

Kvægstalde: Resumé og analyser

- Notat udarbejdet som grundlag for revidering af Husdyrgodkendelsesbekendtgørelsens BAT-krav

Rådgivningsnotat fra DCA – National Center for Fødevarer og Jordbrug

Peter Kai¹, Lise Bonne Guldborg¹ og Brian H. Jacobsen²

¹Institut for Bio- og Kemiteknologi, Aarhus Universitet

²Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi, Københavns Universitet



AARHUS
UNIVERSITET

DCA - NATIONALT CENTER FOR FØDEVARER OG JORDBRUG



Datablad

Titel:	Kvægstalde: Resumé og analyser – Notat udarbejdet som grundlag for revidering af Husdyrgodkendelsens BAT-krav
Forfattere:	Seniorrådgiver Peter Kai, Institut for Bio- og Kemiteknologi, AU Seniorrådgiver Lise Bonne Guldborg, Institut for Bio- og Kemiteknologi, AU Lektor Brian H. Jacobsen, Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi, KU
Fagfællebedømmelse:	Seniorforsker Morten Dam Rasmussen, Institut for Bio- og Kemiteknologi, AU Seniorrådgiver Michael Friis Pedersen, Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi, KU
Kvalitetssikring, DCA:	Specialkonsulent Johanna Höglund, specialkonsulent Anna Feldberg Marsbøll og akademisk medarbejder Majbrit Guldborg, DCA Centerenheden, AU
Rekvirent:	Miljøministeriet MIM, Departementet.
Dato for bestilling/levering:	25.02.2019/08.12.2022
Faglig redaktion afsluttet:	06.10.2022
Journalnummer:	2022-0458181
Finansiering:	Besvarelsen er udarbejdet som led i "Rammeaftale om forskningsbaseret myndighedsbetjening" indgået mellem Miljøministeriet, Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri og Aarhus Universitet.
Ekstern kommentering:	Udkast til notatet blev præsenteret og diskuteret ved møder afholdt i en følgegruppe nedsat af Departementet. Følgegruppen bestod ud over Departementet af repræsentanter fra Miljøstyrelsen, Danmarks Naturfredningsforening, Kommunernes Landsforening, København Fur, Landbrug & Fødevarer og Økologisk Landsforening. Følgegruppen har ligeledes haft mulighed for at kommentere skriftligt på udkast til notatet. Kommentarerne og AUs håndtering kan findes via dette LINK .
Eksterne bidrag:	Dette notat er udarbejdet i samarbejde mellem AU og KU. KU er faglig ansvarlig for indholdet relateret til økonomi.
Kommentarer til bestilling:	Miljøministeriet (MIM) Departementet har bedt AU om at revidere det tekniske grundlag for BAT i Danmark jf. bestilling af 25. februar 2019 benævnt "BAT-projektet". Bestillingen er opdateret d. 16. august 2019. Forventninger til omfang og detaljeringsgrad er løbende blevet opdateret. MIM Departementet har ønsket en samlet slutlevering af hele BAT-projektet.
Kommentarer til besvarelsen:	Notatet har ikke været i eksternt peer review eller er publiceret andre steder. Ved en evt. senere publicering i tidsskrifter med eksternt peer review vil der derfor kunne forekomme ændringer.
Ophavsret:	Notatet er omfattet af gældende regler om ophavsret.
Citeres som:	Kai, P. Guldborg, LB. og Jacobsen, BH. 2022. Kvægstalde: Resumé og analyser – Notat udarbejdet som grundlag for revidering af Husdyrgodkendelsens BAT-krav. 10 sider. Rådgivningsnotat fra DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Aarhus Universitet.
Rådgivning fra DCA:	Læs mere på https://dca.au.dk/raadgivning/ .

Forord

Det er en af de grundlæggende betingelser for at opnå miljøgodkendelse, at ansøgninger om etablering eller udvidelse af husdyrbrug med en ammoniakemission, der overstiger 750 kg NH₃-N per år, har truffet de nødvendige foranstaltninger til at forebygge og begrænse ammoniakforureningen ved anvendelse af den bedste tilgængelige teknik (BAT).

Formålet med dette projekt har været at opdatere det faglige grundlag for en efterfølgende politisk fastsættelse af grænseværdier for ammoniakemission (BAT-krav), der anvendes ved miljøgodkendelse af husdyrbrug.

Projektet er gennemført som et samarbejde mellem Aarhus universitet (AU) og Københavns Universitet (KU). Seniorrådgiver Peter Kai, Institut for Bio- og Kemiteknologi, AU har været projektleder i forhold til den tekniske og miljømæssige beskrivelse af effekter af stalde og teknologier, mens lektor Brian H. Jacobsen, Institut for Fødevare- og Ressourceøkonomi, KU, har været projektleder for de økonomiske analyser.

Som led i projektet har AU og KU udarbejdet en serie notater, der omfatter nærmere definerede driftssystemer og teknologier indenfor driftsgrenene grise, kvæg, fjerkræ og mink:

Driftssystembeskrivelser er notater, der beskriver den typiske indretning og drift af specifikke stald- og stityper til bestemte dyregrupper og de dermed forbundne emissioner af ammoniak, lugt og drivhusgasser samt de vigtigste ressourceforbrug, der knytter sig til produktionen. Notaterne er udarbejdet af AU. Driftssystembeskrivelserne indeholder med få undtagelser økonomiske nøgletal, som er udtræk fra økonomi-notater udarbejdet af KU.

Teknologibeskrivelser er notater, der beskriver specifikke typer af teknologier og deres miljøeffekt, når de anvendes i specifikke stald-/stityper og de dermed forbundne ressourceforbrug og emissioner af ammoniak og lugt. Teknologibeskrivelsernes tekniske og miljømæssige del er udarbejdet af AU, mens de økonomiske nøgletal er udtræk fra økonomi-notater udarbejdet af KU.

Økonomiske udrednings- og dokumentationsnotater beskriver dels forudsætningerne for økonomiske analyser af virkemidler til reduktion af ammoniakemissionen i husdyrproduktionen samt de økonomiske konsekvenser forbundet med anvendelse af stalde og teknologier. Disse er udarbejdet og publiceret af KU.

Som opsummering er der for hver driftsgren (for grise opdelt på produktionstype) udarbejdet et **resumé- og analysenotat**, der sammenholder miljømæssige og økonomiske effekter ved anvendelsen af stalde og teknologi, herunder i diverse kombinationer og som funktion af husdyrholdets størrelse.

Indledning

I forbindelse med en kommende fastlæggelse af BAT-emissionsgrænseværdierne for køer i staldsystemer med gyllehåndtering har Miljøministeriet ønsket at få undersøgt eksisterende tekniske muligheder for at begrænse emissionen af ammoniak. Det faglige udredningsarbejde er foretaget af Aarhus Universitet (AU) og de miljøøkonomiske analyser er foretaget af Københavns Universitet (KU) i 2019-2021.

I starten af projektperioden udarbejdede AU et notat (Kai, 2022), som identificerede relevante staldsystemer og miljøteknologier, som vurderes relevante i forhold til BAT-projektet. Miljøministeriets departement udarbejdede en bruttoliste med relevante ammoniakreducerende miljøteknologier, som følger de miljøteknologier, der er på Miljøstyrelsens teknologiliste¹.

På baggrund af bruttolisten har AU og KU udarbejdet en serie driftssystembeskrivelser og teknologibeskrivelser. Driftssystembeskrivelser er detaljerede produktions- og miljøtekniske samt økonomiske beskrivelser af individuelle staldsystemer, og teknologibeskrivelser er detaljerede miljøtekniske og økonomiske beskrivelser af individuelle miljøteknologier. Driftssystembeskrivelserne og teknologibeskrivelserne indeholder derfor beregninger af de driftsøkonomiske meromkostninger forbundet med anvendelse af et staldsystem eller miljøteknologi opgjort i forhold til det valgte referencestaldsystem, som for køer er sengestalde med spaltegulv (kanal, bagskyl eller ringkanal). Meromkostningerne er opgjort både per dyr og per m² i forhold til den opnåede ammoniakreduktion. Ligeledes er omkostningseffektiviteten, dvs. omkostninger per kg sparet NH₃-N emission opgjort.

Formålet med dette resume er at give en kort oversigt over de konklusioner, der kan drages i forhold til staldtyper, miljøteknologier, miljøeffekt og økonomi i kvægstalde med malkekøer. Resumeet sammenholder de nye resultater med det gældende BAT-ammoniakemissionskrav for at vurdere omfanget af teknologier, der i dag overholder eksisterende krav. Resumeet afsluttes med en beskrivelse af effekter og økonomi for de enkelte teknologier og relevante kombinationer af teknologier ved fremtidige grænser for omkostninger per årsko ekskl. opdræt. Det er med udgangspunkt i den gennemførte analyse muligt at vurdere hvilke teknologier, der kan vælges imellem med udgangspunkt i en politisk fastsat maksimal grænse for omkostningerne per årsko og/eller omkostning per kg sparet NH₃-N emission.

Vedr. referencestald og beregning af miljøeffekter

For gennemgangen i resumeet for køer er fokus på konventionelle køer af stor racer, hvorfor der ikke indgår analyser for små racer, kvier, ungdyr m.fl. Som referencestaldsystem for beregning af miljøeffekter og driftsøkonomi er valgt spaltegulv (kanal, bagskyl eller ringkanal), som er forbundet med en ammoniakemission på 1,16 kg NH₃-N/år per m² produktionsareal eller 9,27 kg NH₃-N per årsko (beregnet med udgangspunkt i normtal 2021). Det antages i analyserne, at produktionsarealet per ko af tung race er 7,99 m² (Kai og Adamsen, 2017).

Miljøeffekten er opgjort ved at beregne reduktionen i ammoniakemission fra en kostald med anden gulvtype (kanal og linespil eller drænet fast gulv) og/eller ved samtidig anvendelse af én eller flere miljøteknologier sammenlignet med referencestaldsystemet. De anvendte teknologier omfatter overdækning af gyllebeholder og forsuring af gyllen i stalden. Miljøeffekten opnået ved anvendelse af fast overdækning af gylletanke er overført til køernes produktionsareal i stalden, idet

¹ Miljøstyrelsens teknologiliste er en liste over godkendte miljøteknologier, som landmænd skal benytte i forbindelse med ansøgning om miljøgodkendelse i henhold til husdyrgodkendelsesbekendtgørelsen.

det er beregnet, hvor stort et gylleareal i gylletanken, som en m² produktionsareal lægger beslag på.

Miljøeffekten er beregnet alene i forhold til staldens produktionsareal, i modsætning til tidligere BAT-analyser, hvor miljøeffekten er beregnet på grundlag af en kædebetragtning omfattende stald og gødningslager. Den ændrede beregningsmetode skyldes den ny husdyrregulering, som blev indført i 2017, og hvor ammoniak og lugt reguleres på grundlaget af produktionsarealet i henholdsvis stald og gødningslager.

Driftssystembeskrivelser og teknologiblade

Der er udarbejdet driftssystembeskrivelser og teknologiblade omfattende følgende staldtyper og teknologier.

- Sengebåsestalde med spaltegulv og gyllekanal (ringkanal eller bagskyl) (Guldberg et al., 2022a)
- Sengebåsestalde med spaltegulv og gyllekanal med linespilsanlæg (Guldberg et al., 2022b)
- Sengebåsestalde med drænet fast gulv med ajle afløb og gødningskraber (Guldberg et al., 2022c)
- Svovlsyreforsuring af gylle i kvægstalde (Kai og Jacobsen, 2022)
- Fast overdækning af gyllebeholdere (Adamsen et al., 2022)
- Reduceret tildeling af råprotein til malkekøer (Børsting et al., 2022).

Efter politiske drøftelser mellem Miljøministeriet og landbrugets brancheorganisation Landbrug og Fødevarer i forbindelse med det såkaldte NEC-udvalgsarbejde blev der indgået en aftale om en frivillig tilpasning i oktober 2020, om generel sænkelse af koncentrationen af råprotein i foderet til malkekøer. Som følge heraf blev det besluttet, at teknologibeskrivelsen omhandlende reduceret råprotein-koncentration i foderrationen til malkekøer (Børsting et al., 2022) ikke indgår i BAT-analyserne.

Økonomiske analyser

De økonomiske analyser giver en vurdering af de årlige meromkostninger i forhold til referencestalden. I analysen indgår både investeringer og løbende driftsomkostninger (el, vand og arbejdskraft), men ikke alle driftsomkostninger (fx dyrlæge og foder) er medtaget i analysen, da den del fokuserer på de omkostninger der varierer mellem teknologierne. Der er endvidere foretaget en analyse, hvor meromkostninger sammenholdes med de samlede produktionsomkostninger som opgjort af Danmarks Statistik. Den anvendte metodik og omkostninger per enhed er dokumenteret i Callesen og Jacobsen (2022), mens meromkostninger og omkostningseffektivitet ved anvendelse af alternative driftssystemer og miljøteknologier er dokumenteret i tre dokumentationsnotater af Jacobsen (2022a-c).

Omkostningerne er opgjort per årsko, da det driftsøkonomisk giver mening, fordi indtjeningen opgøres per årsko. En omregning til omkostning per m² er foretaget med udgangspunkt i et arealbehov på 7,99 m² per årsko ekskl. opdræt.

På den baggrund beregnes dels en stigning i de årlige omkostninger og omkostningseffektiviteten, hvor omkostninger sammenholdes med miljøeffekten (kr./kg NH₃-N). Det er i de miljøøkonomiske analyser angivet, at sundhedsværdien (miljøøkonomiske beregningspriser) af en reduktion i emissionen af ammoniak kan opgøres til 150 kr. per kg NH₃-N (Andersen et al., 2019). Dette kan således bruges som en pejling i forhold til en afskæringsgrænse hvad angår omkostningen per kg NH₃-N.

Teknologier, der medfører en meremission, vil kun blive medtaget, hvis det er omkostningseffektivt at implementere denne i kombination med andre teknologier for at opnå en reduktion i emissionen.

Usikkerhed ved de gennemførte analyser

Der er som angivet i driftssystem- og teknologibeskrivelserne og i dokumenterne bag de økonomiske analyser nogen usikkerhed på anvendte estimater. Der forventes en usikkerhed på estimationen af emissionen på ca. 25%. Beregningen af miljøeffekten ved fast overdækning bygger på en række antagelser eller forventninger til gylleproduktion, tankhøjde, nedbørsmængde og lagerperiode. Disse faktorer har betydelig effekt på det beregnede gennemsnitlige gylleoverfladeareal i gyllebeholder per årsko. Overfladearealet i gyllebeholderen per årsko vil påvirke ammoniakfordampningen fra lageret per årsko. Endvidere er der usikkerhed forbundet med ammoniakemissionen per m² gylleoverflade med hhv. tæt (naturligt flydelag) og fast overdækning.

For de økonomiske analyser har der været udfordringer med at estimere investeringer og dermed merinvesteringer, samt årlige meromkostninger ved de angivne teknologier. Usikkerheden er her skønnet til 20% men kan være højere for udvalgte poster.

I analyserne indgår tre staldtyper; 1) kanal med bagskyl eller ringkanal, 2) kanal med linespil og 3) drænet fast gulv med ajlefløb og gødningsskraber. Der er ikke taget stilling til spørgsmålet omkring risikoen for hygiejneproblemer ved fast gulv i forhold til spaltegulv, men hvor fx rilleskæring er nødvendig for at driften er forsvarlig, er det beskrevet.

Samtidig anvendelse af flere miljøteknologier

Visse miljøteknologier, fx valg af staldtype og overdækning af gyllebeholder kan anvendes samtidig og derved give en forøget miljøeffekt. Den samlede miljøeffekt kan dog være lavere end summen af de to miljøteknologier anvendt individuelt som følge af princippet om aftagende merudbytte.

Der er anvendt en tilgang, der sikrer, at alle potentielle kombinationer af godkendte miljøteknologier kunne indgå i analysen. Der er for køer meget få kombinationer i forhold til analyserne for grise, da eneste mulige teknologivalg omfatter drænet fast gulv og svovlsyreforsuring i stalden. Svovlsyreforsuring i stalden kan ikke kombineres med drænet fast gulv, ligesom der ikke opnås yderligere ammoniakreduktion ved at etablere fast overdækning af gyllebeholdere, der modtager forsuret gylle. Der er således ikke et generelt krav om fast overdækning af gyllebeholdere, hvis der bruges svovlsyreforsuring i dag, idet gylleforsuring reducerer emissionen af ammoniak i lagret betydeligt. Der er derfor ikke regnet på omkostningerne ved overdækning af gyllebeholder, der indeholder forsuret gylle.

Miljøministeriet har ønsket, at de anvendte besætningsstørrelser dækker hele intervallet fra de mindste besætninger, der indgår i reguleringen, til det som i dag betegnes som de største besætninger. For malkekøer omfatter analysen intervallet fra 50 til 1000 årskøer ekskl. opdræt.

I vedlagte opsamlingstabel ([Appendiks A](#)) indgår:

- den samlede ammoniakemission (kg NH₃-N og % ammoniakreduktion)
- de samlede meromkostninger per årsko
- de samlede meromkostninger per kg reduceret ammoniakemission opgjort i forhold til besætningsstørrelse.

Sammenligning med eksisterende BAT-ammoniakemissionsgrænseværdier

De eksisterende BAT-ammoniakemissionskrav for nye stalde som de fremgår af husdyrbekendtgørelsens Bilag 3 er:

- Malkekøer (alle gulvtyper): 0,89 kg NH₃-N/år per m² produktionsareal.

Den gældende BAT-emissionsgrænseværdi er fastsat af Miljøstyrelsen ud fra det princip, at meromkostningerne til enkeltteknologier ikke bør overstige ca. 100 kr. per kg. reduceret NH₃-N, samt at de samlede meromkostninger ikke bør overstige ca. 1% af produktionsomkostningerne (Miljøstyrelsen, 2011). Ifølge Fødevareøkonomisk Institutts driftsgrenstatistik for 2004 samt den tilsvarende opgørelse fra Danmarks Statistik fra 2008 blev de årlige produktionsomkostninger opgjort til 20.000-22.000 kr. per årsko. 1% af dette beløb svarer derfor til 200-220 kr. per årsko.

Teknologier og reduktionsmuligheder

Appendiks A viser en oversigt over miljøeffektivitet, omkostninger og omkostningseffektivitet af staldd typer alene og i kombination med mulige miljøteknologier. Det fremgår heri, at der kun er fundet 7 kombinationer af staldd type og staldd type kombineret med en teknologi, som kan reducere ammoniakemissionen sammenlignet med referencesystemet.

Spørgsmålet er så, hvad det koster i dag at opfylde det eksisterende BAT-ammoniakemissionskrav på 0,89 kg NH₃-N/år per m² produktionsareal svarende til 7,11 kg NH₃-N per årsko af tung race ved anvendelse af normtal for husdyrgødning 2021-2022 (Børsting og Hellwing, 2021). Kravet svarer til en reduktion på 23% i forhold til referencen, men det er ikke alle teknologikombinationer der opfylder de krav der gælder i dag.

Appendiks A viser, at mulighederne nr. 1-4 svarende til sengestalde med spaltegulv og gyllekanal med ringkanalsystem hhv. linespilsanlæg samt begge kombineret med fast overdækning ikke opfylder det gældende BAT-ammoniakemissionskrav.

De resterende muligheder (5-9) lever op til gældende BAT-ammoniakemissionskrav, der er opfyldt ved etablering af sengestalde med drænet fast gulv uden yderligere teknologi (5 og 6). Kombineres drænet fast gulv med fast overdækning af gyllebeholder øges miljøeffekten, så opnås en samlet ammoniakbesparelse på 37% sammenlignet med referencen. Der er for de fleste besætningsstørrelser en økonomisk gevinst ved at vælge disse kombinationer set i forhold til referencen. For den mindste besætningsstørrelse er meromkostningerne dog noget højere ved alle kombinationer.

Svovlsyreforsuring i stalden (7) er, sammenlignet med de øvrige muligheder, en dyr teknologi. Teknologien er forbundet med en betydelig størrelsesøkonomisk effekt, idet den er meget dyrere for bedrifter med 50 køer end bedrifter med 1000 køer.

Set i forhold til fx produktion af slagtegrise eller smågrise er de teknologiske muligheder mere begrænsede, og der er derfor også færre teknologier og fleksibilitet i valg af løsninger på den enkelte bedrift for at opfylde et givet BAT-krav.

En kort beskrivelse af teknologiernes omkostninger følger her.

Gulvtyper

De årlige meromkostninger for drænet fast gulv med smal kanal udgør -39 til 649 kr. per årsko. Det svarer til -18 til 301 kr. per kg NH₃-N. Specielt de mindste besætninger har højere meromkostninger per årsko og en høj omkostning per kg NH₃-N. De årlige meromkostninger for drænet fast gulv med U-skinne udgør til sammenligning -127 til 439 kr. per årsko. Det svarer til -59 til 203 kr. per kg NH₃-

N. Der er ingen meromkostninger ved drænet fast gulv med U-skinne for bedrifter over 250 køer. Analyserne indikerer, at meromkostningerne ved at vælge drænet fast gulv i dag er lavere end i 2011 med de staldindretninger og driftsforhold, der er valgt i de to analyser. Ammoniakeffekten er dog også lavere, idet miljøeffekten er fastsat til 23% mod det tidligere skønnede niveau på 50%.

Svovlsyreforsuring i stalden

Forsuring er baseret på en ret høj grundinvestering (ca. 1,0 mio. kr. for selv de mindste besætninger), der gør, at omkostningerne per enhed er høje for de mindre bedrifter. Omvendt har teknologien en meget stor kapacitet, og det betyder, at meromkostningerne generelt falder med stigende besætningsstørrelse. De løbende omkostninger er relativt lave i forhold til omkostningen ved investeringen. Syreforbrug og vedligeholdelse udgør de største omkostningsposter. De samlede driftsomkostninger udgør i dag 357 til 2070 kr. per årsko svarende til 117 til 676 kr. per kg NH₃-N. De enkelte omkostningselementer er som forventet alle højere i 2021 end de var i 2011, hvorfor meromkostningen per årsko for ca. 500 årskøer er steget til ca. 419 kr. per årsko mod 281 kr. per årsko i 2011. Teknologien er optaget på Miljøstyrelsens teknologiliste med en ammoniakreduktion på 33% mod tidligere antagelser om en effekt på 50% for kvægstalde (sengebåsestalde med spaltegulv og ringkanal eller bagskyl).

Fast overdækning af gyllebeholdere

Omkostningerne ved overdækning er opgjort til 83 kr. per årsko og 65 kr. per kg NH₃-N for besætninger med 50 køer. For besætninger med over 50 køer er der en gevinst på 8 kr. per årsko og 6 kr. per kg NH₃-N. Dette er noget lavere omkostninger end i tidligere analyser i 2011, hvor omkostningen var 221 til 332 kr. per årsko eller 192 til 289 kr. per kg NH₃-N. Som det fremgår af analysen, er omkostningen per årsko i dag noget lavere som følge af en lavere investering i teltoverdækninger. Miljøeffekten er uændret siden 2011.

Opsummering

Der er gennemført en analyse af teknologier og teknologikombinationer med henblik på at opstille et grundlag for fremtidige krav til ammoniakemissionen for malkekøer. Analysen omfatter en række teknologier for besætningsstørrelser mellem 50 og 1000 årskøer.

I 2011 var drænet fast gulv billigere for de mindste bedriftsstørrelser, men en meromkostning for stalde med 113 til 714 årskøer (150 til 950 DE). I de nye analyser er drænet fast gulv derimod en gevinst for de store besætninger men en omkostning for de mindre besætninger. Hvad angår teknologier så er svovlsyreforsuring dyrere end tidligere, mens fast overdækning er billigere end i analyserne fra 2011.

Set i forhold til de nuværende emissionsgrænser vurderes det, at meromkostningen for køer er lavere i dag end i 2011, idet fast gulv med og uden overdækning af gyllebeholder for de fleste besætningsstørrelser giver en økonomisk gevinst. Som forventet er implementering af teknologierne noget billigere på store besætningsstørrelser end på små besætningsstørrelser (50 køer).

I forhold til tidligere analyser fra 2011 (Miljøstyrelsen, 2011) er overdækning og fast gulv nu en økonomisk gevinst for bedrifter over 50 køer, men omvendt er forsuring blevet noget dyrere per kg NH₃-N end tidligere.

Litteratur

- Adamsen, A. P. S., Callesen, G. M., Jacobsen, B. H. og Kai, P. (2022). Fast overdækning af gyllebeholdere. Rådgivningsnotat fra DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Aarhus Universitet. 22 s.
- Andersen, M. S., Rasmussen, L. M. F. og Brandt, J. (2019). Miljøøkonomiske beregningspriser for emissioner 3.0. Notat. DCE. Århus Universitet.
- Børsting, C. F. & Hellwing, A. L. S. (eds.) (2021). Normtal for husdyrgødning – 2021, 40 s. https://anivet.au.dk/fileadmin/DJF/Anis/dokumenter_anis/normtal/normtal_2021/normtal_fra_anne_louise/Nor-mer_ANIS_hjemmeside_excel_version_171221.pdf
- Børsting, C. F., Weisbjerg, M. R., Larsen, M., Hellwing, A.L. F., Johansen, M. og Kai, P. (2022). Reduceret tildeling af råprotein til malkekøer – Teknologibeskrivelse udarbejdet som grundlag for revidering af Husdyrgodkendelsesbekendtgørelsens BAT-krav. Rådgivningsnotat fra DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Aarhus Universitet. 31 s.
- Callesen, G. M. og Jacobsen, B. H. (2022). Forudsætninger for analyser af virkemidler til reduktion af ammoniakemissionen i landbruget. IFRO Udredning 2022/29. Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi, Københavns Universitet.
- Guldborg, L. B., Kai, P. og Jacobsen, B. H. (2022a). Malkekøer, kvier og stude: Sengebåsestalde med spaltegulv og gyllekanal (ringkanal eller bagskyl) - Driftssystembeskrivelse udarbejdet som grundlag for revidering af Husdyrgodkendelsesbekendtgørelsens BAT-krav. Rådgivningsnotat fra DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Aarhus Universitet, 25 s.
- Guldborg, L. B., Kai, P. og Jacobsen, B. H. (2022b). Malkekøer, kvier og stude: Sengebåsestalde med spaltegulv og gyllekanal med linespilsanlæg - Driftssystembeskrivelse udarbejdet som grundlag for revidering af Husdyrgodkendelsesbekendtgørelsens BAT-krav. Rådgivningsnotat fra DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Aarhus Universitet, 26 s.
- Guldborg, L. B., Kai, P. og Jacobsen, B. H. (2022c). Malkekøer, kvier og stude: Sengebåsestalde med drænet fast gulv med ajlefløb og gødningsskraber - Driftssystembeskrivelse udarbejdet som grundlag for revidering af Husdyrgodkendelsesbekendtgørelsens BAT-krav. Rådgivningsnotat fra DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Aarhus Universitet, 27 s.
- Jacobsen, B. H. (2022a). Omkostninger ved valg af gulvtype i kvægstalde. IFRO Dokumentation 2022/14. Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi, Københavns Universitet.
- Jacobsen, B. H. (2022b). Omkostninger ved svovlforsuring af gylle i kvægstalde. IFRO Dokumentation 2022/15, Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi, Københavns Universitet.
- Jacobsen, B. H. (2022c). Omkostninger ved fast overdækning af gyllebeholdere på kvægbedrifter. IFRO Dokumentation 2022/16. Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi, Københavns Universitet.
- Kai, P. (2022). Afgrænsning af teknologi- og driftssystembeskrivelser i BAT-projektet. Rådgivningsnotat fra DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Aarhus Universitet, 12 s.
- Kai, P. og Adamsen, A. P. S. (2017). Fra produktionsbaseret til arealbaseret emissionsberegning. Del 2: Emissionsfaktorer. Institut for Ingeniørvidenskab, Aarhus Universitet. Technical report BCE –TR-12, 89 s.
- Kai, P. og Jacobsen, B. H. (2022). Svovlsyreforsuring af gylle i kvægstalde – Teknologibeskrivelse udarbejdet som grundlag for revidering af Husdyrgodkendelsesbekendtgørelsens BAT-krav. Rådgivningsnotat fra DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Aarhus Universitet, 15 s.
- Miljøstyrelsen (2011). Vejledende emissionsgrænseværdier opnåelige ved anvendelse af den bedste tilgængelige teknik (BAT). Husdyrbrug med konventionel produktion af malkekvæg (gyllebaserede staldsystemer) - omfattet af husdyrgodkendelseslovens § 11 og § 12. Miljøministeriet, Miljøstyrelsen, 18 s.

Appendiks A

Ammoniakemission, meromkostninger og omkostningseffektivitet kategoriseret efter faldende ammoniakemission = stigende miljøeffekt

Nr	Staldtype	Teknologi	Emission stald			Meromkostninger								Omkostnings-effektivitet			
			Kg NH ₃ -N per årsko	Kg NH ₃ -N per år/m ² produktionsareal	Reduktion (%)	Kr./årsko				Kr./år per m ² produktionsareal				kr./kg NH ₃ -N			
						Antal årskøer				Antal årskøer				Antal årskøer			
					50	250	500	1000	50	250	500	1000	50	250	500	1000	
1	Spaltegulv og ringkanal (reference)		9,27	1,16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	Spaltegulv og gyllekanal med linespilsanlæg		9,27	1,16	0	542	84	20	-2	67,8	10,5	2,5	-0,2	--	--	--	--
3	Spaltegulv og ringkanal	Fast overdækning	7,99	1,00	14	83	-8	-8	-8	10,3	-1,0	-1,0	-1,0	65	-6	-6	-6
4	Spaltegulv og gyllekanal med linespilsanlæg	Fast overdækning	7,99	1,00	14	624	76	12	-10	78,2	9,5	1,5	-1,2	488	59	9	-8
5	Drænet fast gulv (smal kanal)		7,11	0,89	23	649	73	-20	-39	81,2	9,2	-2,5	-4,9	301	34	-9	-18
6	Drænet fast gulv (U-skinne)		7,11	0,89	23	439	-33	-108	-127	55,0	-4,2	-13,5	-15,9	203	-15	-50	-59
7	Spaltegulv og ringkanal	Forsuring	6,21	0,78	33	2.070	605	419	357	259,1	75,7	52,4	44,6	676	198	137	117
8	Drænet fast gulv (smal kanal)	Fast overdækning	5,82	0,73	37	732	65	-28	-47	91,6	8,2	-3,5	-5,9	212	19	-8	-14
9	Drænet fast gulv (U-skinne)	Fast overdækning	5,82	0,73	37	522	-41	-116	-135	65,3	-5,2	-14,5	-16,9	151	-12	-33	-39

Note: Kg NH₃-N per årsko er baseret på forudsætningerne i Normal for husdyrgødning 2021 (Børsting og Hellwing, 2021).

Note: Der er regnet med 7,99 m² per årsko jf. Kai og Adamsen (2017).