitrate on growth performance, carcass characteristics, nitrate residues in tissues, and enteric methane emissions in beef steers: Finishing phase. *American Society of Animals Science*, Issue 95, pp. 3712-3726.

Meale, S. J. et al., 2021. Early life dietary intervention in dairy calves results in a long-term reduction in methane emissions. *Nature*.

Newbold, J. R. et al., 2014. The effect of incremental levels of dietary nitrate on methane emissions in Holstein steers and performance in Nelore bulls. *Journal of Animal Science*, pp. 5032-5040.

Troy, S. M. et al., 2015. Effectiveness of nitrate addition and increased oil content as methane mitigation strategies for beef cattle fed two contrasting basal diets. *J. Anim. Sci*, Volume 93, pp. 1815-1823.

Villar, M. L. et al., 2020. The effect of dietary nitrate and canola oil alone or in combination on fermentation, digesta kinetics and methane emissions from cattle. *Animal Feed Science and Technology*, Volume 259.

Vyas, D. et al., 2018. The combined effects of supplementing monensin and 3-nitrooxypropanol on methane emissions, growth rate, and feed conversion efficiency in beef cattle fed high-forage and high-grain diets. *J. Anim. Sci.*

Vyas, D. et al., 2016a. Effects of sustained reduction of enteric methane emissions with dietary supplementation of 3-nitrooxypropanol on growth performance of growing and finishing beef cattle. *J. Anim. Science*.

Vyas, D. et al., 2016b. Optimal dose of 3-nitrooxypropanol for decreasing enteric methane emissions from beef cattle fed high-forage and high-grain diets. *Animal Production Science*.