

# BETYDNING AF PROTEIN/KVÆLSTOFKILDE FOR MÆLKEPRODUKTION OG METAN EMISSION

MARTIN WEISBJERG, WENJI WANG, MORTEN MAIGAARD, PETER LUND, NICOLAJ  
I. NIELSEN\*

INSTITUT FOR HUSDYR- OG VETERINÆRVIDENSKAB, AU-VIBORG,  
FORSKNINGSCENTER FOULUM, AARHUS UNIVERSITET

\*SEGES INNOVATION

# INDHOLD

---

- **NPN proteinkilder**
- **Resultater fra et forsøg med proteinkilde/proteinniveau x nitrat**
- **Danske erfaringer med nitrat**

# NPN SOM PROTEINKILDE

---

Urinstof (urea) (46%N), ammoniak (82%N) og nitrat (SilvAir 16%N)

Fordele:

- Koncentreret
- Der følger ikke fosfor (P) med

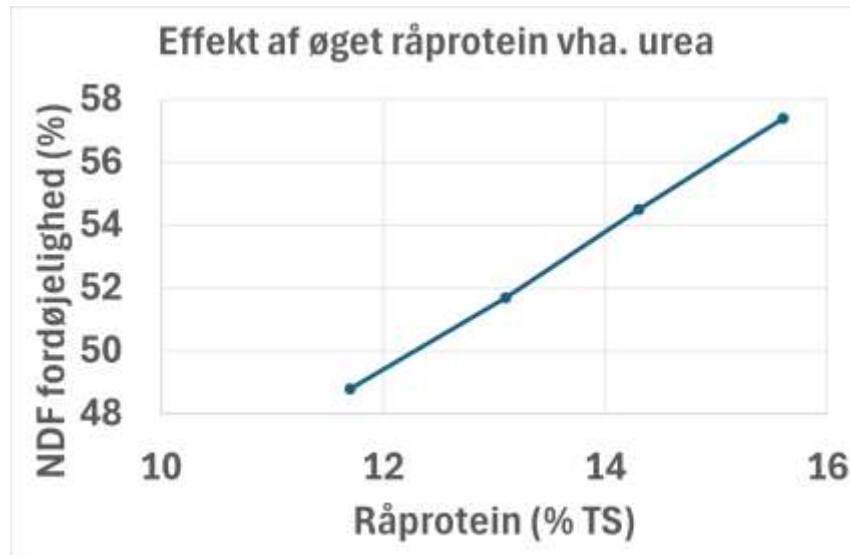
Ulemper:

- Kun PBV, ikke AAT
- Giver ikke de aminosyrerester efter deaminering, der kan have positive effekter på vomomsætningen
- Risici: Ammoniakforgiftning, nitratforgiftning, methæmoglobincæmi

# UREA

Urea effektiv som PBV kilde

Men ikke som AAT kilde - Urea, majs, SoyPass kunne ikke fuldt erstatte sojaskrå ved konstant råproteinkonc.



Weisbjerg 1997

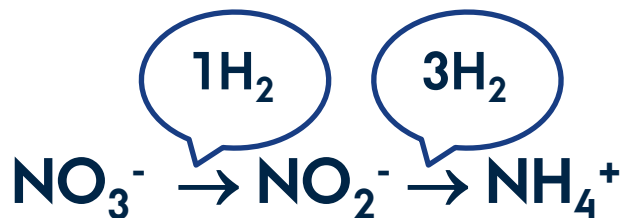
Urea (% af TS)	0	0.41	0.84	1.31
Urea (g/d)	0	95	193	292
Foderoptagelse (kg/d)	23.6	23.2	23	22.3
3.5% mælk, kg/d	36.4	36	34.6	33.7
Mikrobiel effektivitet, g NAN/kg MMTDR	29.3	28.6	24.4	24.5

Broderich et al. 2009

- Niels B. Kristensen (Fodringsdag 2021), max. 200 g urea/dag

# NITRAT

- Kan findes i grovfoder, f.eks. kraftigt gødede og tørkeramte afgrøder
- Har ikke tidligere været almindelig som NPN kilde i foder
- Nu betydelig interesse pga. reducerende effekt på metanemission
- Nitrat reduceres til ammoniak i vommen, og her fanges  $H_2$ , der således ikke er til rådighed for metanproduktion
- Forskellige salte, kalciumnitrat bedst egnet som fodertilskud



Nitrat → nitrit → ammonium

---

# Resultater fra et forsøg med proteinkilde/proteinniveau x nitrat

# FORSØGET

- 48 køer (24 1. kalvs, 24 ældre)
- 2 (Urea vs. Nitrat) × 3 (147, 153, 158 g råprotein/kg DM) faktorielt
- 6 × 4 ukomplet romerkvadrat med 4 perioder
- Periodelængde 21 dage
- Metanmåling i GreenFeed
- Proteinbehandlinger opnås ved ombytning majs glutenfoder med majs gluten/majs
- Øget protein konfunderet med øget NDF og reduceret stivelse



**Majs gluten foder**  
Råprotein 221 g/kg TS  
Stivelse 198 g/kg/TS  
NDF 398 g/kg TS



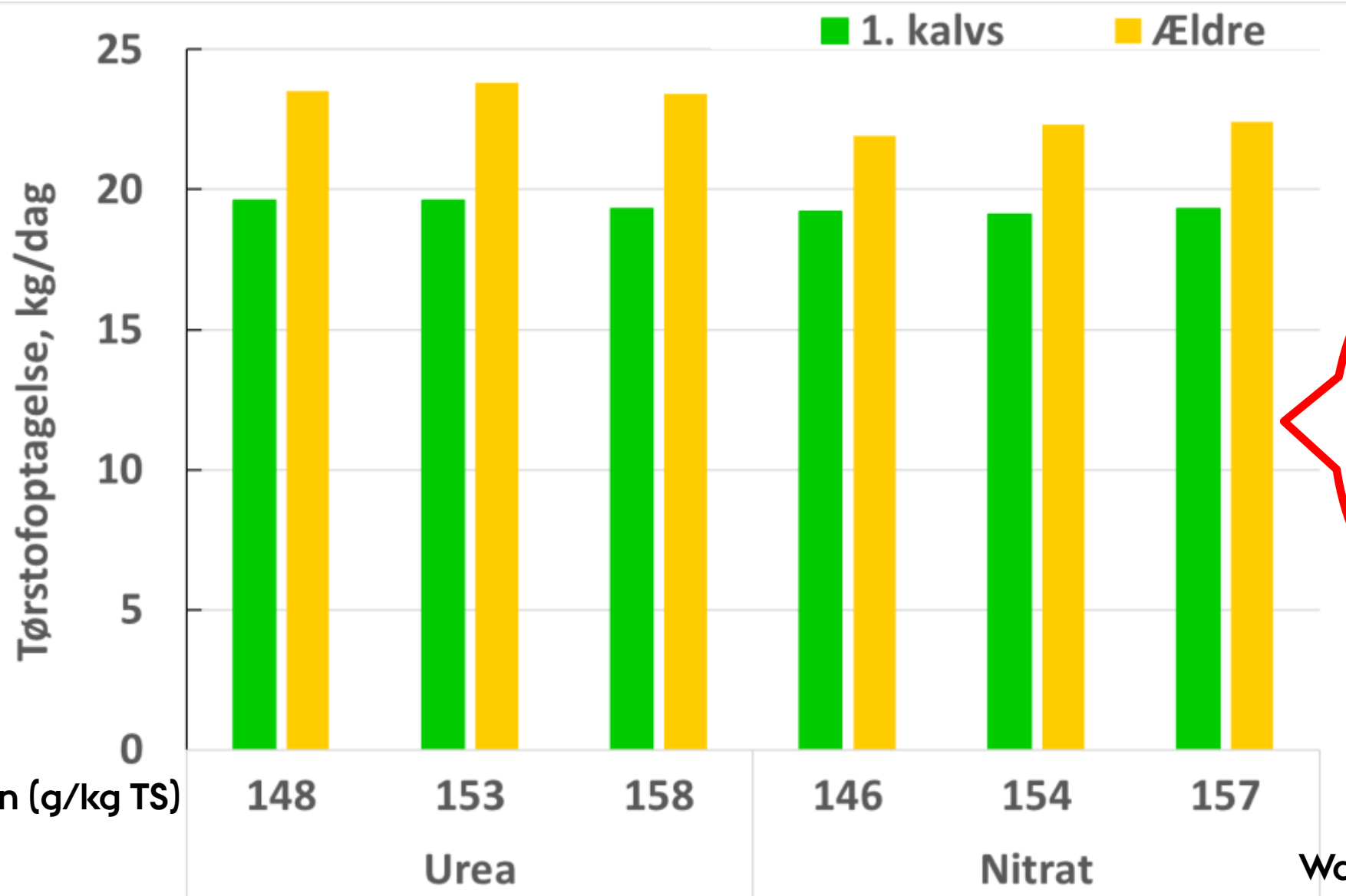
**Majs gluten**  
Råprotein 716 g/kg TS  
Stivelse 134 g/kg/TS  
NDF 37 g/kg TS



**Majs kerne**  
Råprotein 95 g/kg TS  
Stivelse 671 g/kg/TS  
NDF 114 g/kg TS

# Foderoptagelse, kg TS/dag

	Protein lineær	Nitrat	Y-index	Paritet	Nit × Par
P-værdi	0,62	<0,001	0,01+	<0,001	<0,001



Nitrat reducerede foderoptag, især for ældre køer (1,4 vs. 0,3 kg, 5,8 vs. 1,5%)

Råprotein (g/kg TS)

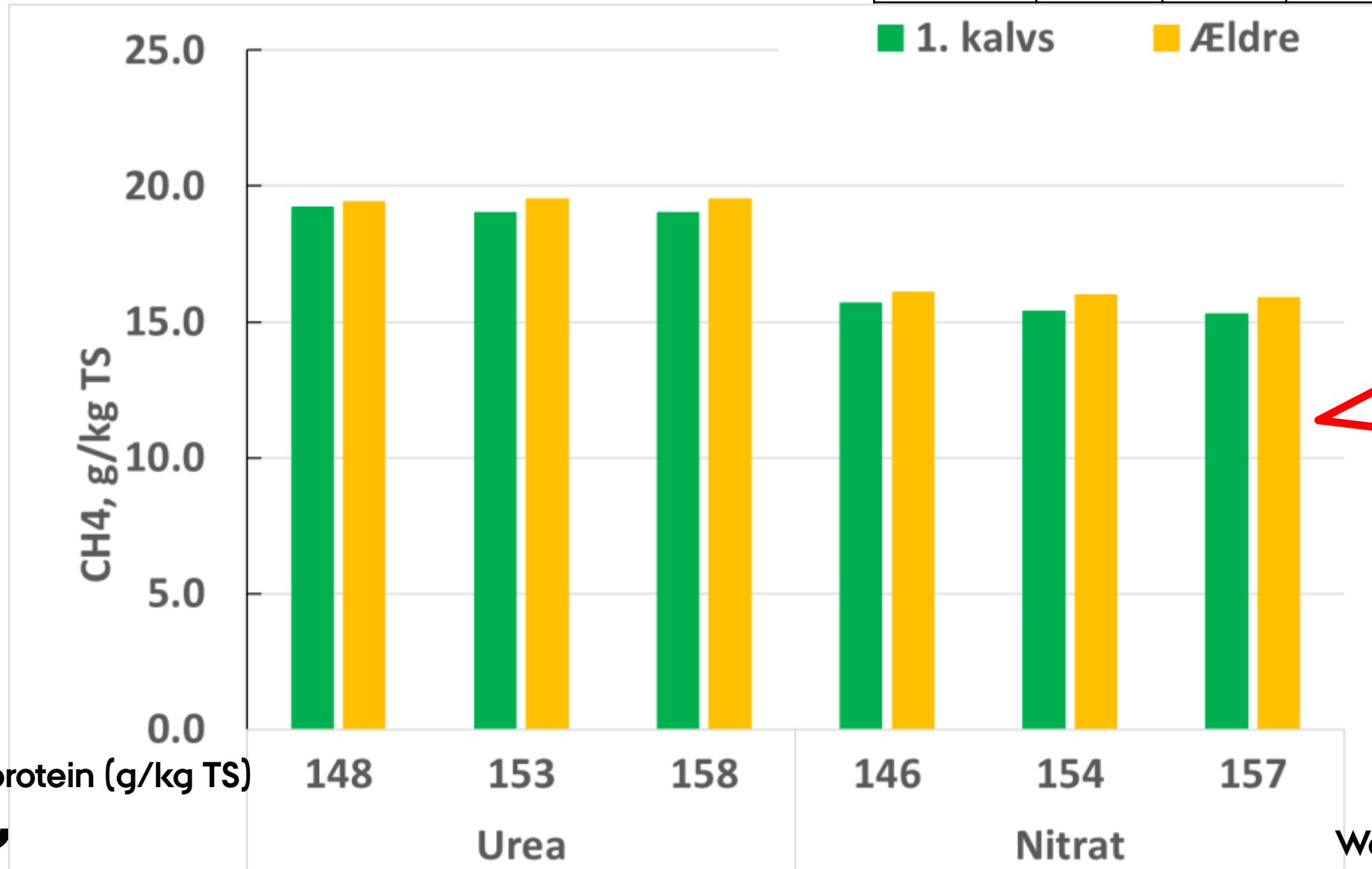


Wang et al. (2023)



# Metan, g/kg TS

	Protein lineær	Nitrat	Y-index	Paritet	Nit × Par
P-værdi	0,62	<0,001	0,80	0,33	0,71



Nitrat reducerede metan (18,3%), ingen effekt af protein

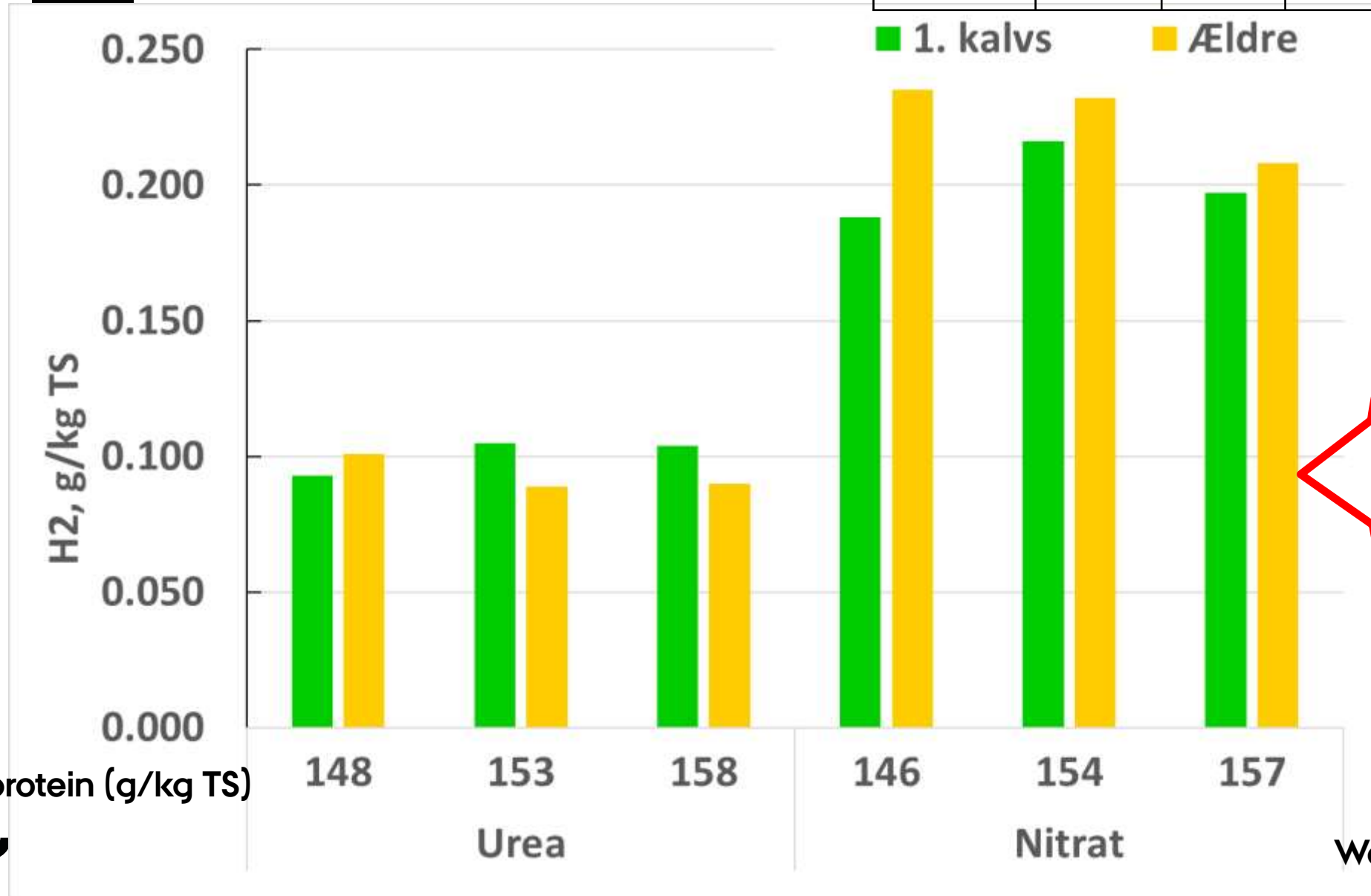
Råprotein (g/kg TS)



Wang et al. (2023)

# H<sub>2</sub>, g/kg TS

	Protein lineær	Nitrat	Y-index	Paritet	Nit × Par
P-værdi	0,69	<0,001	0,30	0,48	0,006



Nitrat øger brint, men protein har ingen effekt. Vekselvirkning til paritet, så effekt af nitrat er større for ældre køer.

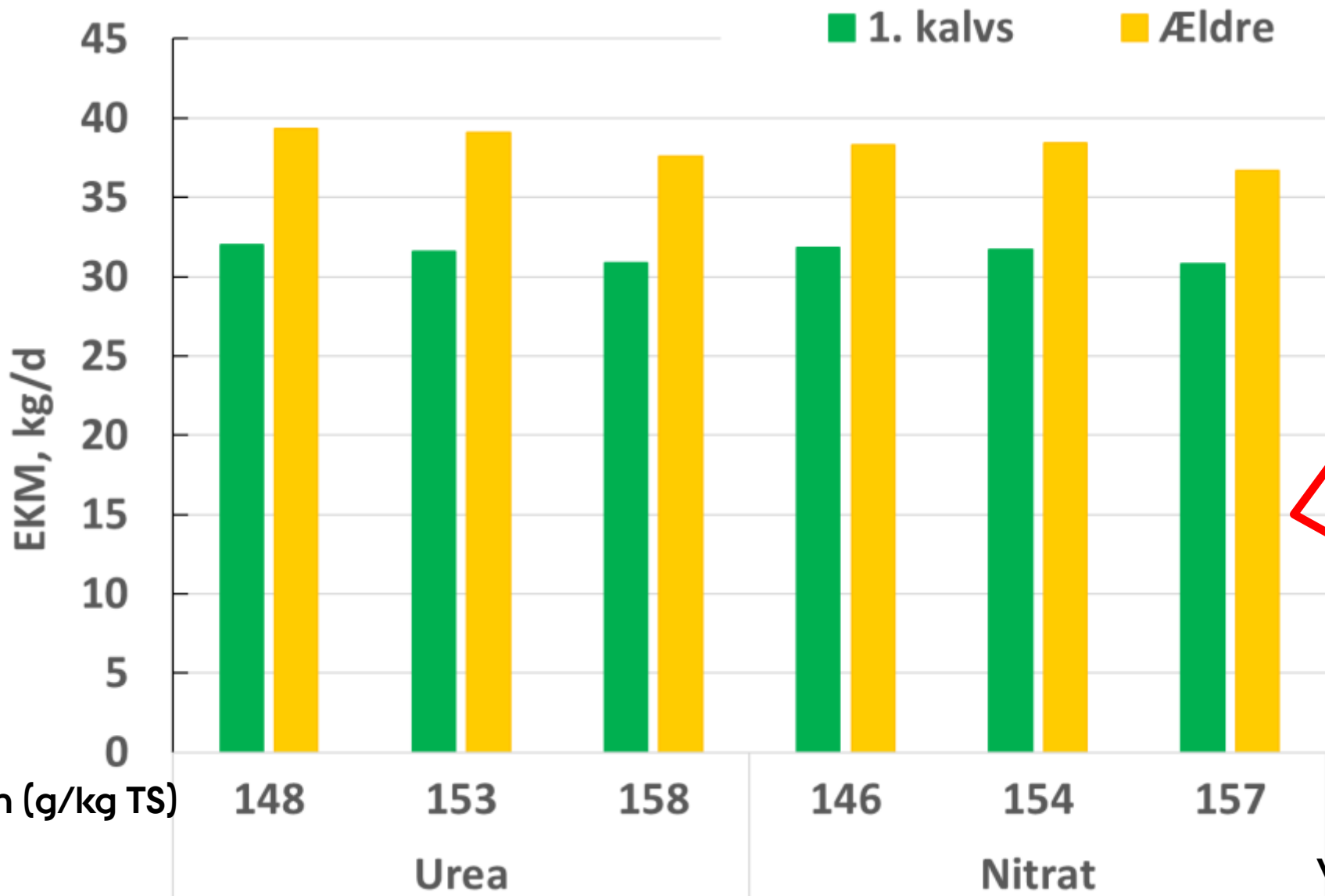
Råprotein (g/kg TS)



Wang et al. (2023)

# Mælkeydelse, EKM

	Protein lineær	Nitrat	Y-index	Paritet	Nit × Par
P-værdi	<0,001	0,07	<0,01+	<0,001	0,11



Nitrat gav lidt lavere ydelse for ældre køer (0,9 kg), pga. reduceret foderoptag. Øget protein reducerede EKM ydelsen (1.4 kg)

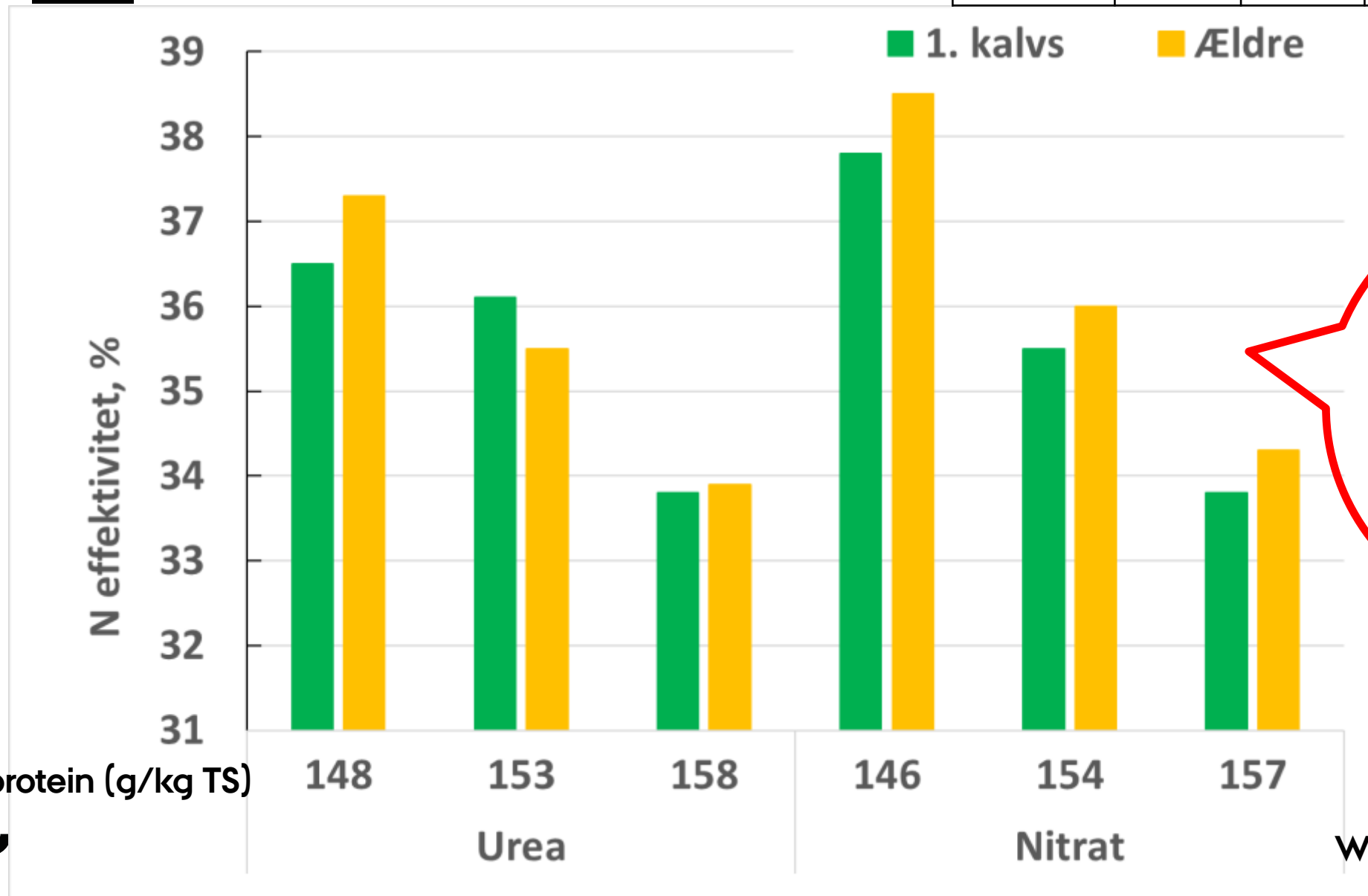
Råprotein (g/kg TS)



Wang et al. (2023)

# N EFFEKTIVITET (N MÆLK/N FODER)

	Protein lineær	Nitrat	Y-index	Paritet	Nit × Par
P-værdi	<0,001	0,09	0,05+	0,7	0,4



Øget proteinniveau reducerede, nitrat tenderede til at øge kvælstof effektivitet

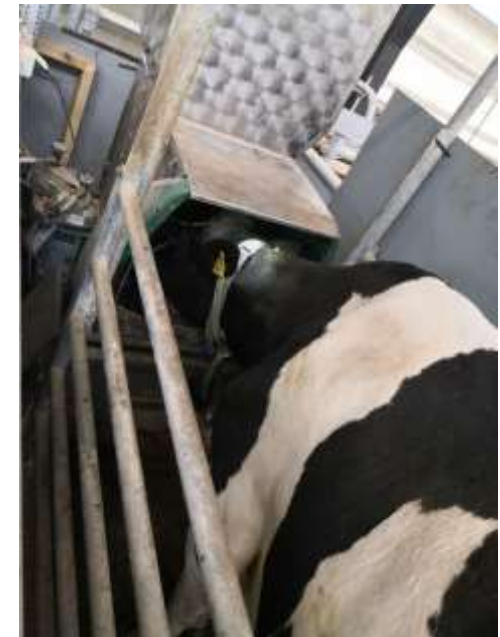
Råprotein (g/kg TS)



Wang et al. (2023)

# KONKLUSION, PROTEIN NITRAT FORSØG

- Proteinniveau påvirker ikke metan pr. kg tørstofoptag, og vekselvirker ikke med NPN kilde (nitrat)
- Øget proteinniveau (øget majs glutenfoder på bekostning af majs gluten og majs) reducerede mælkeydelsen
- Ældre køer responderede mere på nitrat
  - Mere brint (men samme reduktion i metan)
  - Lavere foderoptagelse
  - Lavere produktion af værdistoffer - mælk



# Hvorfor neg. mælkerespons på højere råprotein?

- Lysin og metionin forsyning ok
- Så klassisk eksempel på at AAT betyder noget!

	Urea			Nitrat		
Råprotein, g/kg TS	148	153	158	146	154	157
AAT til mælk, g/MJ	14,6	14,4	13,2	13,3	13,2	12,6
PBV, g/kg TS	6	12	20	8	14	21

AAT-PBV beregnet for 2 lakt. med aktuelt indhold i fodermidler, målte nedbrydeligheder og foderoptagelse ældre køer.

# NITRATFORSØG AU DER REFERERES

2013  
2x2  
4 køer  
20 g NO<sub>3</sub>  
Lund et al. (2014)

2013  
4x4  
4 køer  
5, 14, 21 g NO<sub>3</sub>  
Olijhoek et al. (2016)  
Petersen et al. (2015)

2020  
8x8  
48 køer  
10 g NO<sub>3</sub>  
Maigaard et al. (2024)  
Lokuge et al. (2024)

2021  
6x6  
48 køer  
10 g NO<sub>3</sub>  
Wang et al. (2023)

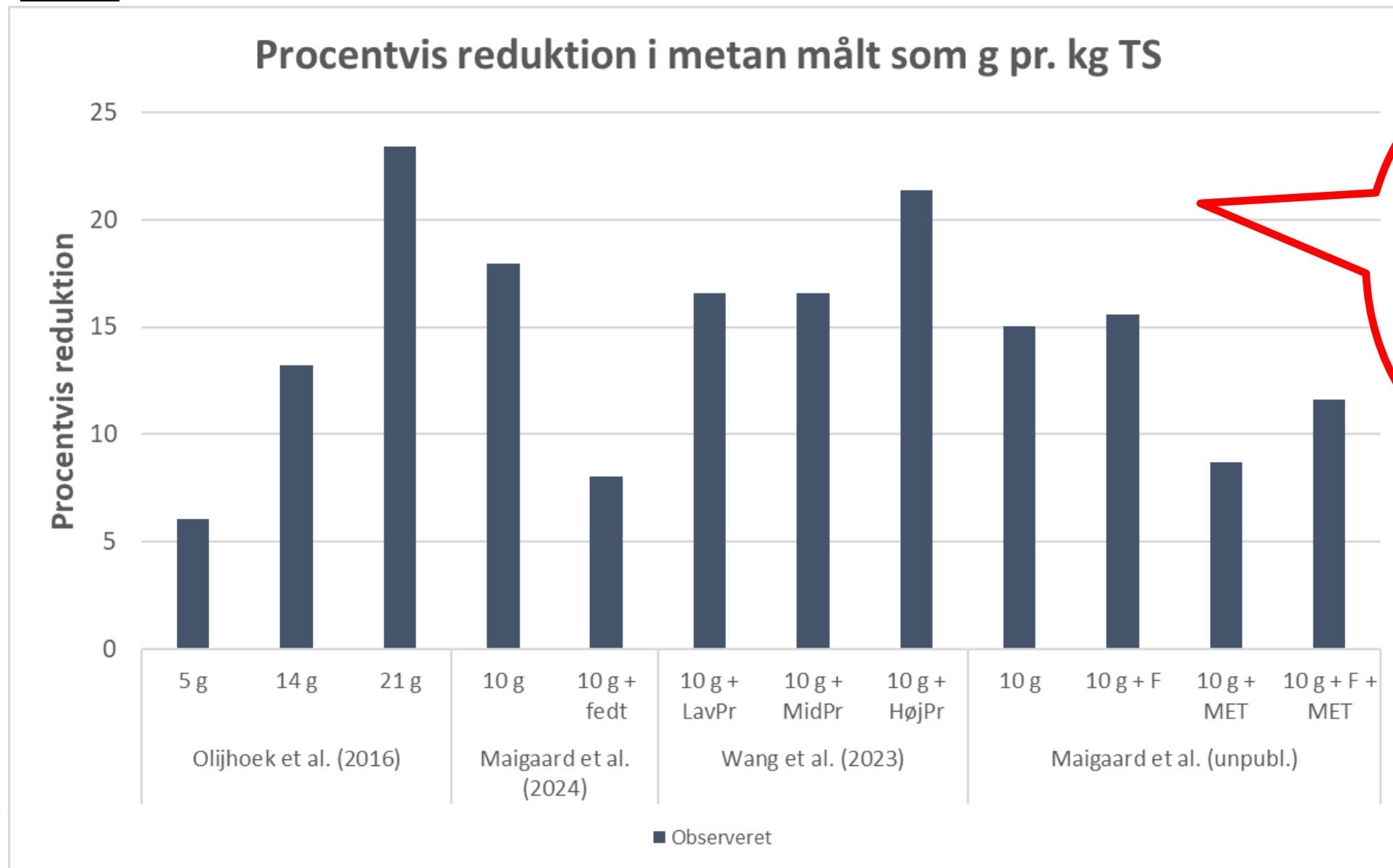
2021  
6x6  
6 køer  
10 g NO<sub>3</sub>  
Maigaard et al. (upub.)

2021  
2x2  
4 køer  
8,6 g NO<sub>3</sub>  
Wang et al. (2024)

2022-2024  
3x3  
200 køer  
8,6 g NO<sub>3</sub>  
De Evan et al. (upub.)



# NITRAT, EFFEKT PÅ METAN

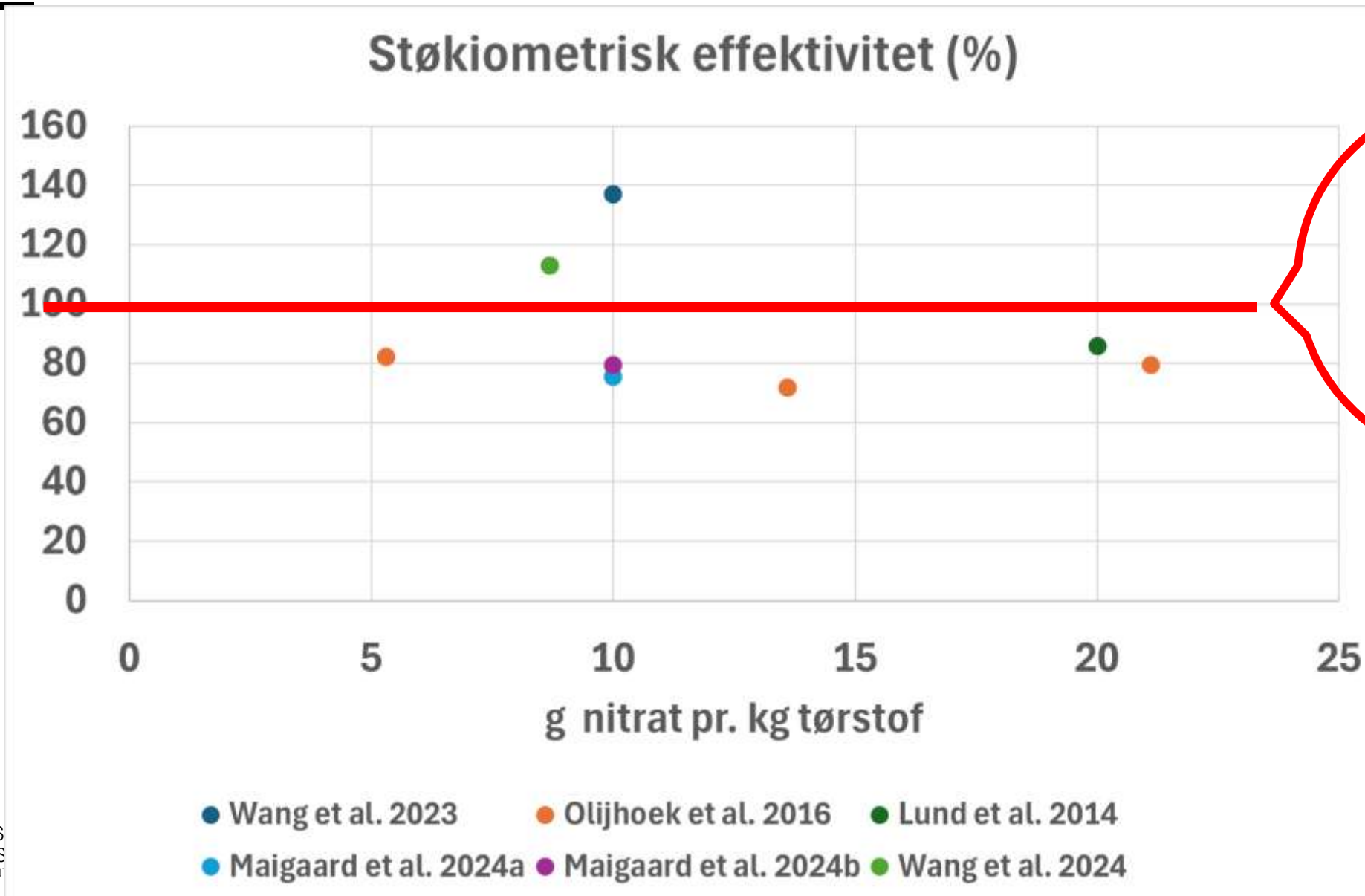


Betydelig reducerende effekt på metan af nitrat i danske forsøg



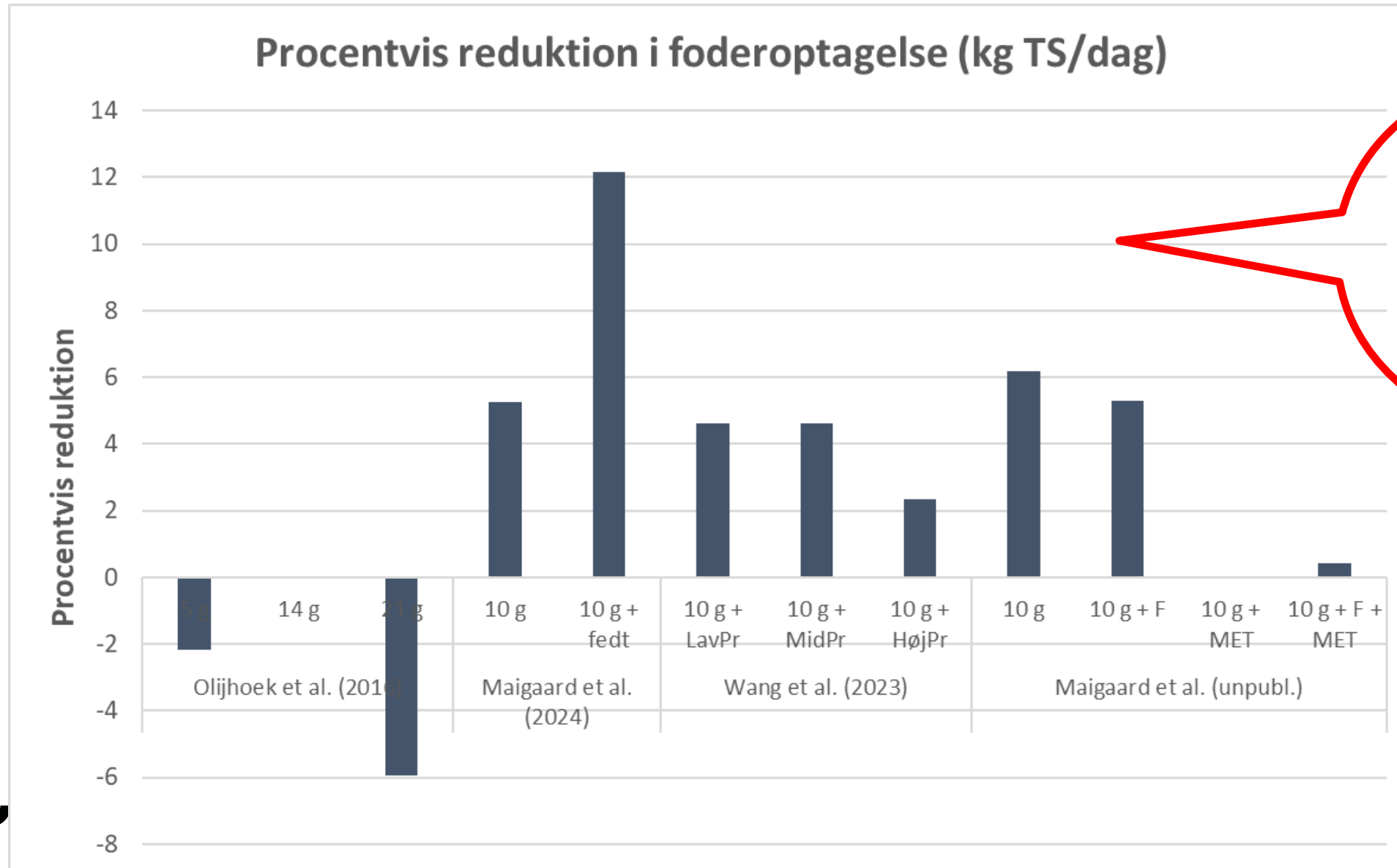


# NITRAT, EFFEKT PÅ METAN - BRINT STØKIOMETRI



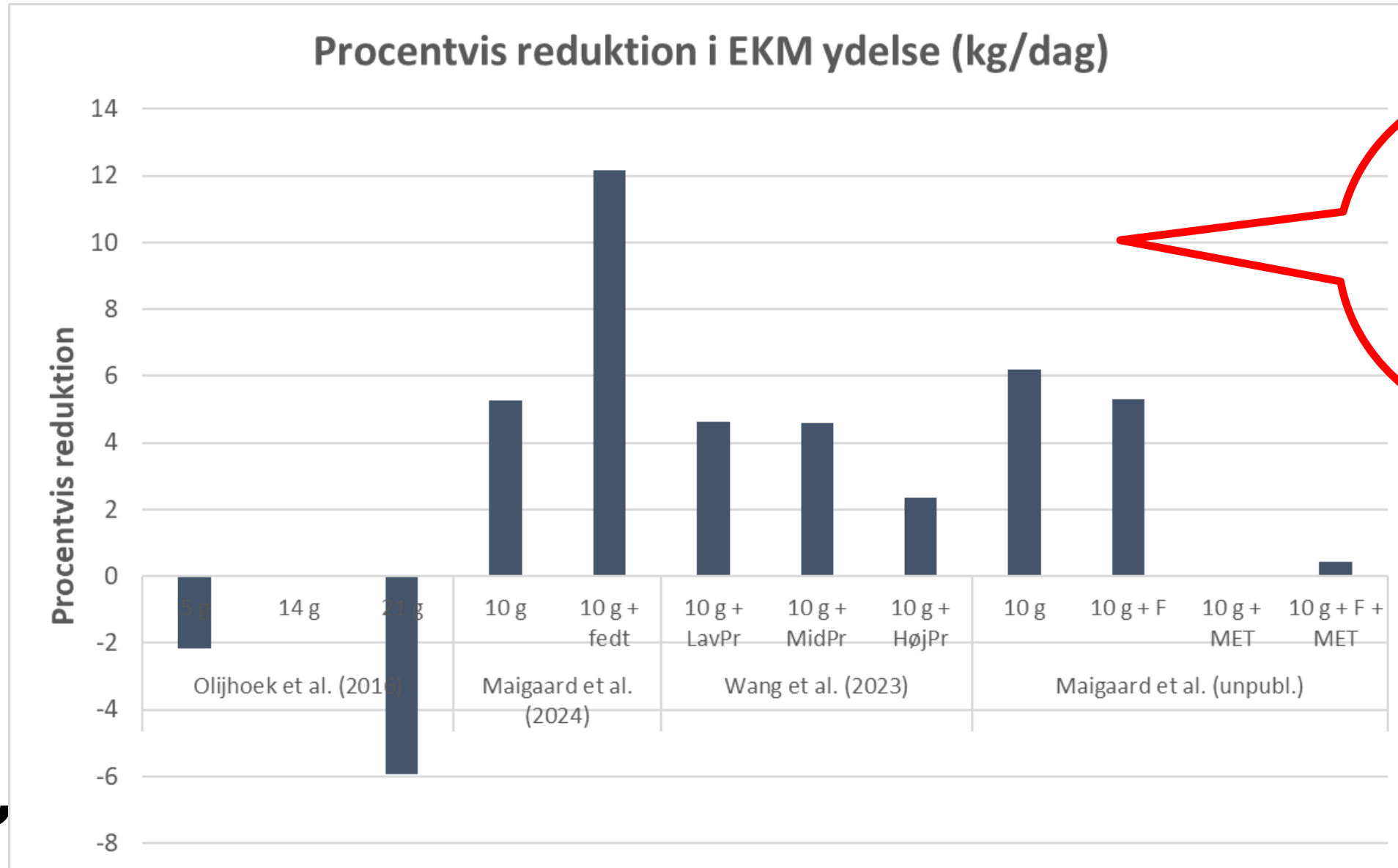
I nogle forsøg  
effekt ud  
over teoretisk  
støkiometrisk  
effekt

# NITRAT, EFFEKT PÅ FODEROPTAGELSE



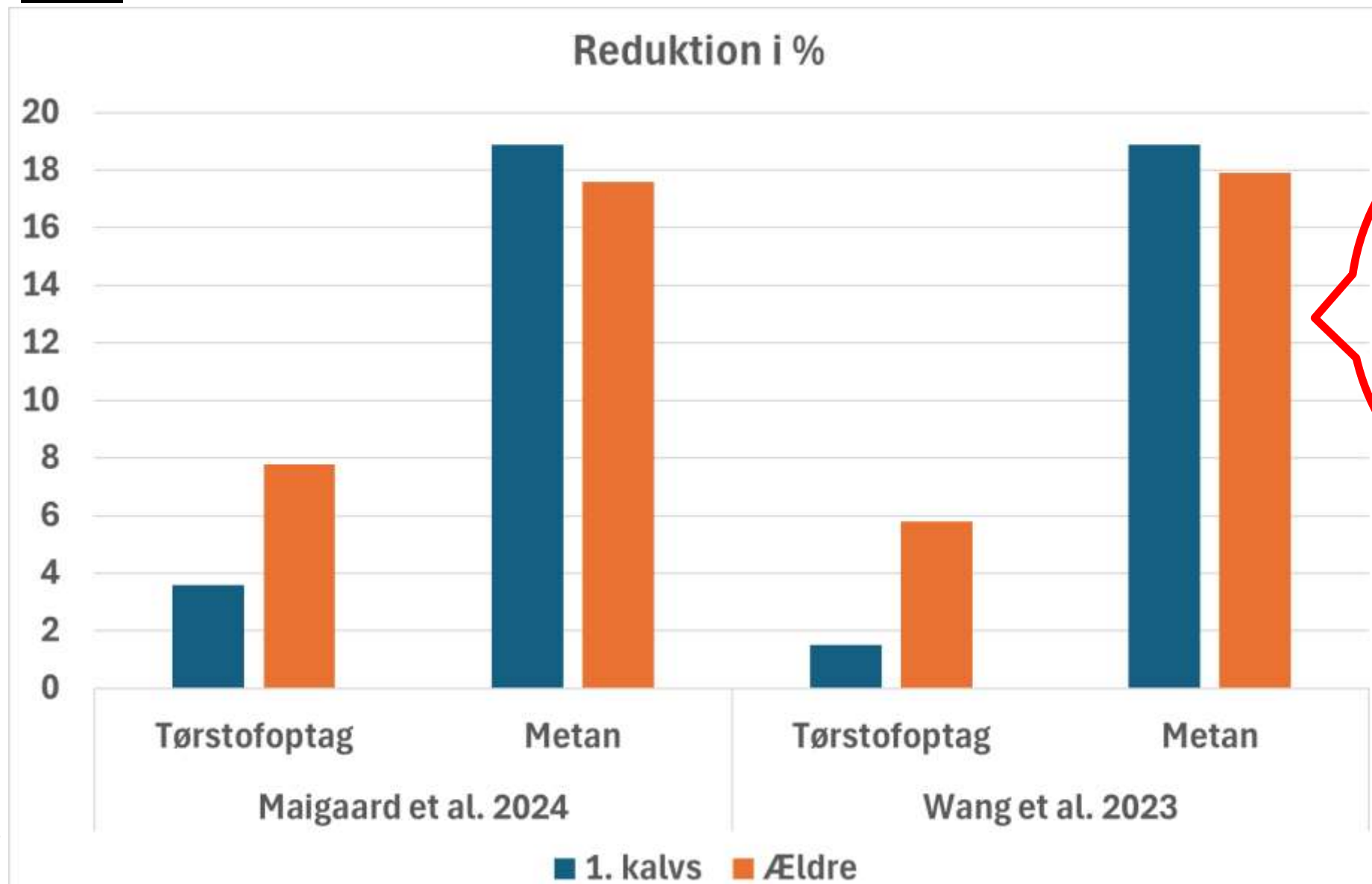
Alle nyere forsøg har givet reduktion i foderoptagelse

# NITRAT, EFFEKT PÅ EKM YDELSE



Reduceret foderoptagelse er fulgt af reduceret EKM ydelse i nyere forsøg

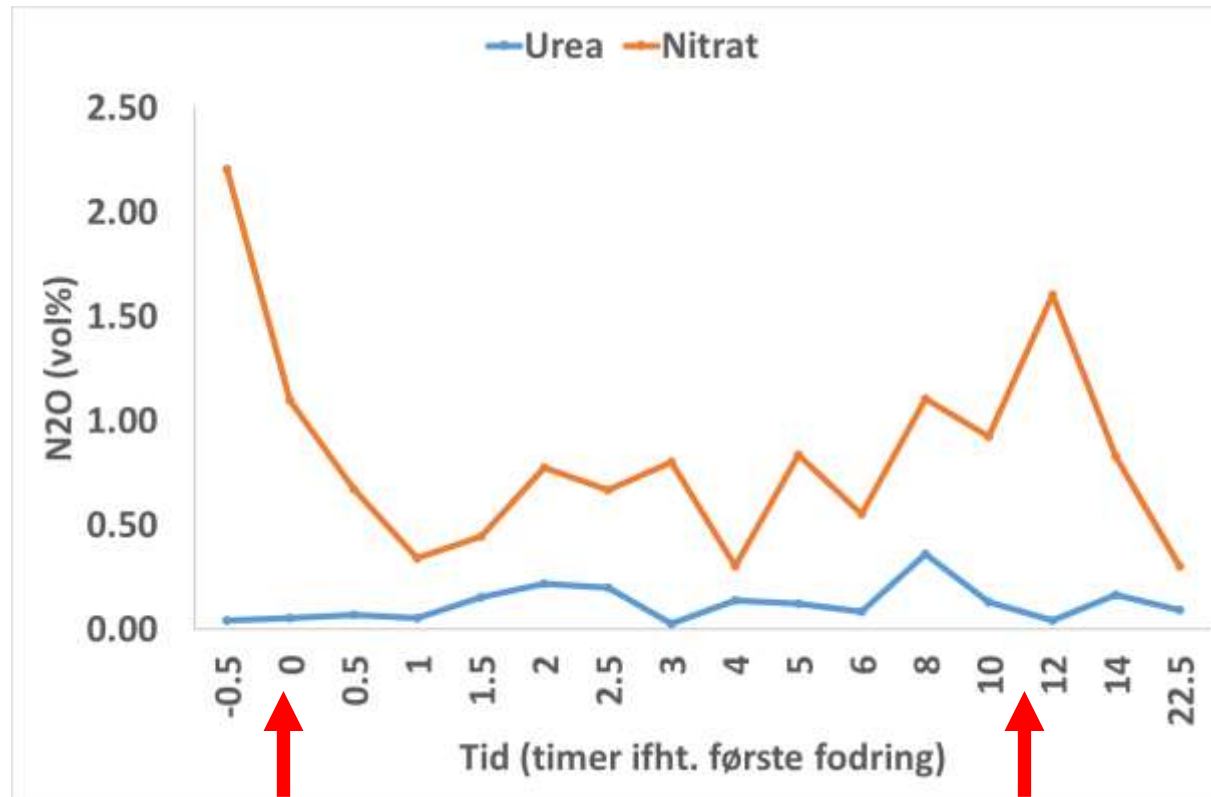
# VEKSELVIRKNING NITRAT - PARITET



**Ældre køer reducerer foderoptag - men ikke metan - mere end 1. kalvs køer**



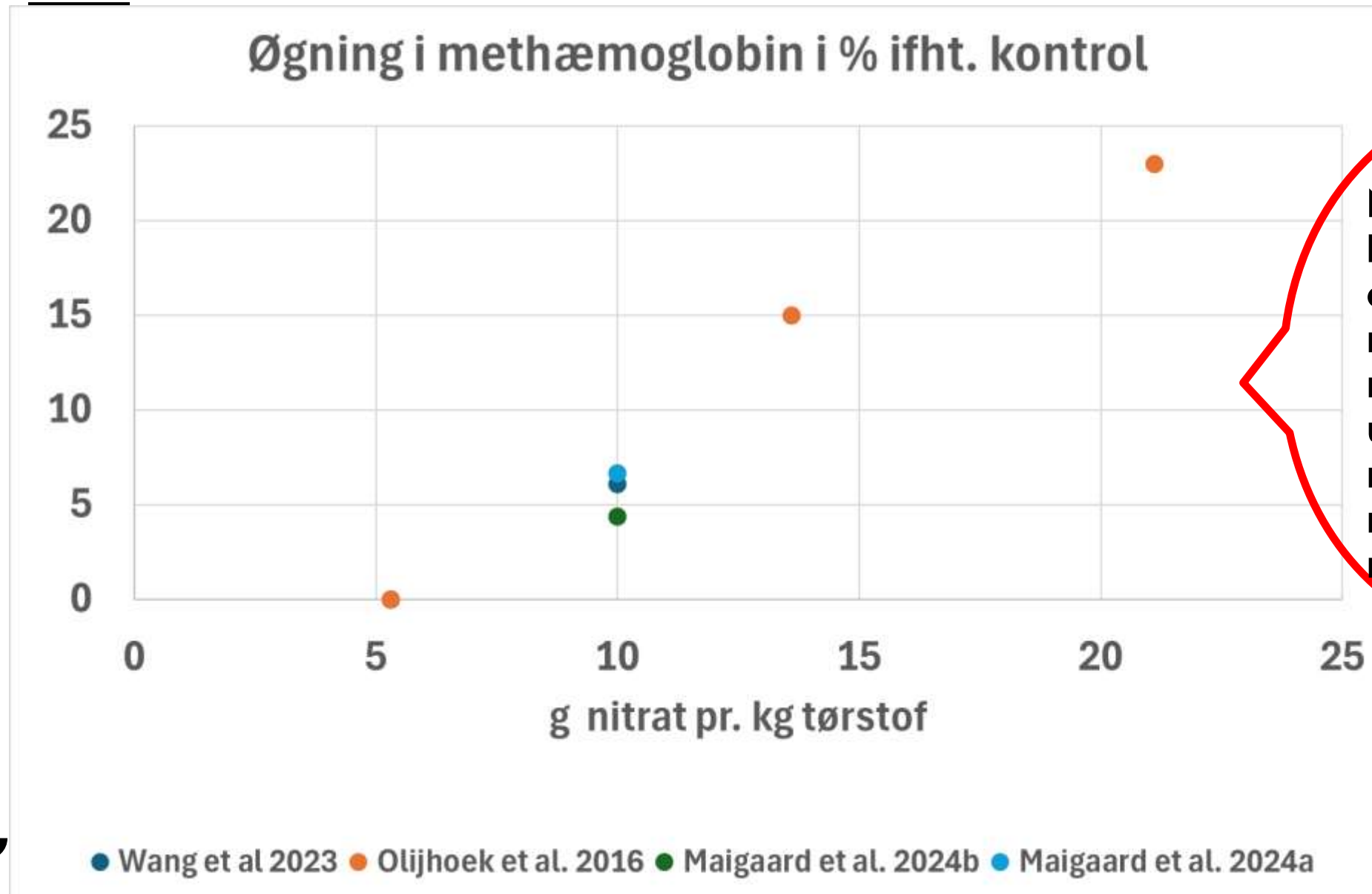
# NITRAT, EFFEKT PÅ LATTEGAS (N<sub>2</sub>O)



Effekt af nitrat på lattergas (N<sub>2</sub>O) i vommens headspace, pile angiver fodring (Wang et al. 2024)

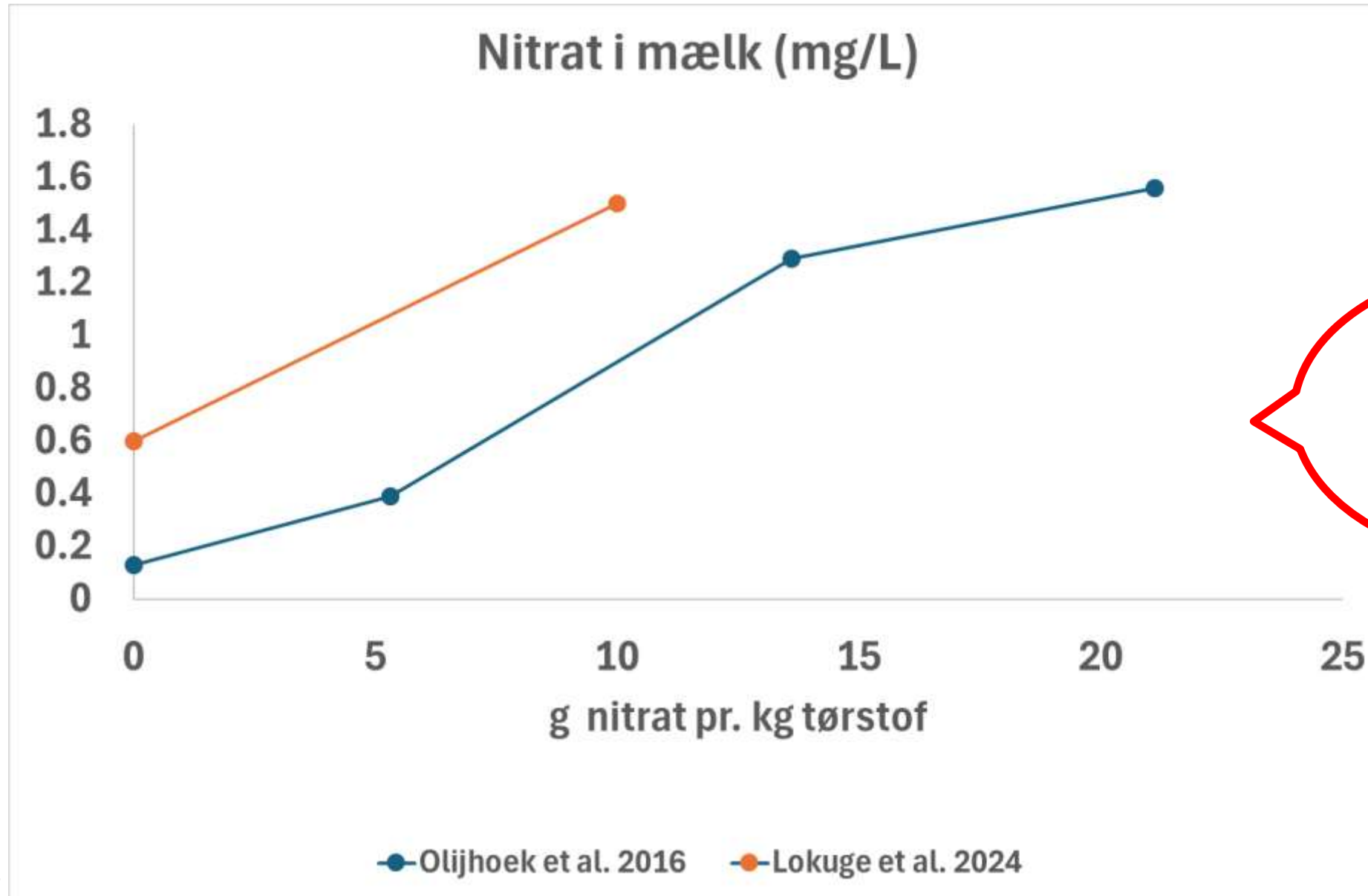
- Nitrat øger lattergas emission fra vommen
- Reducerer positiv nitrateffekt med ca. 7% (Wang et al. 2024), sammenlignelig med Petersen et al. 2015

# NITRAT, EFFEKT PÅ METHÆMOGLOBIN



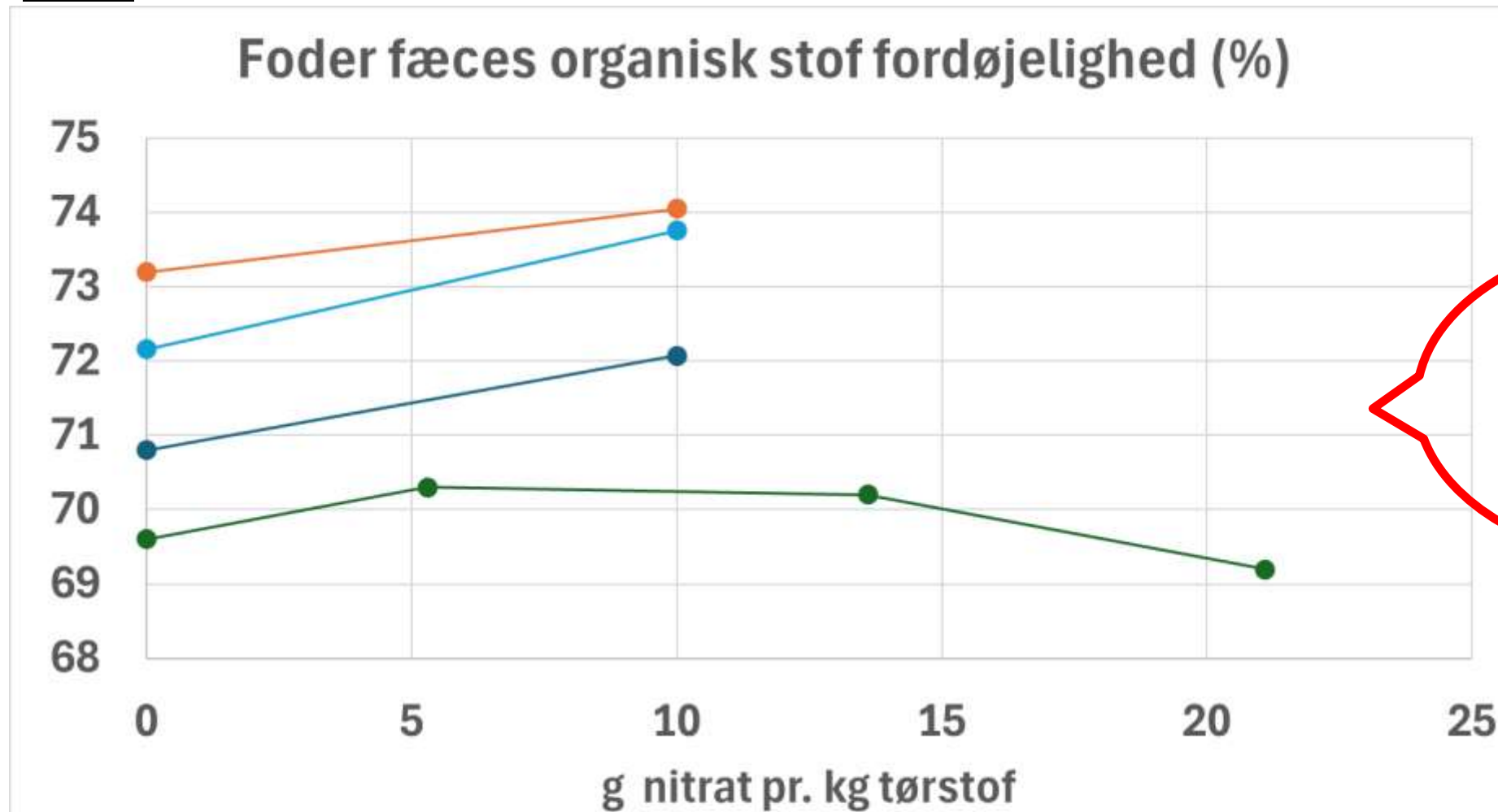
Nitrat øger blodets indhold af methæmoglobin, men på et uproblematisk niveau, især for relevante niveauer af nitrat

# NITRAT, EFFEKT PÅ NITRAT I MÆLK



Nitrat øget  
mælkens indhold  
af nitrat, men  
meget moderat

# NITRAT, EFFEKT PÅ ORGANISK STOF FK



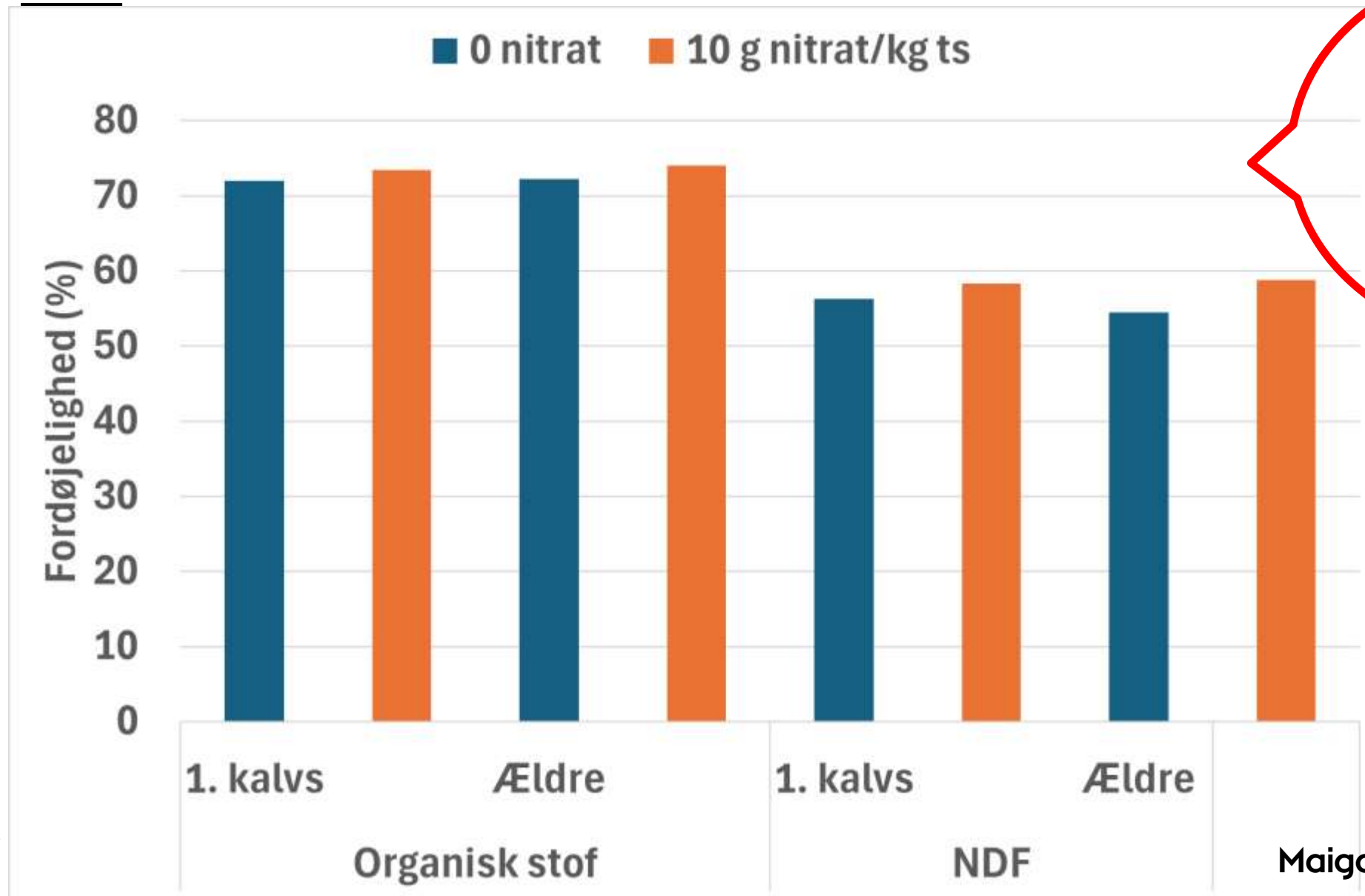
Ingen negativ effekt af nitrat på fordøjelighed ved relevante niveauer af nitrat

● Wang et al. 2023      ● Maigaard et al. 2024b  
● Olijhoek et al. 2016      ● Maigaard et al. 2024a





# AFHÆNGER FK EFFEKT AF PARITET?



Ingen vekselvirkning mellem paritet og nitrat på fordøjelighed



# Hvad siger de udenfor DK?

---

Metanalyse (Feng et al. 2020 J. Dairy Sci. 103 11375-11385)

- **Metan/kg tørstofoptag reduceres med 7,3% pr. 10 g nitrat/kg tørstof, effekten reduceres med øget tørstofoptagelse**
- **Dvs. væsentlig mindre end vi har set i danske forsøg! I gennemsnit for de 4 forsøg refereret tidligere: 13,7 % reduktion pr. 10 g nitrat/kg ts**

# Virker nitrat så i praksis?

- SilvAir afprøvet i 2 besætninger, Holstein & Jersey
- Afvejning på vægt og iblandet PMR rationer
- SilvAir og korn erstatter rapsskrå (og kridt), ombytning af ca. 1.5 kg rapsskrå med byg
- SilvAir øgede NPN og PBV, mens AAT reduceres. Råprotein blev holdt konstant
- Dosis planlagt til 8,5 g pr. kg TS
- Behandlingseffekt kombination af nitrat, øget PBV, reduceret AAT, og erstatning rapsskrå med byg (stivelse)



# Virker nitrat så i praksis? (foreløbig)



	EKM (kg/ko)	TS-optag (kg/ko)	Fodereffektivitet (kg EKM/kg TS)
Kontrol	35.7	24.4	1.47
SilvAir	35.0	23.8	1.47
Diff	-0.7	-0.6	0.00

Nielsen et al. upubliseret

# Virker nitrat så i praksis? (foreløbig)



	Metan (g/ko/dag)
Kontrol	351
SilvAir	259
Diff	-92
%reduktion	26%

Nielsen et al. upubliseret

# KONKLUSION PROTEIN

---

- Proteinindhold og proteinkilder påvirkede ikke metanemission
- Øget protein reducerede EKM ydelse, pga. 'dårligere' proteinkvalitet - øget protein var konfunderet med mere NDF og mindre stivelse i foderet

# KONKLUSION NITRAT

- Nitrat er en potent metanhæmmer
- Nitrat kan umiddelbart anvendes forsvarligt mht. koens sundhed og mælkenes nitratindhold
- Nitrat kan således bruges til erstatning af urea i rationer
  
- Men:
- Nitrat reducerer foderoptagelse og mælkeydelse hos ældre køer – uvist hvorfor
- Nitrat er en dyrere kvælstofkilde end urea
- Anvendelse af nitrat bør ikke øge rationens proteinindhold – N problem
- Effekt af doser < 10 g/kg tørstof bør undersøges yderligere (lavere risiko, lavere omkostning, mindre problem med N overskud)

---

## Tak for finansiering til:

- Mælkeafgiftsfonden
- Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri
- GUDP



# Litteraturliste

- Broderich, G.A., Reynal, S.M. 2009. Effect of source of rumen-degraded protein on production and ruminal metabolism in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 92, 822–2834. doi:10.3168/jds.2008-1865.
- Feng, X.Y., Dijkstra, J., Bannink, A., van Gastelen, S., France, J., Kebreab, E. 2020. Antimethanogenic effects of nitrate supplementation in cattle: A meta-analysis. *J. Dairy Sci.* 103 11375-11385.
- Lund, P., Dahl, R., Yang, H.J., Hellwing, A.L.F., Cao, B.B., Weisbjerg, M.R. 2014. The acute effect of addition of nitrate on in vitro and in vivo methane emission in dairy cows. *Anim. Prod. Sci.* 54, 1432-1435.
- Lokuge, G.M.S., Larsen, M.K., Maigaard, M., Wiking, L., Larsen, L.B., Lund, P., Poulsen, N. 2024. Effects of feeding whole-cracked rapeseeds, nitrate, and 3-nitrooxypropanol on protein composition, minerals, and vitamin B in milk from dairy cows. *J. Dairy Sci.* 107, 5353-5365.
- Maigaard, M., Weisbjerg, M.R., Johansen, M., Walker, N., Ohlsson, C., Lund, P. 2024a. Effects of dietary fat, nitrate, and 3-NOP and their combinations on methane emission, feed intake and milk production in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 107:220–241 <https://doi.org/10.3168/jds.2023-23420>
- Maigaard, M., Weisbjerg, M.R., Nielsen, M.O., Hellwing, A.L.F., Lund, P. 2024b. Effects of dietary nitrate, fumaric acid, and methanotrophic bacteria supplementation on rumino-intestinal nutrient metabolism and enteric gas exchange in dairy cows. *Livest. Sci.* Accepted. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2024.105572>
- Olijhoek, D. W. Hellwing, A. L. F. Brask, M. Weisbjerg, M. R., Højberg, O. Larsen, M. K. Dijkstra, J. Erlandsen, E. J., Lund, P. 2016. Effect of dietary nitrate level on enteric methane production, hydrogen emission, rumen fermentation, and nutrient digestibility in dairy cows. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2015-10691> *J. Dairy Sci.* 99, 6191-6205.
- Petersen, S.O., Hellwing, A.L.F., Brask, M., Højbjerg, O., Poulsen, M., Zhu, Z. Baral, K.R., Lund, P. 2015. Dietary nitrate for methane mitigation leads to nitrous oxide emissions from dairy cows. *J. Environ. Qual.* 44, 1063-1070
- Wang, W., Lund, P., Larsen, M., Weisbjerg, MR. 2023. Effect of nitrate supplementation, dietary protein supply, and genetic yield index on performance, methane emission, and nitrogen efficiency in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 106, 5433-5451. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22906>
- Wang, W., Larsen, M., Weisbjerg, M.R., Hellwing, A.L.F., Lund, P. 2024. Effect of nitrate supplementation on diurnal emission of enteric methane and nitrous oxide. *JDS Communication*, <https://doi.org/10.3168/jdsc.2023-0541>. Accepted.
- Weisbjerg, M.R. 1997. Recirkulering af kvælstof til vommen. Intern Rapport Nr. 88, Statens Husdyrbrugsforsøg. 18-29.



AARHUS  
UNIVERSITY