SEGES INNOVATION

MEDDELELSE

Nr. 1286

Udgivet 23. oktober 2023

# POLTES KNOGLESTYRKE OG HALTHED PÅVIRKES HVERKEN AF CALCIUM ELLER VITAMIN $D_3$ KILDE I INTERVALLET 800-1.869 I.E. PR. FEso I FODERET

Thomas Sønderby Bruun[a], Mai Britt Friis Nielsen[b], Torben Larsen[d], Takele Feyera[d] og Søren Krogh Jensen[d]

[a] *Gris, Husdyr, SEGES Innovation P/S, Den rullende Afprøvning*
[b] *Datamanagement, Husdyr, SEGES Innovation P/S, Den rullende Afprøvning*
[d] *Institut for Husdyr- og Veterinærvidenskab, AU Viborg – Forskningscenter Foulum, Aarhus Universitet*

STØTTET AF Svineafgiftsfonden

STØTTET AF dsm-firmenich

## Hovedkonklusion

Tilsætning af 1.869 i.e. 25-hydroxyvitamin $D_3$ eller 1.869 i.e. vitamin $D_3$ pr. FEso foderet til polte påvirkede uanset calciumniveau hverken knoglesammensætning, -styrke eller halthed ved brug i vægtintervallet 30-100 kg og 30-180 kg, sammenlignet med foder indeholdende 800 i.e. vitamin $D_3$ pr. FEso.

## Sammendrag

Der er gennemført en afprøvning med det formål at afklare, om foderets indhold af calcium samt $D_3$ vitaminkilde og koncentration i poltenes vækstfase fra 30-180 kg påvirkede knoglernes styrke og kemiske sammensætning, og om der var effekt på forekomst af halthed eller på andel af polte, som blev vurderet salgsegnede.

Der blev indkøbt 200 DanBred hybridpolte, som blev indsat i fem forsøgsgrupper med forskellige kombinationer af vitamin $D_3$ kilde og niveau (enten 800 eller 1.869 i.e. vitamin $D_3$ pr. FEso eller 1.869 i.e. 25-hydroxyvitamin $D_3$) ved forskellig calciumkoncentration (enten norm for pågældende aldersinterval eller norm + 2,0 g pr. FEso for pågældende aldersinterval), hvorimod alle andre næringsstoffer og den overordnede fodersammensætning blev holdt konstant fra 30-100 kg og 100-180 kg, så de modsvarede gældende normer.

Afprøvningen viste, at tilvækst og foderudnyttelse hos polte fra 30-100 kg og 100-180 kg ikke afhang af foderets indhold af calcium eller af foderets indhold af vitamin $D_3$ eller kilde til vitamin $D_3$. Til gengæld var det muligt effektivt at øge plasmakoncentrationerne af alle vitamin $D_3$ metabolitter ved at øge

foderets indhold af vitamin $D_3$ fra 800 i.e. pr. FEso til 2.000 i.e. vitamin $D_3$ pr. kg. Effekterne på koncentrationerne af metabolitterne i plasma var endnu kraftigere ved anvendelse af 25-hydroxyvitamin $D_3$ i høj dosis. De store ændringer, der kan opnås i plasma, ændrede ikke væsentligt på knoglernes kemiske sammensætning, og knoglestyrken var ikke forskellig mellem grupperne.

Når der anvendes et højt calciumniveau i foderet, reduceres udskillelsen af fosfor via urinen, hvilket kan tolkes således, at polte ved et højt calciumniveau kan have behov for ekstra fosfor. Det begrundes med, at poltene var tæt på en fosforudskillelse på nul, hvilket var en indikator for, at poltene var tæt på at opleve fosformangel. Derfor bør foderets calciumindhold ikke øges ud over gældende normer til polte. Der blev fundet en tendens til lavere salgsegnethed hos poltene ved 100 kg, når der var et højt calciumniveau i foderet, men dette afspejlede sig ikke i forskelle ved halthedsvurderingen, idet ingen foderbehandling adskilte sig fra andre ved halthedsvurderingerne.

Samlet set viste afprøvningen dermed, at kilde til og niveau af vitamin $D_3$ havde store effekter på plasmaets indhold af 25-hydroxyvitamin $D_3$, men ingen nævneværdig indflydelse på øvrige undersøgte parametre. Samtidig viste afprøvningen, at nuværende normer for calcium bør overholdes, men at overforsyning med calcium eller $D_3$-vitamin ikke er en fordel for knoglestyrke eller -mineralisering.

# Baggrund

Mange aflivninger af søer skyldes ben- og klovproblemer [1-3], og det resulterer i en høj udskiftning af søer, hvilket belaster produktionsøkonomien. I en større analyse omfattende i alt 14.526 udsatte søer fra 37 besætninger fandt Vestergaard et al. (2004), at blandt 1.372 aflivede søer var den primære aflivningsårsag benproblemer (59 %). Blandt døde søer var fordelingen mellem selvdøde og udsatte søer omtrent 50/50. En nærmere undersøgelse af aflivede søer i 10 besætninger viste, at ledlidelser, knoglebrud og knoglebetændelse udgjorde henholdsvis 37 %, 17 % og 16 % af de aflivede søer [2]. En anden tidligere dansk opgørelse baseret på data fra 2007-2010 fra 17 danske besætninger viste, at hovedårsagen til aflivning af søer var halthed, som udgjorde 40-70 % af de aflivede søer – højeste forekomst var blandt 1. og 2. kuldssøerne [1]. En anden undersøgelse fra 2015-2016 af søernes holdbarhed i 21 danske sohold viste, at knap 30 % af søerne afgik inden de nåede til løbning til tredje kuld. Udsætterårsagerne blev på tværs af besætningerne opgjort inklusiv slagtede søer, men alligevel var 23 % af de udsatte søer udsat på grund af ben- og klovproblemer [3]. Trods anvendelse af anden genetik i Sverige viste en analyse baseret på data fra 2002-2005, at 9 % af alle udsatte søer, inkl. slagtede søer, blev udsat på grund af halthed, og risikoen for udsætning på grund af halthed var større i første kuld sammenlignet med alle øvrige kuldnumre [4]. Benproblemer udgør dermed en væsentlig udfordring, og en tidlig indsats er nødvendig, hvis søerne skal producere flere kuld inden udsætning.

I 2019 fik SEGES Innovation meldinger om et stigende antal besætninger, som oplevede udfordringer med benproblemer hos polte og helt unge søer, og dette var sammenfaldende med en stigende so-dødelighed på landsplan [5]. Derfor satte SEGES Innovation fokus på udfordringerne, og vurderede ud fra den foreliggende litteratur, at der kunne være en sammenhæng til foderets indhold af vitamin $D_3$ eller 25-hydroxyvitamin $D_3$ og calcium. To danske forsøg havde tidligere vist, at kortere eller længere tids brug af høje niveauer af 25-hydroxyvitamin $D_3$ i foderet i forhold til dyrenes behov hos henholdsvis gylte og slagtegrise påvirkede knoglestyrken negativt. Ved fodring med forskellige koncentrationer af enten Vitamin $D_3$ eller 25-hydroxyvitamin $D_3$ i blot fire uger efter løbning, var knoglestyrken statistisk sikkert lavest, når der blev anvendt 25-hydroxyvitamin $D_3$ [6]. Tilsvarende viste Maribo et al. (2007), at ved fodring med enten vitamin $D_3$ eller 25-hydroxyvitamin $D_3$ fra ca. 9 kg og frem til slagtning ved omkring 100 kg, så var knoglestyrken, vurderet på baggrund af DEXA scanninger af knoglernes mineraldensitet marginalt lavere, når der blev anvendt 25-hydroxyvitamin $D_3$, men det blev også vurderet, at den fundne forskel næppe havde indflydelse på grisenes velfærd [7]. Dog har andre studier ikke påvist en effekt på

knoglestyrken, når brug af vitamin $D_3$ sammenlignes med brug af 25-hydroxyvitamin $D_3$ til polte i vækst [8].

Litteraturgennemgangen indikerede også, at der kunne være mulige vekselvirkninger mellem et højt niveau af calcium og vitamin $D_3$, idet et højt niveau af vitamin $D_3$ vil øge optagelsen af calcium fra tarmen, hvilket muligvis kan reducere absorptionen af fosfor, magnesium, kobber, zink og mangan. De ovenfor nævnte mineraler er alle vigtige ved dannelsen af knogler. Specielt dannelsen af ledbrusk er i høj grad afhængig af tilstrækkeligt med kobber og mangan [9], og vekselvirkninger ved absorption af makro- og mikromineraler kan således medvirke til ledproblemer, hvorfor risikoen for en forhøjet absorption af calcium kan være problematisk. Effekten af et højt niveau af vitamin $D_3$ på magnesiumabsorptionen er f.eks. undersøgt, og ved 1.500 i.e. og 3.000 i.e. vitamin $D_3$ pr. kg foder var der en højere absorption, men uændret udskillelse af magnesium. Der blev dog fundet en lavere knoglestyrke end når der var tilsat 500 i.e. vitamin $D_3$ pr. kg foder [10], hvilket vidner om, at høje koncentrationer af vitamin $D_3$ har øget resorptionen (mobiliseringen) af calcium og fosfor fra knoglerne. Det skal dog bemærkes, at forandringer i ledbrusken, osteochondrose, ofte sammenkædes med en høj tilvækst under opvæksten, forårsaget af ikke-restriktiv fodring [11,12]. Tilsvarende viser undersøgelser, at søer med stiv gang ofte kan forklares ved, at de har osteochondrose i albueleddet [13].

Da polte ofte fodres med sofoder, vil de positive effekter ved anvendelse af 25-hydroxyvitamin $D_3$, der er fundet til søer, oftest indgå i vurderingen af foderets kilde og niveau til vitamin $D_3$. Brugen af 25-hydroxyvitamin $D_3$ til gylte samt drægtige og diegivende søer har i tidligere forsøg resulteret i, at søerne har fravænnet statistisk sikkert flere og tungere grise [14], og at afkommet havde en bedre vitamin $D_3$ status i diegivningsperioden [15]. Resultaterne varierede dog fra forsøg til forsøg, og f.eks. fandt Zhou et al. (2016) ingen effekt på fødsels- og fravænningsvægt, men det skal bemærkes, at der var en levendefødt gris mere pr. kuld ved brug af 25-hydroxyvitamin $D_3$, uden at dette påvirkede den gennemsnitlige fødselsvægt negativt [16]. Tilsvarende fandt Coffey et al. (2012) øget kuldstørrelse uden, at den gennemsnitlige fostervægt var ændret [17], hvilket er overraskende, idet en stigende kuldstørrelse normalt reducerer fødselsvægten pr. født gris [18].

En effektiv vitamin $D_3$ metabolisme kræver, at der ved hjælp af enzymer i leveren sker en hydroxylering af vitamin $D_3$ til 25-hydroxyvitamin $D_3$, hvorefter denne metabolit i nyrerne kan hydrolyseres til den bioaktive form, som er 1,25-dihydroxyvitamin $D_3$ [19]. Hvis ikke omdannelsen i leveren sker effektivt, kan mangel på bioaktivt Vitamin $D_3$ medvirke til en dårligere biotilgængelighed af calcium og fosfor, hvilket kan få konsekvenser for aflejringen i knogler. Traditionelt er foder til grise suppleret med vitamin $D_3$, men 25-hydroxyvitamin $D_3$ kan også tilsættes direkte til foderet i form af Hy-D® fra dsm-firmenich Animal Nutrition & Health, hvilket medfører, at leverens kapacitet til hydroxylering kan bypasses. Forsøg viser sammenstemmende, at grises vitamin $D_3$ status i blodet kan forbedres ved anvendelse af 25-hydroxyvitamin $D_3$ sammenlignet med vitamin $D_3$ [6,14-17,20,21], og tilsvarende vil et stigende niveau af vitamin $D_3$ i foderet kunne øge niveauet af 25-hydroxyvitamin $D_3$ i blodet [6,22], dog slet ikke til samme niveau som ved anvendelse af 25-hydroxyvitamin $D_3$ i foderet [6].

Baseret på ovenstående overvejelser samt et ønske om med sikkerhed at kunne afgøre, om brugen af høje koncentrationer af calcium og/eller 25-hydroxyvitamin $D_3$ i foderet til polte kunne resultere i højere forekomst af halthed og/eller reduceret knoglestyrke, var der behov for at gennemføre en afprøvning for om nødvendigt at kunne revidere gældende anbefalinger for fodring af polte. Formålet med afprøvningen var derfor at afklare, om halthed og salgsegnethed samt knoglestyrke og knoglernes kemiske sammensætning påvirkes af foderets indhold af calcium samt $D_3$ vitaminkilde og $D_3$ vitaminkoncentration.

# Materialer og metoder

I denne afprøvning blev der udtaget blodprøver efter godkendelse fra Dyreforsøgstilsynet (j. nr. 2021-15-0201-00971). Afprøvningen blev gennemført på Forsøgsstation Grønhøj.

## Forsøgsdesign og indsættelse af polte

Der indgik 200 DanBred hybridpolte (Yorkshire × Landrace) i afprøvningen, som ved en gennemsnitlig alder på 80,3 ± 2,6 dage og en vægt på 32,4 ± 5,9 kg blev indkøbt hos en opformeringsbesætning. Poltene blev fordelt på fem forskellige forsøgsgrupper (Tabel 1). De valgte koncentrationer af vitamin $D_3$ på henholdsvis 800 i.e pr. FEso og 1.869 i.e. pr. FEso blev valgt, da førstnævnte niveau var gældende normniveau til polte, mens det høje niveau afspejler den højeste lovlige dosering af vitamin $D_3$ i forhold til foderstoflovgivningen (.2000 i.e. pr. kg fuldfoder). Tilsvarende var koncentrationen af 25-hydroxyvitamin $D_3$ på 1.869 i.e. pr. FEso svarende til 50 µg/kg fuldfoder valgt, da det var dette niveau, der typisk blev brugt under praktiske forhold, og dette niveau, der havde bidraget til den ovennævnte bekymring fra SEGES Innovation. Niveauerne af calcium blev fastlagt, så de i gruppe 1 og 3 fulgte gældende normer, og en forøgelse af calciumkoncentrationen på 2,0 g pr. FEso i grupperne 2, 4 og 5 blev valgt, da dette sikrede, at en væsentlig ændring af calciumforsyningen blev afprøvet.

Der indgik i alt 20 søskendeflokke på mindst fem polte, mens der fra andre kuld kun indgik en polt. Randomiseringen skete i to trin. I første randomiseringstrin blev polte med mindst fem kuldsøskende fordelt på de fem forsøgsgrupper og disse var forhåndsbestemt til at blive slagtet ved 180 kg. Herefter blev polte bestemt til at blive slagtet ved 100 kg fordelt på de fem forsøgsgrupper på basis af deres far. I andet randomiseringstrin blev alle polte inddelt i fem blokke baseret på deres indgangsvægt i afprøvningen under hensyntagen til forsøgsgruppe og slagtetidspunkt. Dette resulterede i, at der i hver blok á 40 polte indgik fem stier á otte polte, hvoraf fire polte skulle slagtes ved 100 kg og fire polte ved 180 kg. I alt skulle 100 polte slagtes ved 100 kg og de resterende 100 polte ved 180 kg.

**Tabel 1.** Forsøgsdesign, hvor alle fem grupper anvender samme niveau af fordøjeligt fosfor pr. FEso indenfor hver af de to perioder.

| D-vitaminkilde | Calciumkoncentration 30-100 kg | | Calciumkoncentration 100-180 kg | |
|---|---|---|---|---|
| | 6,4 g pr. FEso | 8,4 g pr. FEso | 6,0 g pr. FEso | 8,0 g pr. FEso |
| $D_3$-vitamin, 800 i.e. pr. FEso | Gruppe 1 | Gruppe 2 | Gruppe 1 | Gruppe 2 |
| 25-OH vitamin $D_3$, 1.869 i.e. pr. pr. FEso[1] | Gruppe 3 | Gruppe 4 | Gruppe 3 | Gruppe 4 |
| $D_3$-vitamin, 1.869 i.e. pr. FEso[2] | - | Gruppe 5 | - | Gruppe 5 |

[1] Svarende til 50 µg/kg fuldfoder.
[2] Svarende til 2.000 i.e. pr. kg fuldfoder.

Forsøgsdesignet gav ud over en overordnet analyse af behandlingseffekt (gruppe) også mulighed for i visse tilfælde at slå grupper sammen og undersøge for følgende effekter:

- Calciumniveau uafhængigt af vitamin $D_3$ kilde og koncentrationer ved at teste gruppe 1 og 3 mod gruppe 2, 4 og 5 (calciumniveau)
- Kilde og samtidig koncentration af vitamin $D_3$ og 25-hydroxyvitamin $D_3$ uafhængigt af calciumniveau ved at teste gruppe 1 og 2 mod gruppe 3 og 4 ($D_3$-kilde)
- Kilde og koncentration til vitamin $D_3$ ved forskelligt calciumniveau ved at teste gruppe 1 mod gruppe 4 ($D_3$-kilde×calcium)
- Niveau af vitamin $D_3$ ved højt calciumniveau ved at teste gruppe 2 mod gruppe 5 ($D_3$-niveau×calcium)
- Kilde og koncentration af $D_3$-vitamin ved calciumnorm ved at teste gruppe 1 mod gruppe 3 ($D_3$-kilde×norm)

## Opstaldning og fodring af polte

Efter randomisering blev poltene opstaldet i stier (1,9×4,3m) med delvis spaltegulv. Poltene blev fodret ved hjælp af en elektronisk foderstation (COMPIDENT MLP2, BoPil, Sønderborg) som ved brug af elektroniske øremærker (Merko M21 FDX + M2, Allflex, Lemvig) sikrede, at alle polte kunne identificeres og fodres individuelt, og sikre, at de kunne fodres efter en maksimal foderkurve (Tabel 2). Lyset var tændt fra kl. 07.00-16.00, og uden for dette tidsinterval var der et vågelys monteret i foderstationen for at dyrene kunne orientere sig.

**Tabel 2.** Foderkurve anvendt til polte fra 30-180 kg i afprøvningen. Ud fra den anvendte foderkurve og den daglige lysinmængde er den forventede vægt uge-for-uge beregnet ud fra vækstfunktion.

| Alder, dage | Daglig foderstyrke, FEso pr. dag[1] | Daglig mængde fordøjeligt lysin, g[2] | Forventet vægt, kg |
|---|---|---|---|
| 77 | 1,50 | 9,44 | 30,0 |
| 84 | 1,53 | 9,64 | 33,9 |
| 91 | 1,65 | 10,38 | 38,3 |
| 98 | 1,80 | 11,32 | 43,0 |
| 105 | 1,95 | 12,27 | 48,2 |
| 112 | 2,10 | 13,21 | 53,7 |
| 119 | 2,25 | 14,15 | 59,7 |
| 126 | 2,40 | 15,10 | 66,0 |
| 133 | 2,55 | 16,04 | 72,5 |
| 140 | 2,70 | 16,98 | 79,2 |
| 147 | 2,80 | 17,66 | 86,1 |
| 154 | 2,85 | 17,93 | 92,9 |
| 161 | 2,90 | 18,27 | 99,6 |
| 168 | 2,90 | 18,27 | 106,1 |
| 175 | 2,90 | 11,79 | 112,4 |
| 182 | 2,90 | 11,79 | 117,7 |
| 189 | 2,90 | 11,79 | 122,9 |
| 273 | 2,90 | 11,79 | 183,8 |

[1] Den daglige foderstyrke angiver foderstyrken på den første dag ved pågældende alder, og foderstyrken øges lineært indtil den næst angivne værdi.
[2] Beregnes ud fra den angivne foderkurve og foderets forventede indhold af fordøjeligt lysin. Reduktionen, der ses ved 175 dage, skyldes, at poltene skifter foderblanding, når de første dyr i stien slagtes ved 100 kg.

Ved indsættelse i stien blev poltenes startfoderstyrke bestemt ud fra deres individuelle indgangsvægt ved brug af den forventede vægt ved en given alder, hvorefter poltene fulgte foderkurven dag-for-dag (Tabel 2). Foderdøgnet startede kl. 00.00 og sluttede kl. 23.59, og indenfor denne periode kunne poltene frit æde deres dagsration. Ved hvert besøg i foderstationen var denne indstillet, så den doserede foderet i portioner á 100 g i løbet af 1 minut, og fodringsanlægget gik i alarmtilstand, hvis denne udfodrings-hastighed ikke blev realiseret. Ved hver fodring blev fodertruget automatisk vejet før og efter fodringen, så eventuelle rester indgik i beregningen af den enkelte polts daglige foderoptagelse. Det betød også, at eventuelle foderrester blev tilskrevet foderoptagelsen hos den næste polt, der besøgte foderstationen, og konsekvensen af dette var, at den daglige foderstyrke reelt kunne være op til 100 g højere end planlagt. Uanset gruppe, så blev samme foderkurve anvendt til alle polte, og foderskifte fra blandingerne fra 30-100 kg til blandinger fra 100-180 kg skete dagen efter, at halvdelen af poltene i stierne var slagtet, hvilket skete ved en alder på 171±7 dage.

## Fodersammensætning og -produktion

Foderblandinger til de fem grupper blev optimeret, så de fra 30 til 100 kg modsvarede en enhedsblanding til polte og fra 100 til 180 kg svarede til en drægtighedsblanding (Tabel 3 og 4). For at sikre, at poltenes daglige fodertildeling i kg ikke ændrede sig, når der blev skiftet foderblanding ved 100 kg, blev alle blandinger optimeret, så de indeholdt 1,07 FEso pr. kg. Indenfor hvert vægtinterval blev blandingerne optimeret, så alle næringsstoffer, med undtagelse af calcium, vitamin $D_3$ and 25-hydroxyvitamin $D_3$, var ens på tværs af de fem foderblandinger. Tilsætning af ekstra calcium i form af foderkridt til gruppe 2, 4 og 5 medførte, at indholdet af hvede, afskallet sojaskrå og palmeolie ændredes marginalt.

**Tabel 3.** Råvaresammensætning for foderblandinger anvendt til polte fra 30-100 kg og 100-180 kg.

| Periode | 30-100 kg | | | | | 100-180 kg | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Gruppe | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Råvareindhold, % | | | | | | | | | | |
| Byg | 50,00 | 50,00 | 50,00 | 50,00 | 50,00 | 50,00 | 50,00 | 50,00 | 50,00 | 50,00 |
| Hvede | 27,80 | 26,86 | 27,72 | 26,78 | 26,55 | 21,06 | 19,69 | 20,50 | 19,67 | 19,54 |
| Havre | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 10,00 | 10,00 | 10,00 | 10,00 | 10,00 |
| Roepiller | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 6,00 | 6,00 | 6,00 | 6,00 | 6,00 |
| Afskallet sojaskrå | 9,69 | 9,78 | 9,72 | 9,80 | 10,02 | 7,32 | 7,71 | 7,70 | 7,71 | 7,83 |
| Palme olie | 1,52 | 1,81 | 1,52 | 1,82 | 1,83 | 3,25 | 3,67 | 3,41 | 3,67 | 3,67 |
| Lysin-HCl | 0,28 | 0,28 | 0,28 | 0,28 | 0,27 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,02 |
| DL-methionin | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | - | - | - | - | - |
| L-treonin | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | - | - | - | - | - |
| Monocalciumfosfat | 0,67 | 0,67 | 0,67 | 0,67 | 0,67 | 0,35 | 0,35 | 0,35 | 0,35 | 0,35 |
| Foderkridt | 1,29 | 1,85 | 1,29 | 1,85 | 1,85 | 1,28 | 1,84 | 1,28 | 1,84 | 1,84 |
| Fodersalt | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,53 | 0,53 | 0,53 | 0,53 | 0,53 |
| Mineralsk foderblanding[1] | 0,23 | 0,23 | 0,28 | 0,28 | 0,29 | 0,18 | 0,18 | 0,20 | 0,20 | 0,22 |

[1] Alle mineralske foderblandinger sikrede samme indhold af alle vitaminer, mikromineraler og fytase med undtagelse af vitamin $D_3$ og Hy-D® (se nærmere beskrivelse i Tabel 4).

Ved hvert vægtinterval blev de fem foderblandinger baseret på tre forskellige mineralske foderblandinger, idet samme mineralske foderblanding blev brugt til henholdsvis gruppe 1 og 2, gruppe 3 og 4, mens gruppe 5 anvendte den sidste mineralske foderblanding.

**Tabel 4.** Beregnet næringsstofindhold for foderblandinger anvendt til polte fra 30-100 kg og 100-180 kg.

| Periode | 30-100 kg | | | | | 100-180 kg | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Gruppe | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Beregnet sammensætning | | | | | | | | | | |
| Tørstof, % | 87,36 | 87,46 | 87,32 | 87,42 | 87,42 | 86,05 | 86,26 | 86,11 | 86,26 | 86,26 |
| Protein, % | 12,43 | 12,37 | 12,43 | 12,38 | 12,45 | 11,96 | 11,98 | 12,05 | 11,99 | 12,02 |
| Fedt, % | 4,01 | 4,28 | 4,02 | 4,28 | 4,31 | 5,80 | 6,10 | 5,80 | 6,10 | 6,10 |
| Aske, % | 4,63 | 5,17 | 4,58 | 5,13 | 5,15 | 4,60 | 5,20 | 4,60 | 5,20 | 5,20 |
| Total fosfor, g pr.kg | 4,46 | 4,44 | 4,46 | 4,44 | 4,45 | 3,54 | 3,53 | 3,55 | 3,53 | 3,55 |
| Fordøjeligt fosfor, g pr. FEso | 2,56 | 2,56 | 2,56 | 2,56 | 2,56 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 |
| Calcium, g pr. FEso | 6,40 | 8,40 | 6,40 | 8,40 | 8,40 | 6,00 | 8,00 | 6,00 | 8,00 | 8,00 |
| Fytase, FYT pr. kg | 1.500 | 1.500 | 1.500 | 1.500 | 1.500 | 1.500 | 1.500 | 1.500 | 1.500 | 1.500 |
| Vitamin $D_3$, i.e. pr. FEso | 800 | 800 | - | - | 1.869 | 800 | 800 | - | - | 1.869 |
| 25-OH vitamin $D_3$, i.e. pr. FEso[1] | - | - | 1.869 | 1.869 | | - | - | 1.869 | 1.869 | |
| Energi, FEso pr. kg | 1,07 | 1,07 | 1,07 | 1,07 | 1,07 | 1,07 | 1,07 | 1,07 | 1,07 | 1,07 |
| Ford. protein, g pr. FEso | 94,5 | 94,1 | 94,6 | 94,1 | 94,8 | 89,4 | 89,7 | 90,1 | 89,7 | 89,9 |
| Ford. lysin, g pr. FEso | 6,30 | 6,30 | 6,30 | 6,30 | 6,30 | 4,00 | 4,00 | 4,00 | 4,00 | 4,00 |
| Ford. methionin, g pr. FEso | 1,88 | 1,87 | 1,88 | 1,87 | 1,88 | 1,46 | 1,46 | 1,47 | 1,46 | 1,46 |
| Ford. treonin, g pr. FEso | 3,98 | 3,97 | 3,98 | 3,97 | 3,98 | 2,94 | 2,97 | 2,98 | 2,97 | 2,98 |
| Ford. tryptofan, g pr. FEso | 1,27 | 1,26 | 1,27 | 1,27 | 1,27 | 1,16 | 1,17 | 1,17 | 1,17 | 1,17 |

[1] 25-OH vitamin $D_3$ er anvendt i form af Hy-D® (dsm-firmenich Animal Nutrition & Health, Basel, Schweiz).

Alle mineralske foderblandinger blev produceret af Vilomix på fabrikken i Lime, og forud for produktionen og mellem produktionerne af hver mineralsk foderblanding blev et rensebatch bestående af 20 kg benzoesyre kørt gennem alle transportsystemer for at minimere risikoen for overslæb af næringsstoffer fra den forrige batch. De fem foderblandinger pr. vægtinterval blev produceret på Danish Agros foderfabrik i Vrå, og i hvert af vægtintervallerne 30-100 kg og 100-180 kg blev der produceret og leveret foder to gange for at undgå for lang opbevaringstid af færdigfoder i siloerne på Forsøgsstation Grønhøj. Ved hver foderproduktion blev alle blandinger produceret med en batchstørrelse på 2 tons. Forud for produktionen af forsøgsblandingerne blev der hos Danish Agro altid produceret almindeligt drægtighedsfoder, hvorefter forsøgsfoderet blev produceret i rækkefølgen: Gruppe 1, 2 og 5, hvorefter der igen blev produceret et batch almindeligt drægtighedsfoder, hvorefter foderet til gruppe 3 og 4 blev produceret. De mineralske foderblandinger blev afvejet manuelt og doseret til foderblanderen via et særskilt transportsystem, og for at sikre mod overslæb i dette blev 20 kg ud af den planlagte mængde sojaskrå ved hver batch manuelt doseret gennem det samme transportsystem for at fungere som rensebatch mellem foderblandinger til de forskellige grupper.

## Udtagning af foderprøver til analyse

I løbet af hver foderproduktion blev der af hver foderblanding udtaget 20-30 kg foder alt afhængig af antal batch produceret, og for foderblandingerne til hver gruppe blev prøver af alle batch sammenblandet og neddelt til fire delprøver ved hjælp af en 32-spalteneddeler (Pfeuffer GmbH, Kitzingen, Tyskland). Ud over de fire delprøver, blev en femte delprøve udtaget efter levering af foderblandingerne til Forsøgsstation Grønhøj, for at sikre, at alle blandinger var leveret i de korrekte siloer.

## Vejning af polte og registrering af foderoptagelse

Poltene blev vejet ved indsættelse i stierne, og derefter hver anden uge gennem hele afprøvningsperioden. Vejningen skete på en poltevægt (Bjerringbro Vægte ApS, Bjerringbro) og skete i en tom sti for at undgå, at andre polte påvirkede vejecellerne under vejningen. For at kunne beregne foderoptagelse og -udnyttelse blev den daglige foderstyrke registreret automatisk.

## Udtagning af blod- og urinprøver

Der blev umiddelbart før slagtning af polte ved 100 kg udtaget blodprøver af samtlige polte, og desuden udtaget en blodprøve af de resterende polte forud for slagtning ved 180 kg. Alle blodprøver blev udtaget ved venepunktur i halsvenen, og blodprøver blev taget i heparinglas (9 mL Vacuette NH Sodium Heparin; Greiner Bio One International GmbH, Kremsmünster, Østrig). Umiddelbart efter prøveudtagningen blev blodprøveglassene vendt 8-10 gange for at undgå mikrokoalgulering, og efterfølgende opbevaret i beholder med is, indtil de blev centrifugeret (2000 × g for 10 min. Ved 4 °C) for at kunne afpipettere plasma, hvorefter dette blev opbevaret ved −80 °C indtil det skulle analyseres. Urinprøver blev udtaget fra alle polte syv dage før de første polte blev slagtet ved 100 kg og ved de resterende polte syv dage før slagtning ved 180 kg. Urinprøverne blev udtaget om morgenen mellem kl. 07.00 og 09.00, og opbevaret ved −20 °C indtil de skulle analyseres.

## Vurdering af halthed og af salgsegnethed

Halthedsvurderingen blev foretaget af en tekniker fra SEGES Innovation. Poltene blev taget ud fra stien og fik lov til at bevæge sig hen ad gangen inden selve vurderingen blev foretaget. Der blev anvendt en skala med fire karakterer (Tabel 5), som er sammenlignelig med skalaen anvendt af Bonde, et al. [23]. Halthedsvurderingerne skete ca. 5-7 dage før poltene blev slagtet, dog blev der foretaget en ekstra halthedsvurdering af alle polte 43 dage efter, at halvdelen af poltene i stierne var blevet slagtet ved 100 kg.

**Tabel 5.** Beskrivelse af skala anvendt ved vurdering af halthed.

| Karakter | Benævnelse | Beskrivelse af poltens gang |
|---|---|---|
| 1 | Ikke halt | Ubesværet/uhindret gang. Skridt er lige lange, lige ryg, ligelig vægtfordeling på alle fire ben. |
| 2 | Mild halthed | Let trippende gang. Kan stadig accelerere og skifte retning og kendetegnet ved lige ryg. Gives ofte for stive overstillede forben, der giver stiv gang. |
| 3 | Moderat halthed | Ujævn gang. Kendetegnet ved korte skridt, hovedet hopper og ryggen krummer ved gang. |
| 4 | Alvorlig halthed | Dyret kan ikke rejse sig/støtter ikke på alle fire ben/springhalt. |

Ud over halthedsvurderingen blev der foretaget en salgsegnethedsvurdering. Denne vurdering er en samlet vurdering af det enkelte dyr, som omfatter benstilling, rygstilling samt poltenes gang, og er en helhedsvurdering (egnet/ikke egnet) af, om dyret er et kommende produktionsdyr. Vurderingen er den samme vurdering, som opformeringsbesætninger og DanBred bruger ved selektion af salgsdyr. Denne vurdering blev foretaget af en tekniker fra Avl & Genetik, Landbrug & Fødevarer. Halthedsvurderingen og salgsegnethedsvurderingen blev foretaget uafhængig af hinanden. Teknikerne aftalte på forhånd besøgstid, så de ikke var til stede samtidig (dog maksimalt én dag forskudt). Teknikerne havde ikke adgang til hinandens vurderinger. Ligeledes kendte teknikerne ikke gruppefordelingen.

## Udtagning og håndtering af prøvemateriale ved slagtning

Ved slagtning af poltene hos Danish Crown i henholdsvis Herning (100 kg) og Skærbæk (180 kg) deltog teknikere fra SEGES Innovation og staldpersonale fra Forsøgsstation Grønhøj for at sikre udtagning og mærkning af prøvemateriale i form af venstre forben samt nyre og lunger. De indsamlede forben, lunger og nyrer blev herefter transporteret til Veterinært Laboratorium i Kjellerup. På laboratoriet blev anden og tredje metacarpalknogle (mellemfodsknoglerne) forsigtigt dissekeret ud og befriet for kød og fedtvæv, og knoglehinden blev bevaret intakt. Metacarpalknogle II blev forsigtigt indpakket i gaze, som straks blev vædet i isotonisk pepton-saltvand for at stabilisere pH og forhindre udtørring af knogle og knoglehinde, hvorefter knoglerne blev opbevaret ved −20°C indtil de skulle bruges til bestemmelse af knoglernes brudstyrke. Metacarpalknogle III blev efter afrensning frosset ved −20°C indtil denne skulle analyseres for aske- og mineralindhold. Metacarpalknoglerne blev valgt, da forsøg har vist, at indholdet af aske, calcium og fosfor i disse knogler er det bedst korrelerede til den samlede mængde aske aflejret i den samlede knoglemasse [24].

Analyse af lunger og nyrer indgik ikke som en planlagt del af afprøvningen, men det blev besluttet at udtage en prøve af begge. Disse blev konserveret i formalin med henblik på eventuel histopatologisk undersøgelse, idet dette vil kunne dokumentere, om der sker uønskede ophobninger og aflejringer af calcium [25].

## Kemiske analyser af foder, plasma, urin og knogler

Fire foderprøver pr. foderblanding pr. foderproduktion samt en ekstra prøve udtaget fra siloer efter levering blev analyseret hos Eurofins Steins Laboratorium for kemisk sammensætning (tørstof, protein, fedt, aske), EFOS, EFOSi, FEso og for indhold af alle aminosyrer, ekskl. tryptofan. Desuden blev prøverne analyseret for indhold af mineraler (calcium, fosfor, natrium, magnesium, kalium, zink, kobber og mangan) og fytaseaktivitet. Yderligere blev to prøver pr. blanding pr. foderproduktion sendt til dsm-firmenich's laboratorium (Kaiseraugst, Schweiz) til analyse for indhold af vitamin $D_3$ og 25-hydroxyvitamin $D_3$.

Plasma blev undersøgt for koncentration af calcium, uorganisk fosfor, basisk fosfatase (ALP) og urin blev undersøgt for koncentration af calcium og fosfor i forhold til standardprocedurer på Aarhus

Universitet. Knoglemarkørerne Bone-ALP (bone alkaline phosphatase) og CTX1 (cross Linked C-telopeptide af type 1 collagen) blev bestemt ved brug af Elisa assays (henholdsvis BioSite EDKX-SZ14LY-96 og EKX-4JAOTA-96), mens osteocalcin blev bestemt ved brug af et Elisa assay (OKEH00463, Aviva Systems Biology, Corp. San Diego, CA). Aarhus Universitet bestemte desuden plasmakoncentrationen af 25-hydroxyvitamin $D_3$. På dsm-firmenich's laboratorium blev alle plasma-prøver derudover analyseret for koncentration af 25-OH-vitamin-$D_3$, 25-OH-vitamin $D_2$, 24,25$(OH)_2$-vitamin $D_3$ og 3-epi-25-OH-vitamin $D_3$.

## Bestemmelse af knoglestyrke

Knoglestyrken af metacarpalknoglen blev bestemt ved en trepunkts bøjningstest. De frosne metacarpalknogle II blev forsigtigt tøet op i køleskab ved 5°C. Styrkemålingen foregik som en trepunkts bøjetest gennemført på en kraftmåler (MultiTest-dV med VFG, Kyocera, Sunds). Apparatet blev aflæst, når knoglen knækkede.

## Statistik

I de statistiske analyser indgik den individuelle polt som forsøgsenheden, og alle data blev analyseret i SAS version 9.4. Indledningsvis blev det ved anvendelse af en ikke-parametrisk test (Wilcoxon) undersøgt, om poltenes vægt og alder ved afprøvningens opstart samt alder og vægt ved slagtning ved henholdsvis 100 kg og 180 kg var ens. Efterfølgende blev effekter af foderbehandlingerne på daglig tilvækst og foderforbrug ved 30-100 kg og 100-180 kg undersøgt ved brug af en mixed model (proc mixed), hvor poltenes vægt ved start, indeks, faderens subindeks for styrke og gruppe indgik som systematiske effekter og fader som tilfældig effekt. Effekter af foderbehandlinger på indhold af metabolitter i plasma, urin og metacarpalknogler samt knoglebrudstyrke blev ligeledes analyseret ved brug af en mixed model (proc mixed), hvor poltenes vægt ved start, indeks, faderens subindeks for styrke og gruppe indgik som systematiske effekter og fader som tilfældig effekt.

Foderbehandlingernes effekt på de binære parametre som halthed og salgsegnethed blev analyseret ved brug af en logistik regressions model (proc glimmix), hvor poltenes vægt ved start, indeks, faderens subindeks for styrke og gruppe indgik som systematiske effekter og fader som tilfældig effekt.

Ved tolkning af de statistiske resultater vurderedes en P-værdi på mellem 0,05 og 0,10 som en statistisk tendens, mens en P-værdi på ≤ 0,05 betegnede et statistisk sikkert resultat.

# Resultater og diskussion

Fra forsøgets opstart og frem til slagtning ved 180 kg udgik i alt 19 polte. Afgangsårsagerne var i perioden indtil slagtning ved 100 kg fordelt på følgende årsager: Formodet mavesår (en polt, gruppe 4); Alvorlige problemer med halthed (en polt fra hver af grupperne 2, 3, 4 og 5); Halebid eller øresår (to polte fra hver af grupperne 1, 2, 3 og 5); Andre årsager (to polte fra henholdsvis gruppe 1 og 3). Fra 100 til 180 kg var polte, der udgik, fordelt på følgende årsager: Alvorlige problemer med halthed (en polt fra hver af grupperne 1, 2 og 3); Andre årsager (en polt fra gruppe 2).

## Foderanalyser

Der var generelt god overensstemmelse mellem de planlagte og analyserede værdier for alle fem blandinger anvendt i intervallet 30-100 kg (Appendiks 1). Alle fem blandinger indeholdt 3,4-4,3 % mere protein, men der blev samtidig fundet et underindhold af lysin på 2,4-5,6 %. Tilsvarende blev der fundet 1,9-2,8 % flere FEso pr. kg foder end planlagt. De øvrige afvigelser var også sammenlignelige mellem de fem foderblandinger, og vurderes dermed ikke at have haft betydning for afprøvningen. Det analyserede indhold af vitamin $D_3$ er slået sammen for henholdsvis gruppe 1 og 2 samt gruppe 3 og 4, da disse grupper delte mineralske foderblandinger. Indholdet af vitamin $D_3$ i grupperne 1, 2 og 5 ramte

tæt på det planlagte (-0,7 til +12,0 % afvigelse), og tilsvarende ramte 25-hydroxyvitamin $D_3$ (-4,6 % afvigelse) meget tæt på det planlagte. De analyserede værdier skal ses i lyset af, at der på vitaminer er betydelig usikkerhed på analyseresultatet. Det analyserede indhold af fytase lå meget tæt på det planlagte for blandinger til polte fra 30 til 100 kg, de største afvigelser blev fundet for gruppe 3 og 4, som lå henholdsvis -10,9 % og +9,3 % over det planlagte niveau. Da foderet til de to grupper blev lavet med samme forblanding, er det nærliggende at antage, at afvigelserne skyldes analyseusikkerhed, da blandingerne på øvrige parametre er forholdsvis ens. Foderblandingerne, der blev anvendt fra 100 til 180 kg, ramte tæt på de planlagte værdier (Appendiks 2), og igen var der, når der var afvigelser på næringsstoffer, tale om afvigelser, der var sammenlignelige mellem de fem grupper. De planlagte niveauer af calcium blev ikke helt opnået, da der var et underindhold af calcium på mellem 2,8 % og 7,6 %, dog er de ønskede forskelle på 2,0 g pr. FEso mellem grupper med lavt og højt calcium stort set opnået. Der var marginale afvigelser på indholdet af vitamin $D_3$ i forhold til det planlagte (afvigelser fra -2,6 % til +3,0 % i henholdsvis gruppe 5 og gruppe 1 og 2). Analyseusikkerheden taget i betragtning var indholdet af 25-hydroxyvitamin $D_3$ stort set som planlagt (-10,4 % afvigelse i forhold til det planlagte niveau). For blandinger brugt fra 100 til 180 kg lå indholdet af fytase generelt lavere end planlagt, og de laveste indhold blev fundet i gruppe 3 og gruppe 4, hvor indholdet var 17-24 % lavere end planlagt, hvilket i praksis betyder, at doseringen ikke var 300 %, men nærmere 240 %. I praksis vil betydningen være marginal, idet påvirkningen af fosforfordøjeligheden kun øges marginalt i intervallet 200-300 %.

Det vurderes samlet set, at de relativt små afvigelser på foderblandingerne ikke har haft nogen særlig betydning for hverken tilvækst eller øvrige registrerede parametre i afprøvningen.

## Produktionsresultater

Den systematiske randomisering af polte på forsøgsgrupper og -blokke medførte, at vægt og alder ved start var ens i grupperne (Tabel 6). Tilsvarende var alder ved slagtning ved både 100 kg og 180 kg samt vægt ved slagtning ved 180 kg ens i de fem forsøgsgrupper, mens vægten ved slagtning ved 100 kg af uforklarlige grunde var lavere i gruppe 3, hvilket medførte, at gruppernes gennemsnitlige vægt ved slagtning var forskellig (P = 0,03).

**Tabel 6**. Deskriptiv beskrivelse (middelværdi±standardafvigelse) af polte fra gruppe 1-5 samt P-værdi for en ikke-parametrisk test (Wilcoxon) af, om grupperne er ens ved afprøvningens opstart samt ved slagtning af polte.

| Parameter | Gruppe | | | | | P-værdi |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Planlagt calcium, g pr. FEso[1] | 6,4 (6,0) | 8,4 (8,0) | 6,4 (6,0) | 8,4 (8,0) | 8,4 (8,0) | |
| Planlagt $D_3$-vitamin, i.e. pr. FEso | 800 | 800 | - | - | 1869 | |
| Planlagt 25 OH $D_3$-vitamin, i.e. pr. FEso | - | - | 1.869 | 1.869 | - | |
| Alle polte fra 30-100 kg | | | | | | |
| Antal, stk. | 36 | 35 | 35 | 38 | 37 | - |
| Alder ved start, dage | 80,2±2,7 | 79,9±2,7 | 80,5±2,7 | 80,6±2,6 | 80,3±2,5 | 0,74 |
| Vægt ved start, kg | 32,3±6,6 | 32,6±4,7 | 32,0±5,9 | 32,5±6,0 | 32,7±6,3 | 0,98 |
| Polte slagtet ved100 kg | | | | | | |
| Antal, stk. | 18 | 17 | 19 | 20 | 19 | - |
| Alder ved slagt, dage | 171±7,0 | 171±8,0 | 172±7,1 | 172±6,3 | 171±6,3 | 0,98 |
| Vægt ved slagt, kg | 106±12,0 | 108±10 | 98±10 | 107±12 | 102±8,0 | 0,03 |
| Polte slagtet ved180 kg | | | | | | |
| Antal, stk. | 18 | 18 | 16 | 18 | 18 | - |
| Alder ved slagt, dage | 291±7,7 | 291±6,7 | 292±7,9 | 292±6,5 | 292±6,3 | 0,97 |
| Vægt ved slagt, kg | 183±16 | 183±11 | 181±11 | 181±13 | 180±13 | 0,88 |

[1] Tallene angiver calciumindholdet pr. FEso for polte fra 30-100 kg (i parentes er angivet calciumindholdet pr. FEso for polte fra 100-180 kg).

Afprøvningens formål var ikke at undersøge effekter af foderbehandlingerne på daglig tilvækst og foderudnyttelse, da det ville have krævet markant flere polte pr. behandling, men som forventet var der ingen forskel i daglig tilvækst eller foderudnyttelse fra 30-100 kg og fra 100-180 kg mellem grupperne (Tabel 7). Som ventet medførte den valgte foderkurve, at poltene voksede knap 800 g pr. dag fra 30-100 kg og tilsvarende knap 700 g pr. dag i vægtintervallet fra 100-180 kg.

**Tabel 7.** Effekt af forskellige niveauer af calcium samt kilde til $D_3$-vitamin og niveau af $D_3$-vitamin på daglig tilvækst og foderudnyttelse hos polte fra 30-100 kg og 100-180 kg[1].

| Parameter | Gruppe | | | | | SEM | P-værdi |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | |
| Planlagt calcium, g pr. FEso[2] | 6,4 (6,0) | 8,4 (8,0) | 6,4 (6,0) | 8,4 (8,0) | 8,4 (8,0) | | |
| Planlagt $D_3$-vitamin, i.e. pr. FEso | 800 | 800 | - | - | 1869 | | |
| Planlagt 25 OH $D_3$-vitamin, i.e. pr. FEso | - | - | 1.869 | 1.869 | - | | |
| Alle polte fra 30-100 kg | | | | | | | |
| Gennemsnitlig daglig tilvækst, g pr. dag | 772 | 777 | 757 | 788 | 760 | 18 | 0,47 |
| Foderudnyttelse, FEso pr. kg tilvækst | 2,83 | 2,82 | 2,86 | 2,76 | 2,85 | 0,05 | 0,48 |
| Polte slagtet ved 100 kg | | | | | | | |
| Gennemsnitlig daglig tilvækst, g pr. dag | 776 | 800 | 743 | 792 | 765 | 24 | 0,34 |
| Foderudnyttelse, FEso pr. kg tilvækst | 2,80 | 2,73 | 2,89 | 2,71 | 2,80 | 0,06 | 0,22 |
| Polte slagtet ved 180 kg | | | | | | | |
| Gennemsnitlig daglig tilvækst, g pr. dag | 686 | 678 | 665 | 670 | 662 | 16 | 0,79 |
| Foderudnyttelse, FEso pr. kg tilvækst | 3,83 | 3,88 | 3,89 | 3,93 | 3,80 | 0,10 | 0,88 |

[1] Alle værdier er korrigerede middelværdier (LSMEANS) og SEM udtrykker den største standardafvigelse på de korrigerede middelværdier.
[2] Tallene angiver calciumindholdet pr. FEso for polte fra 30-100 kg (i parentes er angivet calciumindholdet pr. FEso for polte fra 100-180 kg).

## Plasmametabolitter og udskillelse af calcium og fosfor i urin

Blodprøver udtaget umiddelbart før slagtning ved 100 kg viste, at plasmaniveauet af calcium er meget præcist fysiologisk reguleret, og at calciumkoncentrationen derved ikke påvirkes af indholdet af calcium og vitamin $D_3$ kilder og koncentrationer (Tabel 8). Plasmaniveauet af fosfor er til gengæld påvirket af foderets indhold af calcium ($P = 0,005$), således at der ved en forøgelse af foderets calciumindhold blev fundet et lavere niveau af fosfor i plasma. Den mest åbenlyse forklaring på dette var, at der i tarmen dannes bundfald af calciumfytat, som mindsker fytasens frigørelse af fosfor fra fytinsyre, og at der desuden kan dannes dicalciumfosfat i tarmen, som har lavere opløselighed end det tilsatte monocalciumfosfat.

Alle plasmaindhold af vitamin $D_3$ metabolitter var stærkt påvirket af både kilde til vitamin $D_3$ og niveau af vitamin $D_3$, og brugen af 25-hydroxyvitamin $D_3$ øgede koncentrationerne statistisk sikkert mere end blot en forøgelse af koncentrationen af vitamin $D_3$. Til gengæld havde foderets calciumindhold ingen betydning for plasmaniveauet af vitamin $D_3$ metabolitter. Det var interessant, at koncentrationen af metabolitten 24,25-dihydroxyvitamin $D_3$ blev øget med omkring 40-50 % ved brug af 2.000 i.e. vitamin $D_3$ pr. kg og 545-575 % ved brug af 50 µg 25-hydroxyvitamin $D_3$ pr. kg. Denne metabolit er sandsynligvis involveret i processer, der foregår i ledbrusken [26], men der mangler forskning indenfor dette felt for med sikkerhed at kunne vurdere de positive effekter af de højere koncentrationer på led og eventuel forekomst af ledforandringer som osteochondrose, som lå ude over formålet af nærværende afprøvning.

Plasmaniveauet af osteocalcin var ikke forskelligt mellem de forskellige foderbehandlinger. Osteocalcin anses som værende en markør for opbygning af knogler [27], og der blev fundet en tendens ($P = 0,08$) til højere plasmakoncentration af osteocalcin, når højt niveau af 25-hydroxyvitamin $D_3$ indgik i foderet frem for normniveau af vitamin $D_3$, og samtidig kun ved normniveau for calcium i begge grupper. Samtidig blev der fundet en tendens ($P = 0,05$) til, at bone-ALP, som er den knoglespecifikke basiske fosfatase, der anses for at være positivt korreleret med knogledannelse [28], var lavere hos polte, der fik 25-hydroxyvitamin $D_3$ sammenlignet med polte, der fik normniveau af vitamin $D_3$.

**Tabel 8.** Effekt af forskellige niveauer af calcium samt kilde til $D_3$-vitamin og niveau af $D_3$-vitamin på plasma- og urinkoncentrationer af udvalgte metabolitter forud for slagtning af polte ved 100 kg[1].

| Parameter | Gruppe | | | | | SEM | P-værdier[2,3] | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | Gruppe | Calcium-niveau | $D_3$-kilde | $D_3$-kilde×calcium | $D_3$-niveau×calcium | $D_3$-kilde×norm |
| Planlagt calcium, g pr. FEso[2] | 6,4 | 8,4 | 6,4 | 8,4 | 8,4 | | | | | | | |
| Planlagt $D_3$-vitamin, i.e. pr. FEso | 800 | 800 | - | - | 1.869 | | | | | | | |
| Planlagt 25 OH $D_3$-vitamin, i.e. pr. FEso | - | - | 1.869 | 1.869 | - | | | | | | | |
| Antal, stk. | 37 | 37 | 36 | 39 | 37 | - | - | - | - | - | - | - |
| Målinger baseret på blodprøver (koncentrationer i plasma) | | | | | | | | | | | | |
| Calcium, mM | 2,74 | 2,77 | 2,74 | 2,74 | 2,79 | 0,03 | NS | NS | NS | NS | NS | NS |
| Fosfor, mM | 2,83$^{ab}$ | 2,76$^{a}$ | 2,92$^{b}$ | 2,75$^{a}$ | 2,81$^{a}$ | 0,04 | * | ** | NS | NS | NS | NS |
| Vitamin $D_3$, ng/mL | 2,35$^{b}$ | 2,09$^{a}$ | 0,27$^{c}$ | 0,26$^{c}$ | 5,20$^{d}$ | 0,11 | *** | NS | *** | *** | *** | *** |
| 25-OH-$D_3$, ng/mL[4] | 18,09$^{a}$ | 16,88$^{a}$ | 87,39$^{c}$ | 83,17$^{c}$ | 24,61$^{b}$ | 1,90 | *** | NS | *** | *** | ** | *** |
| 25-OH-$D_3$, ng/mL[5] | 18,2$^{a}$ | 17,2$^{a}$ | 92,6$^{c}$ | 89,9$^{c}$ | 24,7$^{b}$ | 2,0 | *** | NS | *** | *** | ** | *** |
| 24,25$(OH)_2$-$D_3$, ng/mL[6] | 5,7$^{a}$ | 5,3$^{a}$ | 36,8$^{c}$ | 35,8$^{c}$ | 8,1$^{b}$ | 0,7 | *** | NS | *** | *** | ** | *** |
| 25-OH-$D_2$, ng/mL | 1,37$^{a}$ | 1,47$^{a}$ | 2,27$^{c}$ | 2,32$^{c}$ | 0,75$^{b}$ | 0,10 | *** | NS | *** | *** | *** | *** |
| 3-epi-25-OH-$D_3$, ng/mL | 3,7$^{ab}$ | 3,2$^{a}$ | 9,2$^{c}$ | 10,2$^{c}$ | 5,5$^{b}$ | 0,7 | *** | NS | *** | *** | * | *** |
| Osteocalcin, ng/mL | 347 | 368 | 388 | 371 | 387 | 17 | NS | NS | NS | NS | NS | T |
| ALP, U/L[7] | 184 | 191 | 191 | 183 | 185 | 9 | NS | NS | NS | NS | NS | NS |
| Bone-ALP, ng/mL[8] | 5,53 | 4,70 | 4,92 | 5,51 | 4,78 | 0,29 | NS | NS | NS | NS | NS | T |
| CTX-I, ng/mL[9] | 8,88 | 8,23 | 8,64 | 8,29 | 8,28 | 0,53 | NS | NS | NS | NS | NS | NS |
| Målinger baseret på urinprøver (koncentrationer i urin) | | | | | | | | | | | | |
| Calcium, mM | 1,04$^{a}$ | 2,73$^{b}$ | 1,68$^{ac}$ | 2,19$^{c}$ | 2,88$^{bc}$ | 0,39 | ** | ** | NS | ** | NS | NS |
| Fosfor, mM | 3,7$^{a}$ | 1,1$^{b}$ | 4,4$^{a}$ | 1,7$^{b}$ | 0,4$^{b}$ | 0,6 | *** | *** | T | * | NS | T |
| Koncentrationer i urin omregnet til g udskilt pr. FEso[10] | | | | | | | | | | | | |
| Calcium, g | 0,08 | 0,22 | 0,13 | 0,18 | 0,23 | - | - | - | - | - | - | - |
| Fosfor, g | 0,23 | 0,07 | 0,27 | 0,11 | 0,02 | - | - | - | - | - | - | - |

[1] Alle værdier er korrigerede middelværdier (LSMEANS) og SEM udtrykker den største standardafvigelse på de korrigerede middelværdier.
[2] De forskellige P-værdier angiver følgende tests: Gruppe = test af, om der er en overordnet effekt af gruppe; Calcium-niveau = test af gruppe 1 og 3 mod gruppe 2 og 4; $D_3$-kilde = højt niveau 25-hydroxyvitamin D3 mod normalt niveau af vitamin D3: test af gruppe 1 og 2 mod gruppe 3 og 4; $D_3$-kilde×calcium = test af gruppe 1 mod 4; $D_3$-niveau×calcium = gruppe 2 mod gruppe 5; $D_3$-kilde×norm = test af gruppe 1 mod 3.
[3] Angivelse af P-værdier: NS = ikke signifikant, P>0,10; T = tendens, 0,05< P ≤ 0,10; * = P<0,05; ** = P<0,01; *** = P<0,001.
[4] 25-OH-$D_3$ 2 = 25-hydroxyvitamin $D_3$ analyseret af Aarhus Universitet
[5] 25-OH-$D_3$ a= 25-hydroxyvitamin $D_3$ analyseret af dsm-firmenich
[6] 24,25-$(OH)_2$-$D_3$ = 24,25-dihydroxyvitamin $D_3$
[7] ALP = basisk fosfatase
[8] Bone-LP = knoglespecifik basisk fosfatase
[9] CTX-I = collagen I, krydsbundne C-terminal telopeptid-fragmenter
[10] Udskillelsen er beregnet under antagelse af, at der produceres 2 liter urin pr. FEso. Værdierne er beregnede værdier og dermed ikke korrigerede middelværdier (LSMEANS).

Ved smågrise fandt Zhang et al. (2022), at både osteocalcin og bone-ALP steg, når foderet blev tilsat 50 µg 25-hydroxyvitamin $D_3$ pr. kg i foder med lavt calcium- og fosforindhold, mens der ikke blev fundet ændringer i foder med et normalt calcium- og fosforindhold [29]. Det kunne tyde på, at poltene i nærværende afprøvning har haft tilstrækkeligt med calcium og fosfor i foderet, idet der ikke blev fundet statistisk sikre effekter af foderets indhold og kilde til vitamin $D_3$ på hverken osteocalcin eller bone-ALP, og da de to tendenser i øvrigt var modsatrettede.

**Tabel 9.** Effekt af forskellige niveauer af calcium samt kilde til $D_3$-vitamin og niveau af $D_3$-vitamin på plasma- og urinkoncentrationer af udvalgte metabolitter forud for slagtning af polte ved 180 kg[1].

| Parameter | Gruppe | | | | | SEM | P-værdier[3,4] | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | Gruppe | Calcium-niveau | $D_3$-kilde | $D_3$-kilde×calcium | $D_3$-niveau×calcium | $D_3$-kilde×norm |
| Planlagt calcium, g pr. FEso[2] | 6,4 (6,0) | 8,4 (8,0) | 6,4 (6,0) | 8,4 (8,0) | 8,4 (8,0) | | | | | | | |
| Planlagt $D_3$-vitamin, i.e. pr. FEso | 800 | 800 | - | - | 1.869 | | | | | | | |
| Planlagt 25 OH $D_3$-vitamin, i.e. pr. FEso | - | - | 1.869 | 1.869 | - | | | | | | | |
| Antal, stk. | 18 | 18 | 16 | 18 | 18 | - | - | - | - | - | - | - |
| Målinger baseret på blodprøver (koncentrationer i plasma) | | | | | | | | | | | | |
| Calcium, mM | 2,68 | 2,64 | 2,64 | 2,67 | 2,64 | 0,03 | NS | NS | NS | NS | NS | NS |
| Fosfor, mM | 2,49$^{a}$ | 2,23$^{b}$ | 2,47$^{ac}$ | 2,39$^{ac}$ | 2,35$^{bc}$ | 0,05 | ** | *** | NS | NS | T | NS |
| Vitamin $D_3$, ng/mL | 2,47$^{a}$ | 2,10$^{c}$ | 0,21$^{b}$ | 0,22$^{b}$ | 5,73$^{d}$ | 0,11 | *** | T | *** | *** | *** | *** |
| 25-OH-$D_3$, ng/mL[5] | 18,31$^{a}$ | 17,11$^{a}$ | 79,75$^{b}$ | 87,68$^{c}$ | 28,68$^{d}$ | 2,67 | *** | NS | *** | *** | *** | *** |
| 25-OH-$D_3$, ng/mL[6] | 18,1$^{a}$ | 17,2$^{a}$ | 84,5$^{b}$ | 87,3$^{b}$ | 27,3$^{c}$ | 2,9 | *** | NS | *** | *** | ** | *** |
| 24,25$(OH)_2$-$D_3$, ng/mL[7] | 7,7$^{a}$ | 7,7$^{a}$ | 42,6$^{b}$ | 43,7$^{b}$ | 12,5$^{c}$ | 1,4 | *** | NS | *** | *** | ** | *** |
| 25-OH-$D_2$, ng/mL | 1,45$^{a}$ | 1,44$^{a}$ | 2,23$^{b}$ | 2,33$^{b}$ | 0,73$^{c}$ | 0,12 | *** | NS | *** | *** | *** | *** |
| 3-epi-25-OH-$D_3$, ng/mL | 2,80$^{a}$ | 2,61$^{a}$ | 7,11$^{b}$ | 6,74$^{b}$ | 5,01$^{c}$ | 0,41 | *** | NS | *** | *** | *** | *** |
| Osteocalcin, ng/mL | 337 | 363 | 329 | 368 | 337 | 18 | NS | T | NS | NS | NS | NS |
| ALP, U/L[8] | 113 | 110 | 119 | 122 | 123 | 9 | NS | NS | NS | NS | NS | NS |
| Bone-ALP, ng/mL[9] | 3,63$^{a}$ | 3,40$^{a}$ | 3,28$^{a}$ | 3,04$^{a}$ | 4,66$^{b}$ | 0,36 | * | NS | NS | NS | * | NS |
| CTX-I, ng/mL[10] | 8,3 | 9,2 | 8,1 | 10,2 | 8,0 | 1,4 | NS | NS | NS | NS | NS | NS |
| Målinger baseret på urinprøver (koncentrationer i urin) | | | | | | | | | | | | |
| Calcium, mM | 2,0 | 4,2 | 4,3 | 6,4 | 4,2 | 1,1 | T | * | * | ** | NS | NS |
| Fosfor, mM | 1,82$^{a}$ | 0,24$^{b}$ | 1,31$^{a}$ | 1,04$^{ab}$ | 0,34$^{b}$ | 0,46 | * | * | NS | NS | NS | NS |
| Koncentrationer i urin omregnet til g udskilt pr. FEso[11] | | | | | | | | | | | | |
| Calcium, g | 0,16 | 0,34 | 0,34 | 0,51 | 0,34 | - | - | - | - | - | - | - |
| Fosfor, g | 0,11 | 0,01 | 0,08 | 0,06 | 0,02 | - | - | - | - | - | - | - |

[1] Alle værdier er korrigerede middelværdier (LSMEANS) og SEM udtrykker den største standardafvigelse på de korrigerede middelværdier.
[2] Tallene angiver calciumindholdet pr. FEso for polte fra 30-100 kg (i parentes er angivet calciumindholdet pr. FEso for polte fra 100-180 kg).
[3] De forskellige P-værdier angiver følgende tests: Gruppe = test af om der er en overordnet effekt af gruppe; Calcium-niveau = test af gruppe 1 og 3 mod gruppe 2 og 4; $D_3$-kilde = højt niveau 25-hydroxyvitamin D3 mod normalt niveau af vitamin D3: test af gruppe 1 og 2 mod gruppe 3 og 4; $D_3$-kilde×calcium = test af gruppe 1 mod 4; $D_3$-niveau×calcium = gruppe 2 mod gruppe 5; $D_3$-kilde×norm = test af gruppe 1 mod 3.
[4] Angivelse af P-værdier: NS = ikke signifikant, P>0,10; T = tendens, 0,05< P ≤ 0,10; * = P<0,05; ** = P<0,01; *** = P<0,001.
[5] 25-OH-$D_3$ 2 = 25-hydroxyvitamin $D_3$ analyseret af Aarhus Universitet
[6] 25-OH-$D_3$ a= 25-hydroxyvitamin $D_3$ analyseret af dsm-firmenich
[7] 24,25-$(OH)_2$-$D_3$ = 24,25-dihydroxyvitamin $D_3$
[8] ALP = basisk fosfatase
[9] Bone-LP = knoglespecifik basisk fosfatase
[10] CTX-I = collagen I, krydsbundne C-terminal telopeptid-fragmenter
[11] Udskillelsen er beregnet under antagelse af at der produceres 2 liter urin pr. FEso. Værdierne er beregnede værdier og dermed ikke korrigerede middelværdier (LSMEANS).

Plasmakoncentrationen af CTX-I skal ses som et udtryk for graden af resorption fra knoglerne [28,30], og denne metabolit er upåvirket af forsøgsbehandlinger, hvilket skal tolkes positivt, idet poltene uanset foderbehandling ikke har reageret forskelligt med hensyn til at mobilisere calcium og fosfor fra knoglerne. Udskillelsen af calcium i urinen øgedes kraftigt, når foderets indhold af calcium øges (P = 0,003), og for udskillelsen af fosfor i urinen skete der omvendt en kraftig reduktion af udskillelsen, når foderets indhold af calcium var højt (P < 0,0001). Forklaringen i den lave fosforudskillelse ved højt

calciumniveau i foderet skulle igen med stor sandsynlighed findes i dannelsen af vanskeligt opløselige calciumforbindelser (Calciumfytat og dicalciumfosfat) i tarmen, og derved absorberedes mindre fosfor, og i gruppe 5 var fosforudskillelsen meget tæt på nul, hvilket indikerede, at det absorberede fosfor udnyttes effektivt. Når udskillelsen af calcium og fosfor i urinen omregnes til udskilt i g pr. FEso kunne det konstateres, at udskillelsen af begge mineraler er meget lav, hvilket indikerer, at de absorberede mængder i vid udstrækning indlejres i knoglerne ved polte omkring 100 kg.

Ligesom ved 100 kg, så blev der fundet meget statistisk sikre effekter af foderets indhold og kilde til vitamin $D_3$ på alle $D_3$ vitaminmetabolitter i poltenes plasma ved polte slagtet ved 180 kg (Tabel 9). Ved 180 kg blev der fundet en tendens (P = 0,06) til, at et højt calciumniveau i foderet reducerede plasmakoncentrationen af osteocalcin, men tilsvarende fandtes ikke på koncentrationen af bone-ALP i plasma, som dog var højere ved brug af 2.000 i.e. vitamin $D_3$ pr. kg foder end ved alle øvrige foderbehandlinger (P = 0,02). Igen viste den manglende forskel mellem plasmakoncentrationer af CTX-I, at der ikke var forskel i graden af resorption mellem de forskellige foderbehandlinger. Udskillelsen af calcium i urinen blev igen øget kraftigt, når foderets indhold af calcium blev forøget (P = 0,04), og for udskillelsen af fosfor i urinen blev der set samme effekt som ved 100 kg, nemlig at der skete en kraftig reduktion af udskillelsen, når foderets indhold af calcium var højt (P < 0,03). Igen var fosforudskillelsen, specielt i gruppe 2 og 5 meget tæt på nul, og igen var det sandsynligvis tilgængeligheden af fosfor i tarmen, der spillede ind. Ved 180 kg var den beregnede udskillelse af calcium og fosfor udtrykt pr. FEso lav, og ved et højt calciumniveau blev næsten alt absorberet fosfor lagret i knoglerne, idet udskillelsen i gruppe 2, 4 og 5 stort set er nul.

Sammenholdes resultaterne med Hasan et. al. (2023), der i et review konkluderede, at brugen af 25-hydroxyvitamin $D_3$ forbedrede blodets mineralstatus, når grise blev fodret med foder med et lavt calcium- og fosforindhold [28], så kunne nærværende afprøvning ikke bekræfte dette, idet der uanset foderets kilde til og niveau af vitamin $D_3$ ikke fandtes effekter på blodets indhold af calcium og fosfor – til gengæld havde foderets calciumindhold stor betydning for mængden af cirkulerende fosfor, så et højt indhold af calcium begrænsede niveauet af tilgængeligt fosfor (Tabel 8 og 9). Samlet set viste blod- og urinprøverne, at plasmakoncentrationerne af alle vitamin $D_3$ metabolitter kunne forøges markant ved at øge foderets indhold af vitamin $D_3$ fra 800 i.e. pr. FEso til 2.000 i.e. vitamin $D_3$ pr. kg, og at effekten var endnu kraftigere ved at anvende 25-hydroxyvitamin $D_3$. De tendenser og statistisk sikre forskelle i plasmakoncentrationen af de forskellige knoglemarkører, der blev undersøgt, pegede i flere tilfælde ikke i en entydig retning, hvorfor tolkningen af disse var svær, og desuden bør disse ses i sammenhæng til knoglernes kemiske indhold og knoglestyrken af den enkelte knogle.

## Knogledimensioner, kemisk indhold og knoglestyrke

Ved 100 kg blev der slagtet 16-19 polte pr. gruppe, og der blev ikke fundet forskelle mellem grupperne med hensyn til metacarpalknoglernes fysiske dimensioner (Tabel 10). Data er både opgjort i procent af tørstof, og i det faktisk aflejrede udtrykt i g pr. knogle. Da både vægt og tørstofindhold kan udvise små variationer, og da koncentrationerne af calcium og fosfor ofte ikke påvirkes af forsøgsbehandlinger [24], vurderes det at være mest relevant at vurdere forskelle i den aflejrede mængde i gram pr. knogle, idet denne vil afspejle forskelle i den faktiske aflejring [24]. Der blev fundet statistik sikker forskel i mængden af aflejret aske mellem grupperne (P=0,005), og denne var påvirket af foderets indhold af calcium (P = 0,0003), idet der ved et højt niveau af calcium i foderet på tværs af vitamin $D_3$ kilder og niveauer var en højere mængde indlejret aske i knoglen, og der blev også fundet mere indlejret calcium (P = 0,05) som følge af et højere calciumindhold i foderet, mens der for fosfors vedkommende kun var en tendens (P = 0,07) til øget indlejring, når foderets calciumkoncentration var høj. I andre forsøg med slagtegrise er der tidligere også fundet statistisk sikkert højere knoglevægt og askeindhold i knogler, når foderets indhold af calcium og fosfor blev øget fra 60 % til 100 % af det forventede behov for fosfor [24]. På trods af forskellene i askeindhold blev der ikke fundet forskelle i metacarpalknoglernes brudstyrke. Som tidligere nævnt viste Maribo et al. (2007), at ved fodring med enten vitamin $D_3$ (2.000 i.e. pr. kg fra 9-30 kg og

1.200 i.e. pr. kg foder fra 30-100 kg) eller 25-hydroxyvitamin $D_3$ (50 µg/kg fra 9-30 kg og 30 µg/kg fra 30-100 kg), så var knoglestyrken ved ca. 100 kg vurderet på baggrund af DEXA-scanninger af knoglernes mineraldensitet marginalt lavere, når der blev anvendt 25-hydroxyvitamin $D_3$ [7]. Andre forsøg, f.eks. Witschi et al. (2011), fandt, at knoglestyrken ved smågrise på 20 kg var lavere ved et lavt niveau af vitamin $D_3$ (200 i.e. pr. kg foder) sammenlignet med enten 2.000 i.e. vitamin $D_3$ eller 50 µg hydroxyvitamin $D_3$ pr. kg foder, og knoglestyrken hos disse var ikke statistisk sikker forskellig [15].

**Tabel 10.** Effekt af forskellige niveauer af calcium samt kilde til $D_3$-vitamin og niveau af $D_3$-vitamin på vægt, kemisk sammensætning og brudstyrke af metacarpalknogle ved slagtning af polte ved 100 kg[1].

| Parameter | Gruppe | | | | | SEM | P-værdier[2,3] | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | Gruppe | Calcium-niveau | $D_3$-kilde | $D_3$-kilde×calcium | $D_3$-niveau×calcium | $D_3$-kilde×norm |
| Planlagt calcium, g pr. FEso | 6,4 | 8,4 | 6,4 | 8,4 | 8,4 | | | | | | | |
| Planlagt $D_3$-vitamin, i.e. pr. FEso | 800 | 800 | - | - | 1.869 | | | | | | | |
| Planlagt 25 OH $D_3$-vitamin, i.e. pr. FEso | - | - | 1.869 | 1.869 | - | | | | | | | |
| Antal, stk. | 18 | 16 | 19 | 19 | 18 | - | - | - | - | - | - | - |
| Knogledimensioner | | | | | | | | | | | | |
| Våd vægt, g | 17,3 | 17,3 | 17,4 | 17,1 | 17,2 | 0,1 | NS | T | NS | NS | NS | NS |
| Længde, mm | 60,3 | 60,5 | 60,6 | 60,3 | 59,6 | 0,5 | NS | NS | NS | NS | NS | NS |
| Bredde, mm | 16,2 | 16,2 | 16,0 | 16,5 | 16,3 | 0,2 | NS | NS | NS | NS | NS | NS |
| Analyseret indhold | | | | | | | | | | | | |
| Tørstof, % | 87,1 | 87,4 | 86,7 | 88,0 | 87,8 | 0,5 | NS | * | NS | T | NS | NS |
| Aske, % af tørstof | 44,2$^{a}$ | 47,0$^{b}$ | 44,2$^{a}$ | 45,3$^{ab}$ | 45,2$^{ab}$ | 0,07 | * | ** | NS | NS | T | NS |
| Aske, g pr. knogle | 6,64$^{a}$ | 7,07$^{b}$ | 6,66$^{a}$ | 6,81$^{ab}$ | 6,81$^{ab}$ | 0,10 | * | ** | NS | NS | T | NS |
| Calcium, % af tørstof | 13,8 | 14,8 | 13,9 | 14,4 | 14,0 | 0,5 | NS | T | NS | NS | NS | NS |
| Calcium, g pr. knogle | 2,10 | 2,22 | 2,08 | 2,16 | 2,11 | 0,08 | NS | * | NS | NS | NS | NS |
| Fosfor, % af tørstof | 6,53 | 6,99 | 6,52 | 6,79 | 6,57 | 0,23 | NS | T | NS | NS | NS | NS |
| Fosfor, g pr. knogle | 0,99 | 1,05 | 0,98 | 1,02 | 0,99 | 0,03 | NS | T | NS | NS | NS | NS |
| Knoglestyrke | | | | | | | | | | | | |
| Brudstyrke, N | 485 | 537 | 481 | 492 | 551 | 35 | NS | NS | NS | NS | NS | NS |

[1] Alle værdier er korrigerede middelværdier (LSMEANS) og SEM udtrykker den største standardafvigelse på de korrigerede middelværdier.
[2] De forskellige P-værdier angiver følgende tests: Gruppe = test af om der er en overordnet effekt af gruppe; Calcium-niveau = test af gruppe 1 og 3 mod gruppe 2 og 4; $D_3$-kilde = højt niveau 25-hydroxyvitamin D3 mod normalt niveau af vitamin D3: test af gruppe 1 og 2 mod gruppe 3 og 4; $D_3$-kilde×calcium = test af gruppe 1 mod 4; $D_3$-niveau×calcium = gruppe 2 mod gruppe 5; $D_3$-kilde×norm = test af gruppe 1 mod 3.
[3] Angivelse af P-værdier: NS = ikke signifikant, P>0,10; T = tendens, 0,05< P ≤ 0,10; * = P<0,05; ** = P<0,01; *** = P<0,001.

Ved 180 kg blev de resterende 16-18 polte pr. gruppe slagtet, og der var ingen forskelle mellem grupperne med hensyn til metacarpalknoglernes fysiske dimensioner (Tabel 11). Hverken knoglernes askeindhold, calciumindhold eller fosforindhold var forskelligt mellem grupperne, men der blev fundet en tendens (P = 0,09) til, at poltene indlejrede mere aske, når foderet indeholdt vitamin $D_3$ sammenlignet med 25-hydroxyvitamin $D_3$, samt en tendens (P = 0,07) til et lavere askeindhold pr. knogle, når foderet ud over højt calciumindhold indeholdt høj koncentration af vitamin $D_3$ sammenlignet med lav koncentration af vitamin $D_3$. Sidstnævnte tendens underbyggedes af en tendens til både en lavere mængde indlejret calcium (P = 0,07) og fosfor (P = 0,06) pr. knogle. De marginale forskelle påvirkede ikke knoglebrudstyrken, som var omtrent dobbelt så høj ved 180 kg sammenlignet med 100 kg. Der blev dog fundet en tendens (P = 0,08) til lavere knoglestyrke, når der ved calcium på normniveau blev anvendt 25-hydroxyvitamin $D_3$ frem for normniveau af vitamin $D_3$.

Resultaterne er opnået med længere tids brug af 25-hydroxyvitamin $D_3$ (ca. 212 dage pr. polt) og understøtter ikke de negative effekter på knoglestyrke, som Lauridsen et al. (2010) fandt ved brug af

25-hydroxyvitamin $D_3$ de fire første uger efter løbning hos gyltene. Her viste forsøget, at uanset niveau af vitamin $D_3$ eller 25-hydroxyvitamin $D_3$, var knoglestyrken statistisk sikkert lavere, når der blev anvendt 25-hydroxyvitamin $D_3$, og knoglestyrken ved anvendelse af 2.000 i.e. 25-hydroxyvitamin $D_3$ (1252 N) var numerisk lavere end knoglestyrken ved anvendelse af 200 i.e. vitamin $D_3$ (1279 N), som dog var numerisk lavere end ved anvendelse af 200 i.e. 25-hydroxyvitamin $D_3$ (1323 N) [6]. Samlet viser resultaterne (Tabel 10 og 11), at der kun blev fundet marginale effekter på knoglernes sammensætning ved de forskellige kombinationer af calcium og forskellige vitamin $D_3$ kilder og niveauer. Det vurderes, at de fundne forskelle ikke vil have betydning for poltene i praksis, da knoglebrudstyrken ikke blev ændret.

**Tabel 11.** Effekt af forskellige niveauer af calcium samt kilde til $D_3$-vitamin og niveau af $D_3$-vitamin på vægt, kemisk sammensætning og brudstyrke af metacarpalknoglen ved slagtning af polte ved 180 kg[1].

| Parameter | Gruppe | | | | | SEM | P-værdier[2,3] | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | Gruppe | Calcium-niveau | $D_3$-kilde | $D_3$-kilde×calcium | $D_3$-niveau×calcium | $D_3$-kilde×norm |
| Planlagt calcium, g pr. FEso[4] | 6,4 (6,0) | 8,4 (8,0) | 6,4 (6,0) | 8,4 (8,0) | 8,4 (8,0) | | | | | | | |
| Planlagt $D_3$-vitamin, i.e. pr. FEso | 800 | 800 | - | - | 1.869 | | | | | | | |
| Planlagt 25 OH $D_3$-vitamin, i.e. pr. FEso | - | - | 1.869 | 1.869 | - | | | | | | | |
| Antal, stk. | 18 | 18 | 16 | 18 | 18 | - | - | - | - | - | - | - |
| Knogledimensioner | | | | | | | | | | | | |
| Våd vægt, g | 26,3 | 26,2 | 26,1 | 26,3 | 26,1 | 0,1 | NS | NS | NS | NS | NS | NS |
| Længde, mm | 70,0 | 69,8 | 70,2 | 70,4 | 70,5 | 0,6 | NS | NS | NS | NS | NS | NS |
| Bredde, mm | 18,0 | 18,2 | 18,3 | 18,2 | 18,6 | 0,3 | NS | NS | NS | NS | NS | NS |
| Analyseret indhold | | | | | | | | | | | | |
| Tørstof, % | 88,4 | 88,7 | 89,0 | 88,4 | 88,8 | 0,3 | NS | NS | NS | NS | NS | NS |
| Aske, % af tørstof | 50,0 | 50,4 | 48,3 | 49,2 | 48,1 | 0,08 | NS | NS | T | NS | T | NS |
| Aske, g pr. knogle | 11,52 | 11,61 | 11,14 | 11,35 | 11,12 | 0,20 | NS | NS | T | NS | T | NS |
| Calcium, % af tørstof | 14,2 | 14,4 | 13,6 | 14,3 | 13,7 | 0,4 | NS | NS | NS | NS | NS | NS |
| Calcium, g pr. knogle | 3,25 | 3,33 | 3,16 | 3,28 | 3,19 | 0,06 | NS | T | NS | NS | T | NS |
| Fosfor, % af tørstof | 6,57 | 6,62 | 6,32 | 6,59 | 6,32 | 0,19 | NS | NS | NS | NS | NS | NS |
| Fosfor, g pr. knogle | 1,50 | 1,53 | 1,47 | 1,51 | 1,47 | 0,03 | NS | NS | NS | NS | T | NS |
| Knoglestyrke | | | | | | | | | | | | |
| Brudstyrke, N | 1025 | 1022 | 923 | 1001 | 1014 | 42 | NS | NS | NS | NS | NS | T |

[1] Alle værdier er korrigerede middelværdier (LSMEANS) og SEM udtrykker den største standardafvigelse på de korrigerede middelværdier.
[2] De forskellige P-værdier angiver følgende tests: Gruppe = test af om der er en overordnet effekt af gruppe; Calcium-niveau = test af gruppe 1 og 3 mod gruppe 2 og 4; $D_3$-kilde = højt niveau 25-hydroxyvitamin D3 mod normalt niveau af vitamin D3: test af gruppe 1 og 2 mod gruppe 3 og 4; $D_3$-kilde×calcium = test af gruppe 1 mod 4; $D_3$-niveau×calcium = gruppe 2 mod gruppe 5; $D_3$-kilde×norm = test af gruppe 1 mod 3.
[3] Angivelse af P-værdier: NS = ikke signifikant, P>0,10; T = tendens, 0,05< P ≤ 0,10; * = P<0,05; ** = P<0,01; *** = P<0,001.
[4] Tallene angiver calciumindholdet pr. FEso for polte fra 30-100 kg (i parentes er angivet calciumindholdet pr. FEso for polte fra 100-180 kg).

## Halthed og salgsegnethed

Der blev ikke fundet sammenhæng mellem de forskellige foderbehandlinger og halthed, hverken ved vurdering forud for slagtning ved 100 kg (Tabel 12) eller forud for slagtning ved 180 kg (Tabel 13). Ved vurderingen af salgsegnethed forud for slagt ved 100 kg blev der fundet en tendens (P = 0,09) til højere salgsegnethed, når normerne for calcium blev overholdt sammenlignet med grupper, hvor calcium lå 2 g pr. FEso højere, men denne tendens blev ikke fundet umiddelbart før slagt ved 180 kg (P = 0,80).

**Tabel 12.** Effekt af forskellige niveauer af calcium samt kilde til $D_3$-vitamin og niveau af $D_3$-vitamin på halthed og salgsegnethed ved polte forud for slagtning ved 100 kg[1].

| Parameter | Gruppe | | | | | SEM | P-værdier[2,3] | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | Gruppe | Calcium-niveau | $D_3$-kilde | $D_3$-kilde×calcium | $D_3$-niveau×calcium | $D_3$-kilde×norm |
| Planlagt calcium, g pr. FEso | 6,4 | 8,4 | 6,4 | 8,4 | 8,4 | | | | | | | |
| Planlagt $D_3$-vitamin, i.e. pr. FEso | 800 | 800 | - | - | 1.869 | | | | | | | |
| Planlagt 25 OH $D_3$-vitamin, i.e. pr. FEso | - | - | 1.869 | 1.869 | - | | | | | | | |
| Antal, stk. | 36 | 36 | 36 | 39 | 37 | - | - | - | - | - | - | - |
| Halthed | | | | | | | | | | | | |
| Ikke halte, % | 56 | 64 | 58 | 67 | 68 | 8 | NS | NS | NS | NS | NS | NS |
| Mild halthed, % | 36 | 33 | 36 | 33 | 30 | - | - | - | - | - | - | - |
| Moderat halthed, % | 8 | 3 | 6 | 0 | 3 | - | - | - | - | - | - | - |
| Alvorlig halthed, % | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | - | - | - | - | - | - |
| Samlet kvalitetsvurdering | | | | | | | | | | | | |
| Salgsegnet, % | 92 | 84 | 92 | 78 | 86 | 6 | NS | T | NS | NS | NS | NS |

[1] Alle værdier er korrigerede middelværdier (LSMEANS) og SEM udtrykker den største standardafvigelse på de korrigerede
[2] De forskellige P-værdier angiver følgende tests: Gruppe = test af om der er en overordnet effekt af gruppe; Calcium-niveau = test af gruppe 1 og 3 mod gruppe 2 og 4; $D_3$-kilde = højt niveau 25-hydroxyvitamin D3 mod normalt niveau af vitamin D3: test af gruppe 1 og 2 mod gruppe 3 og 4; $D_3$-kilde×calcium = test af gruppe 1 mod 4; $D_3$-niveau×calcium = gruppe 2 mod gruppe 5; $D_3$-kilde×norm = test af gruppe 1 mod 3.
[3] Angivelse af P-værdier: NS = ikke signifikant, P>0,10; T = tendens, 0,05< P ≤ 0,10; * = P<0,05; ** = P<0,01; *** = P<0,001.

**Tabel 13.** Effekt af forskellige niveauer af calcium samt kilde til $D_3$-vitamin og niveau af $D_3$-vitamin på halthed og salgsegnethed ved polte forud for slagtning ved 180 kg[1].

| Parameter | Gruppe | | | | | SEM | P-værdier[2,3] | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | Gruppe | Calcium-niveau | $D_3$-kilde | $D_3$-kilde×calcium | $D_3$-niveau×calcium | $D_3$-kilde×norm |
| Planlagt calcium, g pr. FEso[4] | 6,4 (6,0) | 8,4 (8,0) | 6,4 (6,0) | 8,4 (8,0) | 8,4 (8,0) | | | | | | | |
| Planlagt $D_3$-vitamin, i.e. pr. FEso | 800 | 800 | - | - | 1.869 | | | | | | | |
| Planlagt 25 OH $D_3$-vitamin, i.e. pr. FEso | - | - | 1.869 | 1.869 | - | | | | | | | |
| Antal, stk. | 17 | 17 | 16 | 18 | 18 | - | - | - | - | - | - | - |
| Halthed | | | | | | | | | | | | |
| Ikke halte, % | 47 | 53 | 62 | 44 | 50 | 15 | NS | NS | NS | NS | NS | NS |
| Mild halthed, % | 24 | 29 | 19 | 39 | 44 | - | - | - | - | - | - | - |
| Moderat halthed, % | 29 | 18 | 19 | 17 | 6 | - | - | - | - | - | - | - |
| Alvorlig halthed, % | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | - | - | - | - | - | - |
| Samlet kvalitetsvurdering | | | | | | | | | | | | |
| Salgsegnet, % | 72 | 88 | 88 | 78 | 94 | 10 | NS | NS | NS | NS | NS | NS |

[1] Alle værdier er korrigerede middelværdier (LSMEANS) og SEM udtrykker den største standardafvigelse på de korrigerede middelværdier.
[2] De forskellige P-værdier angiver følgende tests: Gruppe = test af om der er en overordnet effekt af gruppe; Calcium-niveau = test af gruppe 1 og 3 mod gruppe 2 og 4; $D_3$-kilde = højt niveau 25-hydroxyvitamin D3 mod normalt niveau af vitamin D3: test af gruppe 1 og 2 mod gruppe 3 og 4; $D_3$-kilde×calcium = test af gruppe 1 mod 4; $D_3$-niveau×calcium = gruppe 2 mod gruppe 5; $D_3$-kilde×norm = test af gruppe 1 mod 3.
[3] Angivelse af P-værdier: NS = ikke signifikant, P>0,10; T = tendens, 0,05< P ≤ 0,10; * = P<0,05; ** = P<0,01; *** = P<0,001.
[4] Tallene angiver calciumindholdet pr. FEso for polte fra 30-100 kg (i parentes er angivet calciumindholdet pr. FEso for polte fra 100-180 kg).

Der fandtes ikke nogen oplagt forklaring på dette, men hvis en højere optagelse af calcium samtidig hæmmede optagelsen af kobber og mangan, som er vigtige for dannelse og vedligehold af ledbrusken

[31], så kunne dette være en medvirkende årsag. I så fald ville det have været forventeligt, at tilsvarende tendens også blev fundet ved halthedsvurderingen, idet netop problemer med ledbrusk som f.eks. osteochondrose ville kunne relateres til halthed [32].

Der er ikke fundet sammenlignelige studier af nyere dato, som har undersøgt effekterne af calcium på halthed eller salgsegnethed, men ved anvendelse af seks calciumniveauer fra 1,5 til 9,0 g pr. kg foder til grise fra 27-91 kg fandt Stockland og Blaylock (1973) ingen sammenhæng mellem calcium i foderet og halthed [33]. Når der ikke findes forskelle i halthed ved 180 kg, er dette også forårsaget af et lavt antal polte pr. gruppe. Med 16-18 polte pr. gruppe vil en polt, der rykkes mellem kategorierne, flytte omkring 6 procentpoint mellem de forskellige kategorier. Vurderingen af halthed vil altid være subjektiv, og de gentagne vurderinger af poltene over tid resulterede i en relativ lav repeterbarhed, hvilket indikerede, at en polt sagtens kan vurderes som værende f.eks. mild halt ved en vurdering, og ved den næste vurdering flere uger senere være moderat halt.

## Implementering af afprøvningens resultater under praktiske forhold

Samlet set viser afprøvningen, at polte fra 30-180 kg kunne tildeles et højere niveau end normen på 800 i.e. vitamin $D_3$ pr. FEso af enten vitamin $D_3$ eller 25-hydroxyvitamin $D_3$ i foderet uden, at dette påvirkede halthed eller salgsegnethed negativt. Koncentrationen af vitamin $D_3$ metabolitter i kroppen øges med stigende dosering af vitamin $D_3$ eller 25-hydroxyvitamin $D_3$ i intervallet 800-1.869 i.e. pr. FEso, men det påvirkede ikke knoglernes styrke og sammensætning. Dermed må den enkelte griseproducent selv afgøre, om andre hensyn end opbygning af knogler og knoglestyrke skal bruges som argument for anvendelse af dyrere foder med højere niveau af vitamin $D_3$ eller 25-hydroxyvitamin $D_3$ – ud over gældende normer i foder til polte.

Andre argumenter for at anvende 25-hydroxyvitamin $D_3$ kan være ønsket om at påvirke immunitet [28], opnå en bedre vitamin $D_3$-status i søers afkom [15], samt mulige effekter på søers mælkeproduktion og dermed potentielt højere kuldtilvækst [14]. Det skal også bemærkes, at Lauridsen (2014) angav, at der bør tilsættes omkring 1.400 i.e. vitamin $D_3$ pr. kg til foderet for at opnå en plasmakoncentration af vitamin $D_3$, som ligger omkring 20 ng 25-hydroxyvitamin $D_3$ pr. ml plasma, og dermed med god margin til det nedre kritiske niveau som af flere referencer angives at være 10 ng 25-hydroxyvitamin $D_3$ pr. ml [34,35]. Ingen grupper i nærværende afprøvning var i nærheden af denne nedre kritiske grænse (se Tabel 8 og 9), men flere grupper lå i underkanten af det niveau, der af Kennel et al. (2010) anbefales som det optimale niveau humant (25-80 ng pr. ml. plasma), men ønskes som Lauridsen (2014) anbefalede et plasmaniveau på omkring 20 ng 25-hydroxyvitamin $D_3$ pr. ml [34], blev dette stort set opnået ved brug af 800 i.e. vitamin $D_3$ pr. FEso.

Da der er en lineær sammenhæng mellem tildelt koncentration i foderet og målte værdier i plasma [6], så ville tilsætning af henholdsvis 1.200 i.e. vitamin $D_3$ og 2.000 i.e. vitamin $D_3$ pr. kg foder have sikret et niveau af 25-hydroxyvitamin $D_3$ på mindst 20 og 25 ng pr. ml, og dermed sikrede 2.000 i.e. vitamin $D_3$ pr. kg foder netop, at poltenes koncentration af 25-hydroxyvitamin $D_3$ i plasma lå indenfor det humant anbefalede interval. Ønskes en højere tærskelværdi på f.eks. 30 ng pr. ml plasma kan dette ikke opnås med en lovlig dosis vitamin $D_3$, idet dette ville kræve tilsætning af omkring 2.270 i.e. vitamin $D_3$ pr. kg foder. Reelt ville tilsvarende værdier i plasma kunne opnås ved tilsætning af langt lavere mængde 25-hydroxyvitamin $D_3$ i foderet end de i afprøvningen anvendte 50 µg pr. kg. Baseret på resultater fra Lauridsen et al. (2010) [6] ville et niveau på 400 i.e. pr. kg, svarende til 10 µg 25-hydroxyvitamin $D_3$ pr. kg sikre et plasmaniveau af 25-hydroxyvitamin $D_3$ på over 20 ng pr. ml. Tilsvarende ville en tærskelværdi på 30 ng pr. ml kunne opnås ved omkring 16 µg 25-hydroxyvitamin $D_3$ pr. kg (640 i.e. 25-hydroxyvitamin $D_3$ pr. kg foder).

Der er ikke udført ét forsøg, som viser præcist, hvor meget 25-hydroxyvitamin $D_3$, der er behov for, for samlet set at opnå de positive effekter på immunforsvar, reproduktion og mælkeproduktion, der er

afrapporteret hos søer. Det er sandsynligt, at det optimale niveau, når der ses på tværs af polte og søer, ligger i intervallet 10-50 µg 25-hydroxyvitamin $D_3$ pr. kg foder, men for at sikre bedst mulig produktivitet og produktionsøkonomi er der behov for mere forskning i den optimale dosis. Det understreges dog, at knoglernes sammensætning og brudstyrke i nærværende afprøvning ikke var forskellig ved plasmakoncentrationer af 25-hydroxyvitamin $D_3$ i intervallet 17-90 ng pr. ml plasma.

Der findes ikke angivelser af et øvre niveau for koncentrationen af 25-hydroxyvitamin $D_3$ i plasma hos polte eller søer og dermed en mulighed for at omregne til en forventet maksimaldosering via foderet. Til sammenligning har EU's Scientific Committee on Food fastlagt en øvre sikker grænse for dagligt indtag for voksne mennesker, inkl. gravide og ammende, som ligger på 100 µg pr. dag [36], hvilket svarer til 4.000 i.e. pr. dag. Dette tal kan ikke direkte konverteres til grise på grund af forskelle i vægt, livsytringer og smittetryk, men er et vidnesbyrd om, at vitamin $D_3$ har øvre grænser, hvilket foderstoflovgivningen også tager højde for.

Da der kan være besætningsspecifikke forhold, som f.eks. at flere dyregrupper deles om samme mineralske foderblanding, bør det økonomiske perspektiv ved anvendelse af højere niveauer eller andre kilder end vitamin $D_3$ og niveauer ud over 800 i.e. pr. FEso således indgå i den samlede vurdering for at sikre, at produktionsøkonomien også vægtes.

# Konklusion

Afprøvningen viste, at tilvækst og foderudnyttelse hos polte i perioden 30-100 kg og 100-180 kg ikke afhang af foderets indhold af calcium eller af foderets indhold af vitamin $D_3$ eller kilde til vitamin $D_3$. Til gengæld var det muligt effektivt at øge plasmakoncentrationerne af alle vitamin $D_3$ metabolitter ved at øge foderets indhold af vitamin $D_3$ fra 800 i.e. pr. FEso til 2.000 i.e. vitamin $D_3$ pr. kg. Effekterne på koncentrationerne af metabolitterne i plasma var endnu kraftigere ved anvendelse af 25-hydroxyvitamin $D_3$ i høj dosis. De store ændringer, der kan opnås i plasma, ændrede ikke væsentligt på knoglernes kemiske sammensætning, og knoglestyrken var ikke forskellig mellem grupperne.

Når der anvendes et højt calciumniveau i foderet, reduceres udskillelsen af fosfor via urinen markant, hvilket kan tolkes således, at polte ved et højt calciumniveau kan have behov for ekstra fosfor. Det begrundes med, at poltene var tæt på en fosforudskillelse på nul, hvilket var en indikator for, at poltene var tæt på at opleve fosformangel. Derfor bør foderets calciumindhold ikke øges ud over gældende normer til polte. Der blev fundet en tendens til lavere salgsegnethed hos poltene ved 100 kg, når der var et højt calciumniveau i foderet, men dette afspejlede sig ikke i forskelle ved halthedsvurderingen, idet ingen foderbehandling adskilte sig fra andre ved halthedsvurderingerne.

# Referencer


[1] Vestergaard, K.; Christiansen, M.G.; Hansen, L.U. (2016): Analyse af sodødelighed i 17 danske besætninger. Notat nr. 1604. Videncenter for Svineproduktion, Den Rullende Afprøvning

[2] Vestergaard, K.; Christensen, G.; Petersen, L.B.; Wachmann, H. (2004): Afgangsårsager hos søer - samt obduktionsfund hos aflivede og selvdøde søer. Meddelelse nr. 656. Landsudvalget for Svin.

[3] Myllerup, K.; Frandsen, D.P. (2017): Holdbarhed hos unge søer. Erfaring nr. 1704. SEGES Svineproduktion.

[4] Engblom, L.; Lundeheim, N.; Strandberg, E.; del, P.S.; Dalin, A.M.; Andersson, K. (2008): Factors affecting length of productive life in Swedish commercial sows. *Journal of Animal Science*. 86:432-441.

[5] Jensen, T.B. (2020): Udviklingen i sodødelighed - tal fra DAKA 2019. Notat nr. 2013. SEGES Svineproduktion.

[6] Lauridsen, C.; Halekoh, U.; Larsen, T.; Jensen, S.K. (2010): Reproductive performance and bone status markers of gilts and lactating sows supplemented with two different forms of vitamin D. *Journal of Animal Science*. 88:202-213.

[7] Maribo, H.; Nielsen, D.H.; Jakobsen, J. (2007): Afprøvning af to $D_3$-vitaminkilder: 25-hydroxy $D_3$-vitamin som alternativ til den traditionelt anvendte $D_3$-vitamin kilde. Meddelelse nr. 780. Videncenter for Svineproduktion, Den Rullende Afprøvning.

[8] Regassa, A.; Adhikari, R.; Nyachoti, C.M.; Kim, W.K. (2015): Effects of 25-(OH)D3 on fecal Ca and P excretion, bone mineralization, Ca and P transporter mRNA expression and performance in growing female pigs. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*. 50:293-299.

[9] van Riet, M.M.J.; Millet, S.; Aluwé, M.; Janssens, G.P.J. (2013): Impact of nutrition on lameness and claw health in sows. *Livestock Science*. 156:24-35.

[10] Pointillart, A.; Denis, I.; Colin, C. (1995): Effects of dietary vitamin D on magnesium absorption and bone mineral contents in pigs on normal magnesium intakes. *Magnesium Research*. 8:19-26.

[11] de Koning, D.B.; van Grevenhof, E.M.; Laurenssen, B.F.A.; van Weeren, P.R.; Hazeleger, W.; Kemp, B. (2013): The influence of dietary restriction before and after 10 weeks of age on osteochondrosis in growing gilts. *Journal of Animal Science*. 91:5167-5176.

[12] Jørgensen, B.; Sørensen, M.T. (1998): Different rearing intensities of gilts: II. Effects on subsequent leg weakness and longevity. Livestock Production Science. 54:167-171.

[13] Kirk, R.K.; Jørgensen, B.; Jensen, H.E. (2008): The impact of elbow and knee joint lesions on abnormal gait and posture of sows. Acta Veterinaria Scandinavica. 50:5, doi:10.1186/1751-0147-50-5.

[14] Sørensen, G.; Nielsen, M.B.F. (2016): Hy-D® i sofoder øger kuldvægten ved fravænning med 3,6 kg. Meddelelse nr. 1062. Videncenter for Svineproduktion, Den Rullende Afprøvning.

[15] Witschi, A.-K.M.; Liesegang, A.; Gebert, S.; Weber, G.M.; Wenk, C. (2011): Effect of source and quantity of dietary vitamin D in maternal and creep diets on bone metabolism and growth in piglets. *Journal of Animal Science*. 89:1844-1852.

[16] Zhou, H.; Chen, Y.; Lv, G.; Zhuo, Y.; Lin, Y.; Feng, B.; Fang, Z.; Che, L.; Li, J. et al. (2016): Improving maternal vitamin D status promotes prenatal and postnatal skeletal muscle development of pig offspring. *Nutrition*. 32:1144-1152.

[17] Coffey, J.D.; Hines, E.A.; Starkey, J.D.; Starkey, C.W.; Chung, T.K. (2012): Feeding 25-hydroxycholecalciferol improves gilt reproductive performance and fetal vitamin D status. *Journal of Animal Science*. 90:3783-3788.

[18] Riddersholm, K.V.; Bahnsen, I.; Bruun, T.S.; de Knegt, L.V.; Amdi, C. (2021): Identifying Risk Factors for Low Piglet Birth Weight, High Within-Litter Variation and Occurrence of Intrauterine Growth-Restricted Piglets in Hyperprolific Sows. *Animals*. 11:2731.

[19] Zhang, L.; Piao, X. (2021): Use of 25-hydroxyvitamin $D_3$ in diets for sows: A review. *Animal Nutrition*. 7:728-736.

[20] von Rosenberg, S.J.; Weber, G.M.; Erhardt, A.; Höller, U.; Wehr, U.A.; Rambeck, W.A. (2016): Tolerance evaluation of overdosed dietary levels of 25-hydroxyvitamin D3 in growing piglets. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 100:371-380.

[21] Konowalchuk, J.D.; Rieger, A.M.; Kiemele, M.D.; Ayres, D.C.; Barreda, D.R. (2013): Modulation of weanling pig cellular immunity in response to diet supplementation with 25-hydroxyvitamin $D_3$. *Veterinary Immunology and Immunopathology*. 155:57-66.

[22] Flohr, J.R.; Tokach, M.D.; Dritz, S.S.; DeRouchey, J.M.; Goodband, R.D.; Nelssen, J.L.; Bergstrom, J.R. (2014): An evaluation of the effects of added vitamin D3 in maternal diets on sow and pig performance. *Journal of Animal Science*. 92:594-603.

[23] Bonde, M.; Rousing, T.; Badsberg, J.H.; Sørensen, J.T. (2004): Associations between lying-down behaviour problems and body condition, limb disorders and skin lesions of lactating sows

housed in farrowing crates in commercial sow herds. *Livestock Production Science*. 87:179-187.

[24] Lee, S.A.; Lagos, L.V.; Bedford, M.R.; Stein, H.H. (2021): Quantities of ash, Ca, and P in metacarpals, metatarsals, and tibia are better correlated with total body bone ash in growing pigs than ash, Ca, and P in other bones. *Journal of Animal Science*. 99, skab149.

[25] Lind, A.K.B.; Skrubel, R. (2021): Case: D-vitaminforgiftning i en sobesætning. *Dansk Veterinærtidsskrift*. 2021.

[26] Corvol, M.; Ulmann, A.; Garabedian, M. (1980): Specific nuclear uptake of 24,25-dihydroxycholecalciferol, a vitamin $D_3$ metabolite biologically active in cartilage. *FEBS Letters*. 116:273-276.

[27] Zoch, M.L.; Clemens, T.L.; Riddle, R.C. (2016): New insights into the biology of osteocalcin. *Bone*. 82:42-49.

[28] Hasan, M.; Oster, M.; Reyer, H.; Wimmers, K.; Fischer, D.-C. (2023): Efficacy of dietary vitamin $D_3$ and 25(OH)$D_3$ on reproductive capacities, growth performance, immunity and bone development in pigs. *British Journal of Nutrition*.1-10.

[29] Zhang, L.; Yang, M.; Piao, X. (2022): Effects of 25-hydroxyvitamin D3 on growth performance, serum parameters, fecal microbiota, and metabolites in weaned piglets fed diets with low calcium and phosphorus. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 102:597-606.

[30] Trautvetter, U.; Neef, N.; Leiterer, M.; Kiehntopf, M.; Kratzsch, J.; Jahreis, G. (2014): Effect of calcium phosphate and vitamin $D_3$ supplementation on bone remodelling and metabolism of calcium, phosphorus, magnesium and iron. *Nutrition Journal*. 13:6.

[31] Frantz, N.Z.; Andrews, G.A.; Tokach, M.D.; Nelssen, J.L.; Goodband, R.D.; Derouchey, J.M.; Dritz, S.S. (2008): Effect of dietary nutrients on osteochondrosis lesions and cartilage properties in pigs. *American Journal of Veterinary Research*. 69:617-624.

[32] Fabà, L.; Gasa, J.; Tokach, M.D.; Font-i-Furnols, M.; Vilarrasa, E.; Solà-Oriol, D. (2019): Effects of additional organic micro-minerals and methionine on carcass composition, gait score, bone characteristics, and osteochondrosis in replacement gilts of different growth rate*. Animal Feed Science and Technology*. 256:114262.

[33] Stockland, W.L.; Blaylock, L.G. (1973): Influence of Dietary calcium and Phosphorus Levels on the Performance and Bone Characteristics of Growing-Finishing Swine. *Journal of Animal Science*. 37:906-912.

[34] Lauridsen, C. (2014): TRIENNIAL GROWTH SYMPOSIUM— Establishment of the 2012 vitamin D requirements in swine with focus on dietary forms and levels of vitamin D1. *Journal of Animal Science*. 92:910-916.

[35] Kennel, K.A.; Drake, M.T.; Hurley, D.L. (2010): Vitamin D deficiency in adults: when to test and how to treat. Mayo Clinic Proceedings. 85:752-757.

[36] Sundhedsstyrelsen (2023): Anbefalinger om tilskud med D-vitamin. Tilgængelig på URL: https://www.sst.dk/da/viden/forebyggelse/ernaering/anbefalinger-om-d-vitamin [tilgået 11-08-2023].

## Deltagere

Projektleder: Karoline Blaabjerg, SEGES Innovation.

Tekniker: Per Mark Hagelskjær, SEGES Innovation; Mimi Lykke Mølgaard Eriksen, SEGES Innovation og Jacob Edstrand, Avl & Genetik, Landbrug & Fødevarer.

Andre deltagere: Torben Hinrichsen, dsm-firmenich; Brian Fisker, dsm-firmenich; Laurent Roger, dsm-firmenich; Francois Nell, dsm-firmenich; Svend Haugegaard, Veterinært Laboratorium, Kjellerup; Charlotte Mark Salomonsen, Veterinært Laboratorium, Kjellerup; Annette Sønderholm Juel, Veterinært Laboratorium, Kjellerup og Anne-Grete Hassing-Hvolgaard, Veterinært Laboratorium, Kjellerup.

## Øvrig information

Afprøvning nr. 1778

NAV nr.: 1418

Journalnummer på dyreforsøgstilladelse: 2021-15-0201-00971

Besætningen, som denne afprøvning er gennemført i, er godkendt i DANISH-ordningen i 2020.

//JAHP//

Dyregruppe: Polte
Fagområde: Ernæring
Nøgleord: Polte, $D_3$-vitamin, Hy-D®, 25-hydroxy Vitamin $D_3$, calcium, knoglestyrke, knoglemineralisering, halthed

# Appendiks 1

Planlagt og analyseret indhold i færdigfoder anvendt til polte i perioden 30-100 kg. I parentes er forventede værdier angivet[1].

| Indhold | Gruppe | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | |
| | Analy-seret | Afvigelse %[2] | Analy-seret | Afvigelse %[2] | Analy-seret | Afvigelse %[2] | Analy-seret | Afvigelse %[2] | Analy-seret | Afvigelse %[2] |
| Tørstof, % | 87,34 (87,36) | 0,0 | 87,32 (87,46) | -0,2 | 87,15 (87,32) | -0,2 | 87,14 (87,42) | -0,3 | 87,02 (87,42) | -0,5 |
| Protein, % | 12,88 (12,43) | 3,6 | 12,80 (12,37) | 3,5 | 12,85 (12,43) | 3,4 | 12,86 (12,38) | 3,9 | 12,98 (12,45) | 4,3 |
| Fosfor, g/kg | 4,60 (4,66) | -3,1 | 4,57 (4,44) | 2,9 | 4,61 (4,46) | 3,4 | 4,56 (4,44) | 2,7 | 4,61 (4,45) | 3,6 |
| Calcium, g/kg | 6,83 (6,85) | -0,3 | 8,62 (8,99) | -4,1 | 6,96 (6,85) | 1,6 | 8,78 (8,99) | -2,3 | 8,66 (8,99) | -3,7 |
| Fytase, FYT/kg | 1567 (1500) | 4,5 | 1558 (1500) | 3,9 | 1337 (1500) | -10,9 | 1640 (1500) | 9,3 | 1420 (1500) | -5,3 |
| Magnesium, g/kg | 1,42 (1,27) | 11,8 | 1,45 (1,26) | 15,1 | 1,44 (1,27) | 13,4 | 1,46 (1,26) | 15,9 | 1,50 (1,27) | 18,1 |
| Zink, mg/kg | 125 (132) | -5,3 | 124 (132) | -6,1 | 124 (132) | -6,1 | 122 (132) | -7,6 | 123 (132) | -6,8 |
| Kobber, mg/kg | 16 (18) | -11,1 | 15 (18) | -16,7 | 15 (18) | -16,7 | 15 (18) | -16,7 | 15 (18) | -16,7 |
| Mangan, mg/kg | 62 (64) | -3,1 | 62 (64) | -3,1 | 63 (64) | -1,6 | 62 (64) | -3,1 | 62 (64) | -3,1 |
| Vitamin $D_3$, IU/kg | 850 (856) | -0,7 | 850 (856) | -0,7 | - | | - | | 2240 (2000) | 12,0 |
| 25-OH $D_3$, µ/kg | - | | - | | 47,7 (50,0) | -4,6 | 47,7 (50,0) | -4,6 | - | |
| Energi, FEso/kg | 1,09 (1,07) | 1,9 | 1,09 (1,07) | 1,9 | 1,09 (1,07) | 1,9 | 1,10 (1,07) | 2,8 | 1,10 (1,07) | 2,8 |
| Lysin, g/kg | 7,57 (7,82) | -3,2 | 7,63 (7,82) | 2,4 | 7,38 (7,82) | -5,6 | 7,62 (7,82) | -2,6 | 7,53 (7,82) | -3,7 |
| Methionin, g/kg | 2,18 (2,30) | -5,2 | 2,10 (2,29) | 8,3 | 2,19 (2,30) | -4,8 | 2,12 (2,29) | -7,4 | 2,11 (2,30) | -8,3 |
| Cystin, g/kg | 2,56 (2,54) | 0,8 | 2,52 (2,52) | 0,0 | 2,55 (5,54) | 0,4 | 2,54 (2,52) | 0,8 | 2,58 (2,53) | 2,0 |
| Treonin, g/kg | 4,99 (5,23) | -4,6 | 4,95 (5,21) | 5,0 | 5,01 (5,23) | -4,2 | 5,05 (5,21) | -3,1 | 5,06 (5,23) | -3,3 |

[1] Alle foderprøver (8 stk. pr. blanding) blev analyseret hos Eurofins Steins Laboratorium A/S, dog blev analyser af indhold af vitamin $D_3$ og 25-hydroxyvitamin $D_3$ foretaget hos dsm-firmenich laboratoriet i Kaiseraugst, Schweiz.

[2] Afvigelsen er udtrykt som afvigelsen i % af den planlagte værdi (variationskoefficienten).

# Appendiks 2

Planlagt og analyseret indhold i færdigfoder anvendt til polte i perioden 100-180 kg. I parentes er forventede værdier angivet[1].

| Indhold | Gruppe | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | |
| | Analy-seret | Afvigelse %[2] | Analy-seret | Afvigelse %[2] | Analy-seret | Afvigelse %[2] | Analy-seret | Afvigelse %[2] | Analy-seret | Afvigelse %[2] |
| Tørstof, % | 86,31 (86,05) | 0,3 | 86,19 (86,26) | -0,1 | 86,27 (86,11) | 0,2 | 86,20 (86,26) | -0,1 | 86,36 (86,26) | 0,9 |
| Protein, % | 11,83 (11,96) | -1,1 | 11,90 (11,98) | -0,7 | 11,93 (12,05) | -1,0 | 11,78 (11,99) | -1,8 | 12,08 (12,02) | 0,5 |
| Fosfor, g/kg | 3,34 (3,54) | -5,6 | 3,42 (3,53) | -3,1 | 3,45 (3,55) | -2,8 | 3,34 (3,53) | -5,4 | 3,37 (3,55) | -5,1 |
| Calcium, g/kg | 5,93 (6,42) | -7,6 | 7,92 (8,56) | -7,5 | 6,22 (6,42) | -3,1 | 8,32 (8,56) | -2,8 | 8,33 (8,56) | -3,0 |
| Fytase, FYT/kg | 1479 (1500) | -1,4 | 1281 (1500) | -14,6 | 1136 (1500) | -24,3 | 1240 (1500) | -17,3 | 1465 (1500) | -2,3 |
| Magnesium, g/kg | 1,27 (1,22) | 4,1 | 1,29 (1,23) | 4,9 | 1,22 (1,23) | -0,8 | 1,19 (1,23) | -3,3 | 1,26 (1,23) | 2,4 |
| Zink, mg/kg | 116 (132) | -12,1 | 114 (132) | -13,6 | 122 (132) | -7,6 | 115 (132) | -12,9 | 117 (132) | -11,4 |
| Kobber, mg/kg | 17 (18) | -5,6 | 16 (18) | -11,1 | 15 (18) | -16,7 | 16 (18) | -11,1 | 16 (18) | -11,1 |
| Mangan, mg/kg | 61 (64) | -4,7 | 60 (64) | -6,3 | 62 (64) | -3,1 | 62 (64) | -3,1 | 63 (64) | -1,6 |
| Vitamin $D_3$, IU/kg | 882 (856) | 3,0 | 882 (856) | 3,0 | - | - | - | - | 1949 (2000) | -2,6 |
| 25-OH $D_3$, µ/kg | - | - | - | - | 44,8 (50,0) | -10,4 | 44,8 (50,0) | -10,4 | - | - |
| Energi, FEso/kg | 1,09 (1,07) | 1,9 | 1,09 (1,07) | 1,9 | 1,09 (1,07) | 1,9 | 1,10 (1,07) | 2,8 | 1,10 (1,07) | 2,8 |
| Lysin, g/kg | 5,73 (5,35) | 7,1 | 5,67 (5,42) | 4,6 | 5,80 (5,43) | 6,8 | 5,59 (5,42) | 3,1 | 5,77 (5,41) | 6,7 |
| Methionin, g/kg | 1,95 (1,84) | 6,0 | 1,85 (1,85) | 0,0 | 1,96 (1,86) | 5,4 | 1,90 (1,85) | 2,7 | 1,88 (1,85) | 1,6 |
| Cystin, g/kg | 2,49 (2,47) | 0,8 | 2,47 (2,46) | 0,4 | 2,49 (2,48) | 0,4 | 2,42 (2,46) | -1,6 | 2,45 (2,46) | 0,4 |
| Treonin, g/kg | 4,28 (4,15) | 3,1 | 4,24 (4,17) | 1,7 | 4,30 (4,19) | 2,6 | 4,13 (4,18) | -1,2 | 4,40 (4,19) | 5,0 |

[1] Alle foderprøver (8 stk. pr. blanding) blev analyseret hos Eurofins Steins Laboratorium A/S, dog blev analyser af indhold af vitamin $D_3$ og 25-hydroxyvitamin $D_3$ foretaget hos dsm-firmenich laboratoriet i Kaiseraugst, Schweiz.

[2] Afvigelsen er udtrykt som afvigelsen i % af den planlagte værdi (variationskoefficienten).