



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Samspil mellem miljøteknologier

*Vurdering af mulighederne for at kombinere
miljøteknologier på Miljøstyrelsens teknologiliste*

Titel:

Samspil mellem miljøteknologier - Vurdering af mulighederne for at kombinere miljøteknologier på Miljøstyrelsens teknologiliste

Udarbejdet for:

Miljøstyrelsen
Strandgade 29
1401 København K

Udarbejdet af:

seniorspecialist Peter Kai¹, chefforsker Anders Peter S. Adamsen² og lektor Bjarne S. Bjerg³

¹Center for Miljøteknologi, AgroTech, Teknologisk Institut

²SEGES, Videncenter for Svineproduktion

³Institut for Produktionsdyr og Heste, Sektion for Produktion og Sundhed, Københavns Universitet

November 2016

Indhold

1.	Indledning.....	1
2.	Miljøteknologier på teknologilisten og deres mulige vekselvirkning.....	2
2.1.	En kort beskrivelse af teknologilisten.....	2
2.2.	Korrektion af emissionsfaktorer for anvendelse af miljøteknologi.....	3
2.3.	Definitioner på effekter af kombinationer af teknologier.....	3
2.3.1.	Additivitet ved anvendelse af to teknologier.....	3
2.3.2.	Kædeeffekt ved anvendelse af to teknologier.....	4
2.3.3.	Vekselvirkning ved anvendelse af to teknologier.....	4
2.4.	Teknologier til svinestalde.....	4
2.4.1.	Gyllekøling i svinestalde.....	4
2.4.2.	Gylleforsuring i slagtesvinestalde med drænet gulv.....	5
2.4.3.	Ugentlig udslusning af gylle i slagtesvinestalde med fulddrænedede gulve.....	7
2.5.	Luftrensning.....	8
2.5.2.	Punktudsugning.....	8
2.5.3.	Punktudsugning i andre stalde.....	9
2.6.	Teknologier til kvægstalde.....	9
2.6.1.	Gylleforsuring.....	9
2.6.2.	Lavemissionsgulve til malkekvæg.....	9
2.6.3.	Lavemissionsgulve i andre kvægstalde.....	9
2.6.4.	Skraber til spaltegulve i sengebåsestalde med spalter (kanal, bagskyl eller ringkanal).....	9
2.7.	Teknologier til minkfarme.....	10
2.8.	Teknologier til fjerkræstalde.....	10
3.	Samtidig anvendelse af to miljøteknologier.....	11
3.1.	Gyllekøling og gylleforsuring.....	11
3.2.	Gyllekøling og hyppig udslusning.....	11
3.3.	Gyllekøling og luftrensning.....	11
3.4.	Gyllekøling og punktudsugning.....	12
3.5.	Gylleforsuring og skraber til spaltegulve i sengebåsestalde med spaltegulv og ringkanal.....	12
4.	Miljøeffekt af teknologi anvendt i staldtyper med flere gødningstyper.....	12
5.	Litteratur.....	14
	Appendiks 1. Oversigt over miljøteknologier med ammoniakreducerende effekt i svinestalde opført på Miljøstyrelsens teknologiliste anvendt enkeltvis og i kombination.....	15

Appendiks 2. Oversigt over miljøteknologier med lugtreducerende effekt i svinestalde opført på Miljøstyrelsens teknologiliste anvendt enkeltvis og i kombination.	16
Appendiks 3. Oversigt over miljøteknologier med ammoniakreducerende effekt i kvægstalde opført på Miljøstyrelsens teknologiliste anvendt enkeltvis og i kombination.	16
Appendiks 4. Oversigt over miljøteknologier med ammoniakreducerende effekt på minkfarme opført på Miljøstyrelsens teknologiliste anvendt enkeltvis og i kombination.	17
Appendiks 5. Oversigt over miljøteknologier med ammoniakreducerende effekt i fjerkræstalde opført på Miljøstyrelsens teknologiliste anvendt enkeltvis og i kombination.	17

1. Indledning

Ved miljøgodkendelse af husdyrbrug vil det typisk være nødvendigt at anvende ammoniak- og/eller lugtreducerende teknologi for at overholde de emissionsgrænseværdier for ammoniak og lugt, der er definerede i lov om miljøgodkendelse.

Af Miljøstyrelsens Teknologiliste fremgår teknologier, som Miljøstyrelsen har anerkendt med en given reduktionseffekt ved brug i specifikke husdyrstalde. Reduktionseffekten er fastlagt og verificeret gennem et fast defineret evalueringsforløb i regi af Miljøstyrelsens udvalg for Effektive Landbrugsteknologier (MELT). Herunder indgår dog udelukkende effekten af den enkelte teknologi i forhold til den stald/husdyr-type, som dokumentationen er baseret på, og ikke teknologiens eventuelle samspil med andre teknologier.

I praksis er det muligt at kombinere to teknologier med henblik på at opnå en given grænseværdi. Fx kan hyppig udslusning af gylle kombineres med luftrensning, eller forsuring af gylle kan kombineres med spaltegulvsskrabere. Tilsvarende har staldsystemet i sig selv betydning for lugt- og ammoniakemissionen. Stalde med delvist fast gulv udleder således mindre ammoniak og lugt end tilsvarende stalde med fulddrænet gulv. I IT-ansøgningssystemet www.husdyrgodkendelse.dk skal effekten af at kombinere flere teknologier beregnes manuelt af ansøger eller dennes rådgiver. Det vil normalt sige, at ansøger først fratrækker ammoniak- eller lugteffekten af én teknologi, hvorefter effekten af en eventuel yderligere teknologi beregnes med udgangspunkt i den tilbageværende ammoniak eller lugt efter første teknologi. Denne fremgangsmåde er dog ikke anvendelig i alle tilfælde, og der kan derfor opstå situationer, hvor den faktiske emission overstiger den beregnede. Denne problemstilling ønskes imødegået af Miljøstyrelsen, således at der kan udvikles en mere retvisende og ikke mindst operationel metode til beregning af flere miljøteknologier.

Konkret ønsker Miljøstyrelsen en vurdering af, hvorvidt den ovenfor beskrevne fremgangsmåde giver et korrekt billede af den samlede reduktion af flere teknologier, eller om man fx kan forvente en højere eller lavere effekt af teknologi nr. 2 i kombination med andre teknologier, end når den står alene. Samtidig ønsker Miljøstyrelsen en vurdering af, hvorvidt teknologier, der tager udgangspunkt i at reducere fordampningen fra staldgulvet eller gyllekanalerne, rimeligvis kan antages at have samme procentuelle effekt i forskellige staldtyper. Miljøstyrelsen ønsker endvidere udarbejdet et forslag til, hvordan effekten af en miljøteknologi, som kun påvirker en delmængde af ammoniak- og/eller lugtemissionen fra stalde med flere gødningssystemer, fx dybstrøelse kombineret med gylle i svinestalde og staldgødning kombineret med dybstrøelse i hønsehuse, kan beregnes i ansøgninger om miljøgodkendelse.

Med baggrund i ovenstående problemformulering er nærværende rapport inddelt i følgende hovedkapitler:

1. En vurdering/analyse af vekselvirkninger mellem miljøteknologier på Teknologilisten, specifikt tilhørende kategorierne staldindretning, luftrensning og gylleopbevaring.
2. En vurdering af i hvilket omfang stald-teknologier kan anvendes i flere staldtyper, end dokumentationen bygger på.
3. Et forslag til model for beregning af miljøeffekt (ammoniak og lugt) af teknologi anvendt i staldtyper omfattende flere gødningstyper.

I denne rapport har vi foretaget en vurdering af mulige sammenhænge mellem miljøteknologier, der knytter sig til stalde, dvs. specifik teknologilistens sektioner for staldindretning og luftrensning, samt sektionen gylleopbevaring. Men vi har valgt ikke at sammenkæde stalde og gødningslagre i effektberegningerne, da dette ikke praktiseres i forbindelse med gældende praksis for miljøgodkendelse af husdyrbrug (produktionsbaseret regulering) og formodentligt heller ikke for den kommende praksis

(arealbaseret regulering). Kædeberegninger efter saldoprincippet benyttes dog i forbindelse med økonomiske udredninger af miljøteknologiers omkostningseffektivitet, hvor en staldteknologis ammoniakreducerende effektivitet beregnes på grundlag af reduktionseffekten i stald og gødningslager samt evt. ved udbringning af gødningen i marken.

Mulige reduktionseffekter af fodring som tiltag fremgår ikke af teknologilisten og er derfor ikke inddraget i analysen af sammenhæng mellem miljøteknologier.

2. Miljøteknologier på teknologilisten og deres mulige vekselvirkning

2.1. En kort beskrivelse af teknologilisten

Teknologilisten er en vejledende liste over miljøteknologi, som har en dokumenteret driftssikker miljøeffekt. Listen er udarbejdet for at skabe overblik over tilgængelig miljøteknologi til landbrugserhvervet. Teknologilisten anvendes af landmænd, der ansøger om miljøgodkendelse af husdyrproduktion, og af kommunerne i forbindelse med deres behandling af landmænds ansøgninger om miljøgodkendelse af husdyrproduktion.

Teknologilisten er opdelt i fire sektioner, hhv. staldindretning, luftrensning, gylleopbevaring og gylleudbringning. Hver sektion angiver teknologi- eller produkt navn, hvilken husdyrart eller -kategori miljøteknologien retter sig mod, samt hvilken miljøeffekt på ammoniak og lugt, som miljøteknologien er forbundet med.

En oversigt over Miljøstyrelsens teknologilistes godkendte teknologier til brug i stalde er vist i Tabel 1.

Tabel 1. Oversigt over godkendte teknologier på Miljøstyrelsens teknologiliste.

Teknologi	Miljøeffekt (R _i) (%)		Godkendelsen omfatter
	Ammoniak	Lugt	
Stald- og luftrensningsteknologier			
Gyllekøling	<30	0	Svinestalde
JH forsuring NH ₄ ⁺	64	0	Svinestalde
Ugentlig udslusning af gylle i slagtesvinestalde med fulddrænede gulve	0	20 ¹	Slagtesvinestalde med fulddrænede gulve
Punktudsugning i slagtesvinestalde	0,7 · E – 12	0,39 · E + 9	Slagtesvinestalde
Munters MAC 1 Kemisk luftrensning	89	0	Svinestalde
Munters MAC 2 Kemisk luftrensning	89	0	Svinestalde
Skov A/S Farm AirClean BIO Flex 2-stage Biologisk luftrensning	88	74	Svinestalde
Skov A/S Farm AirClean BIO Flex 3-stage Biologisk luftrensning	87	81	Svinestalde
JH forsuring NH ₄ ⁺	50 ²	0	Malkekvægstalde
Skraber til spaltegulve	<25	0	Kvægstalde
Gødningsbånd til æglæggende høns (tømning af bånd to gange ugentligt)	30	0	Stalde til æglæggende høns
Gødningsbånd til æglæggende høns (tømning af bånd tre gange ugentligt)	36	0	Stalde til æglæggende høns
Rokkedahl Energi Varmeveksler til fjerkræstalder	30	0	Fjerkræstalder
Daglig udmugning i minkbure	27	0	Minkfarme
Udmugning i minkbure to gange ugentligt	27	0	Minkfarme

Teknologi	Miljøeffekt (R _t) (%)		Godkendelsen omfatter
	Ammoniak	Lugt	
Gylleopbevaring			
Fast overdækning af gyllebeholder (telt, betonlåg eller flydedug)	50 ³	0	Alle gylletyper
Tæt overdækning af gyllebeholder (letklinker og flydebrikker)	0 ⁴	0	Alle gylletyper

¹ Sammenlignet med udslusning hver 6. uge.

² Sammenlignet med sengebåsestalde med spaltegulv (kanal, ringkanal) til malkekøer.

³ Sammenlignet med gyllebeholder med naturligt flydelag.

⁴ Kan erstatte naturligt flydelag.

2.2. Korrektion af emissionsfaktorer for anvendelse af miljøteknologi

Beregningsmæssigt håndteres ovennævnte reduktionseffekter ved anvendelse af nedenstående ligning:

$$E_{s,t} = E_s \cdot (1 - R_t) \quad (1)$$

Hvor $E_{s,t}$ er den afledte emissionsfaktor for en given stald ved samtidig anvendelse af en teknologi nævnt i Tabel 1 ($\text{kg NH}_3\text{-N m}^{-2} \text{ år}^{-1}$ eller $\text{OU}_E \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), E_s er den stald- og dyrespecifikke emissionsfaktor for en given stald ($\text{kg NH}_3\text{-N m}^{-2} \text{ år}^{-1}$ eller $\text{OU}_E \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) og R_t er reduktionseffekten af en given teknologi nævnt i Tabel 1.

For en slagtesvinestald med drænet gulv med en ammoniakemissionsfaktor på $2,3 \text{ kg NH}_3\text{-N m}^{-2} \text{ år}^{-1}$ (Kai og Adamsen, 2016) kan der ved anvendelse af gyllekøling med en specifik køleeffekt svarende til 30 % ammoniakreduktion beregnes følgende afledte emissionsfaktor ved anvendelse af ligning (1):

$$E_{s,t} = 2,3 \cdot (1 - 0,3) = 1,6 \text{ kg NH}_3\text{-N m}^{-2} \text{ år}^{-1}.$$

Tilsvarende kan der ved anvendelse af en luftrenser med en ammoniakreducerende effekt på 89 % beregnes en afledt emissionsfaktor på: $E_{s,t} = 2,3 \cdot (1 - 0,89) = 0,25 \text{ kg NH}_3\text{-N m}^{-2} \text{ år}^{-1}$.

2.3. Definitioner på effekter af kombinationer af teknologier

2.3.1. Additivitet ved anvendelse af to teknologier

Kombinationen af to (eller flere) teknologier kan betragtes som additive, hvis 1) deres virkningsmekanismer er uafhængige af hinanden, 2) teknologiernes effekt er tilnærmelsesvis uafhængig af ammoniak-/lugtkoncentrationen i stalden og 3) reduktionseffekten på emissionen er dokumenteret på staldniveau, dvs. fastlagt på grundlag af målinger på staldens samlede emission. Den samlede effekt af kombinationen af teknologier kan derfor beregnes således:

$$R_{t1,2} = R_{t1} + R_{t2} \quad (2)$$

Hvor $R_{t1,2}$ er den samlede reducerende effekt ved anvendelse af teknologi 1 og 2 med de respektive reduktioner R_{t1} og R_{t2} .

Der er primært tale om teknologier som påvirker fordampning (flux) fra staldes forskellige overflader, dvs. gylle- og gulvoverflader. Som eksempel kan nævnes kombinationen af gylleforsuring og spalteskrabning i kvægstalde. Effekten af gylleforsuring er rettet mod ammoniak-fordampningen fra gyllen i gyllekanalerne, hvorimod spalteskrabning reducerer ammoniak-fordampningen fra spaltegulvet. Der er derfor alt andet lige tale om to uafhængige teknologier, som er rettet mod hver sin kilde til ammoniakfordampning i stalden, hhv. gyllen og spaltegulvet, men hvis reducerende effekt i begge tilfælde er dokumenteret på staldniveau.

2.3.2. Kædeeffekt ved anvendelse af to teknologier

Den samlede reduktionseffekt af kombinationer af to teknologier skal beregnes på grundlag af en kædeberegning efter saldoprincippet, hvis 1) teknologi 1 er fokuseret på at reducere fluxen fra overflader i stalden, mens teknologi 2 er en end-of-pipe-teknologi, 2) teknologiernes reduktionseffekt er tilnærmelsesvis uafhængig af ammoniak-/lugtkoncentrationen i stalden og 3) reduktionseffekten på emissionen er dokumenteret på staldniveau med mindre det er luftrensere, som er dokumenteret ved at måle reduktionerne i ammoniak- og lugtkoncentrationerne efter passage gennem filteret. Den samlede reduktionseffekt kan beregnes således:

$$R_{t1,2} = 1 - (1 - R_{t1}) \cdot (1 - R_{t2})$$

som kan omskrives til:

$$R_{t1,2} = R_{t1} + R_{t2} - R_{t1} \cdot R_{t2} \quad (3)$$

Som eksempel kan nævnes kombinationen af gyllekøling og luftrensning. Effekten af gyllekøling er rettet mod at reducere ammoniak-fordampningen fra gylle i gyllekanalerne, mens luftrensning renses afgangsluften fra stalden inden udledning til det eksterne miljø. De to teknologiers virkningsmekanismer er således forskellige og som udgangspunkt uafhængige af hinanden. Den første teknologi reducerer ammoniakkoncentrationen i staldluften, som efter passage gennem den efterfølgende teknologi reduceres yderligere.

2.3.3. Vekselvirkning ved anvendelse af to teknologier

Her tænkes på en situation, hvor to teknologier vekselvirker, så effekten er enten antagonistisk, dvs. hvor den kombinerede effekt er mindre end forventet ud fra de to teknologiers individuelle effekter, eller synergetisk, dvs. hvor den kombinerede effekt er større end forventet ud fra de to teknologiers individuelle effekter.

Den samlede effekt af to teknologier, der anvendes samtidig og hvis funktion eller effekt vekselvirker, kan principielt beregnes således:

$$R_{t1,2} = f(t_1) + f(t_2) + f(t_1, t_2) \quad (4)$$

Hvor $R_{t1,2}$ er den samlede reduktion ved samtidig anvendelse af teknologierne t_1 og t_2 , og hvor f betegner en funktion.

Man kan således ikke fastsætte en samlet reduktion ved samtidig anvendelse af to vekselvirkende teknologier alene baseret på de enkelte teknologiers dokumenterede effekt jf. VERA-protokollen eller lignende. Som udgangspunkt vil det være nødvendigt at dokumentere kombinationer af vekselvirkende teknologier empirisk. Vi foreslår derfor, at reduktionseffekten af to vekselvirkende teknologier som udgangspunkt beregnes på grundlag af den teknologi, der er forbundet med størst reduktionseffekt af den relevante parameter (ammoniak eller lugt).

2.4. Teknologier til svinestalde

2.4.1. Gyllekøling i svinestalde

Gyllekøling er beskrevet i to teknologiblade fra Miljøstyrelsen hhv. slagtesvinestalde (Miljøstyrelsen, 2011a) samt stalde til søer og smågrise (Miljøstyrelsen, 2011b), hvori er beskrevet kontinuerte funktioner for NH_3 -effekten som funktion af den specifikke køleeffekt (W/m^2). Der er udarbejdet følgende sammenhænge mellem ammoniakreduktion og køleeffekt afhængig af gødningssystem og som er dækkende for både slagtesvine-, so- og smågrisestalde:

Slagtesvinestalde med gyllekumme (tømning hver 4-6 uge):

$$R_{\text{NH}_3} = -0,00004q^2 + 0,01q \quad (5)$$

Slagtesvinestalde med daglig udmugning:

$$R_{\text{NH}_3} = -0,00008q^2 + 0,015q \quad (6)$$

Hvor R_{NH_3} er reduktionen i ammoniakemissionen fra samme stald uden gyllekøling og q er køleeffekten (W m^{-2}).

Gyllekøling kan ifølge teknologilisten anvendes i miljøgodkendelser med en effekt på op til 30 % (Tabel 1).

I forbindelse med ansøgning om miljøgodkendelse skal man for at beregne den afledte ammoniakemissionsfaktor benytte ligning (1) i kombination med ligning (5) eller (6), dvs.:

$$\text{Stalde med gyllekummer (tømning hver 4.-6. uge):} \quad E_{s,t} = E_s \cdot (1 - (-0,00004q^2 + 0,01q)) \quad (7)$$

eller

$$\text{Stalde med gødningskanal med daglig udmugning:} \quad E_{s,t} = E_s \cdot (1 - (-0,00008q^2 + 0,015q)) \quad (8)$$

2.4.1.1. Anvendelse af gyllekøling i andre stalde

Gyllekøling er opført på teknologilisten med angivelse af, at det kan anvendes i svinestalde generelt uden yderligere specifikation. Gyllekøling i svinestalde er opført på dispensation fra Miljøstyrelsen. Grundlaget for de to tidligere nævnte algoritmer til beregning af ammoniakreduktionen som funktion af den specifikke køleeffekt er estimeret ud fra danske og hollandske studier omfattende gyllekøling i slagtesvine-, smågrise-, drægtigheds- og farestalde og primært stalde med fuldspaltegulv (Miljøstyrelsen, 2011a og 2011b), men også drægtighedsstalder med delvist spaltegulv (Pedersen, 2005). SEGES arbejder på at tilvejebringe ny dokumentation af effekten af gyllekøling i slagtesvinestalde og drægtighedsstalder med delvist fast gulv. Indtil fornyet dokumentation foreligger, finder vi ikke, at der grundlag for at korrigere effektiviteten af gyllekøling i stalder med delvist fast gulv, hvorfor ligning (7) eller (8) kan benyttes i alle svinestalde.

Vi vurderer ikke, at gyllekøling bør tillægges en miljøeffekt i stalder til andre dyrearter uden specifik empirisk dokumentation.

2.4.2. Gylleforsuring i slagtesvinestalde med drænet gulv

Gylleforsuring er dokumenteret i slagtesvinestalde med 1/3 drænet gulv og 2/3 spaltegulv og har der givet anledning til en reduceret ammoniakemission på 64 % (Riis, 2016).

Ved ansøgning om miljøgodkendelse kan ligning (1) anvendes til at beregne den afledte ammoniakemissionsfaktor ved anvendelse af gylleforsuring. Kai og Adamsen (2016) har beregnet nye arealrelaterede ammoniakemissionsfaktorer for danske husdyrstalde herunder slagtesvinestalde med forskellige gulvprofiler. For slagtesvinestalde med drænet gulv er emissionsfaktoren fastlagt til $2,3 \text{ kg NH}_3\text{-N m}^{-2} \text{ år}^{-1}$ (Kai og Adamsen, 2016). Den afledte ammoniakemissionsfaktor kan ved anvendelse af ligning (1) beregnes til: $2,3 \cdot (1-0,64) = 0,83 \text{ kg NH}_3\text{-N m}^{-2} \text{ år}^{-1}$.

2.4.2.1. Anvendelse af gylleforsuring i andre svinestalde

Ifølge teknologilisten er gylleforsuring anført til brug i svinestalde uden yderligere specifikation. Dokumentationen er dog kun baseret på slagtesvinestalde med 1/3 drænet gulv og 2/3 spaltegulv. Der foreligger derfor ingen dokumentation for effekten af gylleforsuring i andre typer svinestalde. I det følgende giver vi vores faglige vurdering af effekten af gylleforsuring i andre svinestalde.

Slagtesvinestalde med delvist fast gulv

Målinger har vist, at ammoniakemissionen fra en slagtesvinestalde med 1/3 drænet gulv og 2/3 spaltegulv reduceres med 64 %, når gyllen forsures til pH 5,5 (Riis, 2016). Ved pH 5,5 er mængden af fri ammoniak i gyllen negligerbar, hvorfor ammoniakfordampningen ved denne pH-værdi ligeledes må antages at være negligerbar. Da det må antages, at gylleforsuring kun påvirker fordampningen fra gyllen og ikke gulvoverfladen, må det derfor antages, at 64 % af ammoniakemissionen fra slagtesvinestalde med drænet gulv stammer fra gylleoverfladen, mens de resterende ca. 36 % stammer fra gulvoverfladen.

Hvis det antages, at 64% af emissionen stammer fra gyllen, og 36% stammer fra gulvet, kan ammoniakemissionen fra stalden fordeles således:

Gylle: $2,31 \text{ kg NH}_3\text{-N m}^{-2} \text{ år}^{-1} \cdot 0,64 = 1,48 \text{ kg NH}_3\text{-N m}^{-2} \text{ år}^{-1}$

Gulv: $2,31 \text{ kg NH}_3\text{-N m}^{-2} \text{ år}^{-1} \cdot 0,36 = 0,83 \text{ kg NH}_3\text{-N m}^{-2} \text{ år}^{-1}$

Effekten af gylleforsuring i slagtesvinestalde med 25-49% fast gulv kan beregnes til:

Ammoniakfordampning fra gylleoverfladen: $0 \text{ kg NH}_3\text{-N m}^{-2} \text{ år}^{-1}$, da forsuringen antages at eliminere ammoniakfordampningen fra gylleoverfladen. Ammoniakfordampning fra gulvet ved en kombination af 25-49% fast gulv og spaltegulv antages at være uændret i forhold til 1/3 drænet gulv og 2/3 spaltegulv, dvs. $0,83 \text{ kg NH}_3\text{-N m}^{-2} \text{ år}^{-1}$. I alt kan den afledte ammoniakemissionsfaktor beregnes til: $0 + 0,83 = 0,83 \text{ kg NH}_3\text{-N m}^{-2} \text{ år}^{-1}$ svarende til en reduktion på 64 % sammenlignet med drænet gulv og 56 % sammenlignet med 25-49% fast gulv uden forsuring, som er forbundet med en ammoniakemission på $1,9 \text{ kg NH}_3\text{-N m}^{-2} \text{ år}^{-1}$ jf. Kai og Adamsen (2016).

Samme metode antages at kunne anvendes for slagtesvinestalde med 50-75% fast gulv, hvorfor ammoniakemissionsfaktoren ligeledes kan estimeres til: $0 + 0,83 = 0,83 \text{ kg NH}_3\text{-N m}^{-2} \text{ år}^{-1}$; det vil sige 64 % reduktion sammenlignet med drænet gulv og 41 % reduktion sammenlignet med samme stald uden forsuring, som er forbundet med en ammoniakemission på $1,4 \text{ kg NH}_3\text{-N m}^{-2} \text{ år}^{-1}$ jf. Kai og Adamsen (2016).

Den ovenstående estimerede sammenhæng mellem fordampning fra gulve og gylleoverflader vurderes kun at være gyldig for slagtesvinestalde, som er karakteriserede ved, at grisene primært gøder i et bestemt afgrænset område af stien, samt at staldtemperaturen holdes i et bestemt område. Denne forudsætning er ikke nødvendigvis opfyldt i stalde til andre dyrekategorier.

Tabel 2. Forventet reduktion i ammoniakemissionen ved gylleforsuring i slagtesvinestalde med henholdsvis drænet gulv og delvist fast gulv.

	Ammoniak-emissionsfaktor ¹ ($\text{kg NH}_3\text{-N m}^{-2} \text{ år}^{-1}$)	Reduktionseffekt af gylleforsuring
Drænet gulv	2,3	64 %
25-49% fast gulv	1,9	56 % ²
50-75% fast gulv	1,4	41 % ²

¹ jf. Kai og Adamsen (2016).

² Sammenlignet med drænet gulv forventes kombinationen af delvist fast gulv og gylleforsuring at have en effekt på 64 %.

Sostalde

Sostalde har en pH-værdi, der er på niveau med slagtesvinegylle (Hjorth, 2016), hvorfor vi vurderer, at effekten af gylleforsuring på ammoniakfordampningen fra sogylle og slagtesvinegylle er sammenlignelig. Ligesom for slagtesvinestalde spiller, ud over den direkte effekt af gylleforsuring på ammoniakfordampningen fra gylleoverfladen, også gulvprofilen en rolle for ammoniakfordampningen og dermed for staldens samlede ammoniakemission. Vi har imidlertid ikke kendskab til forholdet mellem

ammoniakfordampningen fra gulvoverfladen kontra gylleoverfladen i sostalde, hvorfor vi ikke kan opstille en troværdig model til at beregne effekten af kombinationer af delvist spaltegulv og gylleforsuring. Indtil der evt. fremkommer dokumentation, der kan belyse dette forhold, anbefaler vi, at reduktionseffekterne for forskellige slagtesvinestalde som nævnt i Tabel 2 ligeledes benyttes til sostalde, idet sostalde med fuldspaltegulv sidestilles med slagtesvinestalde med 1/3 drænet gulv og 2/3 spaltegulv, og sostalde med delvist spaltegulv sidestilles med slagtesvinestalde med 25-49% fast gulv.

Smågrisestalde

pH-værdien i smågrise-gylle er væsentlig lavere end slagtesvinegylle; ca. pH 6,3 (fx Hansen et al., 2006) mod ca. pH 7,3 for slagtesvin. Effekten på ammoniakfordampningen af at sænke smågrise-gylles pH-værdi til 5,5 vurderes derfor at være væsentlig mindre end i slagtesvinegylle. Derudover er koncentrationen af ammonium-kvælstof (TAN) i smågrise-gylle kun ca. 70 % af TAN-koncentrationen i slagtesvinegylle (Poulsen et al., 2016). Ses bort fra effekterne af pH-værdien og temperatur, bevirker forskellen i koncentrationen af TAN alene, at ammoniakfluxen fra gyllen i smågrisestalde kun burde udgøre 70 % af ammoniakfluxen fra gyllen i slagtesvinestalde. Omvendt er staldtemperaturen i smågrisestalde generelt højere end i slagtesvinestalde, hvilket alt andet lige er forbundet med en højere ammoniak-fordampning fra gylleoverfladen. Med baggrund i ovenstående vurderer vi derfor, reduktionseffekten af gylleforsuring i smågrisestalde er forbundet med stor usikkerhed, hvorfor teknologilisten bør præcisere, at gylleforsuring kan benyttes i slagtesvinestalde og sostalde.

2.4.3. Ugentlig udslusning af gylle i slagtesvinestalde med fulddrænedede gulve

Ugentlig tømning af gyllekanalerne i slagtesvinestalde med fulddrænedede gulve er opført på teknologilisten med en lugtreducerende effekt på 20 % sammenlignet med traditionel udslusningshyppighed på 6 uger. Der er ikke dokumenteret ammoniakreducerende effekt af hyppig udslusning.

Ved ansøgning om miljøgodkendelse kan ligning (1) anvendes til at beregne den afledte lugtemissionsfaktor.

2.4.3.1. Ugentlig udslusning af gylle i andre stalde

Effekten af hyppig udslusning i slagtesvinestalde kan ikke med den nuværende viden overføres til andre stalde, da én af forudsætningerne for at effekten kan påregnes er, at gyllen akkumuleres i gyllekanalerne over en periode på 6 uger. Der findes slagtesvinestalde med mekanisk udmugning, hvilket er ensbetydende med hyppig udmugning, men disse anlæg findes næsten udelukkende i stalde med delvis fast gulv, som i forvejen er forbundet med en lavere lugtemissionsfaktor sammenlignet med slagtesvinestalde med fulddrænet gulv. I disse stalde formodes den lugtreducerende effekt at være en kombination af mindre overfladeareal af gyllen samt en kortere generel opbevaringstid af gyllen i stalden, idet gyllekanalerne i disse stalde har lavere kapacitet end i fulddrænedede stalde.

Lugtemissionsfaktoren for drægtige søer er i forvejen baseret på målinger foretaget i drægtighedsstalder med mekanisk udmugning, hvilket er forbundet med hyppig udslusning (Riis, 2006). Ugentlig udslusning kan derfor ikke reducere lugtemissionen yderligere for denne dyrekategori.

Farestalde med fuldspaltegulv har typisk kapacitet til at opsamle gødningen i op til 6 uger, hvorfor hyppig udslusning burde have en lugtreducerende effekt. Lagringstiden af gyllen i de farestalder med fuldspaltegulv, som den gældende lugtemissionsfaktor er baseret på, er dog ikke kendt, hvorfor man ikke kan overføre effekten af hyppig udslusning i slagtesvinestalde til farestalder. Samtidig vurderer vi, at gyllesystemet i farestald med fuldspaltegulv vanskeligt kan fungere med ugentlig udslusning, idet der ikke vil blive opsamlet en tilstrækkelig mængde gylle mellem udslusninger til, at gyllekummerne kan tømmes

effektivt. Dette bør dokumenteres, inden metoden kan overføres til denne staldtype. Vi vurderer, at samme forhold gør sig gældende i smågrisestalde; særligt i de første uger efter indsættelse.

2.5. Luftrensning

Teknologilisten indeholder fire godkendte luftrensningsteknologier til brug i svinestalde:

1. MAC 1 kemisk luftrensning (Munters)
2. MAC 2 kemisk luftrensning (Munters)
3. Farm AirClean BIO Flex 2-stage biologisk luftrensning (SKOV)
4. Farm AirClean BIO Flex 3-stage biologisk luftrensning (SKOV).

Såvel de kemiske som de biologiske luftrensere er kendetegnede ved en høj ammoniakreducerende effektivitet. De biologiske renserer har derudover en dokumenteret effekt på lugt, mens dette ikke er tilfældet for de kemiske (Tabel 1).

Luftrensning er en såkaldt end-of-pipe-teknologi, der kan anvendes alene eller i kombination med andre teknologier. Anvendes luftrensning alene og til rensning af al afgangsluft fra stalden, benyttes ligning (1) som grundlag for beregning af den afledte ammoniakemissionsfaktor og lugtemissionsfaktor.

2.5.1.1. Luftrensning i andre stalde

De fire luftrensningsteknologier er dokumenterede i slagtesvinestalde men kan ifølge teknologilisten anvendes til svinestalde generelt. Fjerkræstalde er forbundet med fx høje støvkoncentrationer i staldluften, hvilket påvirker luftrensningsanlæggets driftsstabilitet. Fjerkræstalde stiller derfor særlige krav til luftrensningsanlæggets indretning og drift. Vi vurderer derfor, at luftrensningsteknologier som udgangspunkt kun bør kunne indgå i miljøgodkendelser i stalde til dyrearter, som har været genstand for verifikationen af teknologien.

2.5.2. Punktudsugning

Punktudsugning er ikke en miljøteknologi i sig selv men kræver, at den kombineres med enten luftrensning eller forhøjede ventilationsafkast for kunne blive betragtet som miljøteknologi. Sammenkoblet med luftrensningsanlæg kan der forventes en ammoniakreducerende effekt, der kan beregnes efter ligning (9):

$$R_s = 0,7 \cdot R_{I,NH_3} - 0,12 \quad (9)$$

Hvor R_s er reduktionen i ammoniakemissionen, og R_{I,NH_3} er luftrenserens ammoniakreducerende effekt.

For lugt er der tilsvarende fastlagt en sammenhæng mellem punktudsugning og luftrensere med dokumenteret lugteffekt (10):

$$R_s = 0,39 \cdot R_{I,luft} + 0,09 \quad (10)$$

Hvor R_s er reduktionen i lugtemissionen, og $R_{I,luft}$ er luftrenserens lugtreducerende effekt.

Ved anvendelse af punktudsugning og luftrensning i forbindelse med en miljøgodkendelse skal ligning (1) kombineres med (9) eller (10):

Afledt ammoniakemissionsfaktor: $E_{s,t} = E_s \cdot (1 - (0,70 \cdot R_{I,NH_3} - 0,12))$ (11)

Afledt lugtemissionsfaktor: $E_{s,t} = E_s \cdot (1 - (0,39 \cdot R_{I,luft} + 0,09))$ (12)

Punktudsugning er dokumenteret i slagtesvinestalde med drænet gulv og slagtesvinestalde med delvis spaltegulv (25-49% fast gulv).

2.5.3. Punktudsugning i andre stalde

Vi vurderer, at formlerne til beregning af effekten af punktudsugning med den nuværende viden ikke kan udvides til at dække andre staldetyper og dyregrupper, da punktudsugnings evne til at fjerne forureningen ved kilden under spaltegulvet er afhængig af en række forhold omkring luftstrømninger i staldrummet, dyrenes varmeproduktion, ventilationskapacitet og ydelse af punktudsugningsanlægget. Disse forhold varierer mellem forskellige staldtyper og dyregrupper. Det er derfor vores vurdering, at anvendelse af punktudsugning i andre staldtyper og dyregrupper kræver specifik dokumentation.

Appendiks 1 til 2 giver en samlet oversigt over teknologilistens miljøteknologier til svinestalde og herunder miljøteknologiernes individuelle og kombinerede effekter i forhold til ammoniak og lugt.

2.6. Teknologier til kvægstalde

2.6.1. Gylleforsuring

Gylleforsuring er midlertidigt opført på teknologilisten med en ammoniakreducerende effekt på 50 %. Der er ikke fundet lugtreducerende effekt af gylleforsuring. Godkendelsen omfatter sengebåsestalde med ringkanal.

Ved miljøgodkendelse skal man således benytte ligning (1), som grundlag for at beregne en afledt emissionsfaktor.

2.6.1.1. Gylleforsuring i andre kvægstalde

Vi vurderer, at gylleforsuring er relevant i alle kvægstalde, hvor gødningen helt eller delvis håndteres som gylle i et ringkanalsystem. Relevante kategorier omfatter: malkekøer, kvier over 6 mdr., slagtekalve over 6 mdr. og ammekøer.

Gylleforsuring kan ligeledes anvendes i dybstrøelsesstalde med lang ædeplads med spaltegulv (ringkanal). I disse stalde er spaltegulvets andel af staldens samlede emission lavere end i sengebåsestalde, hvorfor effekten af gylleforsuring skal kompenseres for dette. Dette omtales nærmere i kapitel 4.

Gylleforsuring kan ikke benyttes i stalde med mekanisk udmugning, dvs. sengebåsestalde med spaltegulv (0,4 m kanal, linespil) samt dybstrøelsesstalde.

2.6.2. Lavemissionsgulve til malkekvæg

Lavemissionsgulve i kvægstalde er fællesbetegnelse for sengebåsestalde med fast drænet gulv med maksimalt 5% lysning (ajledræn) ned til en underliggende gyllekanal. Gulvet renholdes hyppigt (mindst 12 gange dag⁻¹) ved mekanisk skrabning. Ammoniakreduktionen er jf. teknologilisten fastsat til 50 % sammenlignet med referencestalden (sengebåsestalde med spaltegulv og ringkanal eller bagskyl). Der er ikke dokumenteret lugtreducerende effekt.

2.6.3. Lavemissionsgulve i andre kvægstalde

Vi vurderer, at lavemissionsgulve kan bruges til al kvæg, der opstaldes i sengebåsestalde, dvs. ud over malkekøer: kvier, slagtekalve og ammekøer.

2.6.4. Skrabere til spaltegulve i sengebåsestalde med spalter (kanal, bagskyl eller ringkanal)

Skrabning af spaltegulvet i kvægstalde hver 4. time er anført på teknologilisten med en ammoniakreducerende effekt på op til 25 %.

Til beregning af den afledte ammoniakemissionsfaktor benyttes ligning (1).

2.6.4.1. *Skraber til spaltegulve i andre kvægstalde*

Hyppig skrabning af spaltegulvet kan ligeledes benyttes som ammoniakreducerende teknologi i sengebåsestalde med spaltegulv (0,4 m kanal, linespil). Ifølge teknologibladet "skrabere i gangarealer i stalde med malkekvæg" er der estimeret en effekt af hyppig skrabning af spaltegulvet i denne staldtype på 33 % (Miljøstyrelsen, 2010). Baggrunden for, at spalteskrabning tilsyneladende er mere effektiv i denne staldtype sammenlignet med sengebåsestalde med spaltegulv (bagskyl eller ringkanal) er, at den absolutte estimerede effekt fra sidstnævnte staldtype er overført til sengebåsestalde med spaltegulv (0,4 m kanal, linespil) og her omregnet til en relativ effekt.

Til beregning af den afledte ammoniakemissionsfaktor benyttes ligning (1).

Hyppig skrabning af spaltegulve kan ligeledes anvendes i dybstrøelsesstalde med lang ædeplads med spaltegulv (kanal, bagskyl eller ringkanal) samt dybstrøelsesstalde med lang ædeplads med spaltegulv (0,4 m kanal, linespil). I disse stalde er spaltegulvets andel af staldens samlede emission lavere end i sengebåsestalde, hvorfor effekten af skrabning skal kompenseres for dette. Dette omtales nærmere i kapitel 4.

Vi vurderer, at hyppig skrabning af spaltegulvet i sengebåsestalde og dybstrøelsesstalde med langædeplads kan anvendes som tiltag for alle typer af kvæg, der opstaldes i sengebåsestalde, dvs. ud over malkekøer: kvier, slagtekalve og ammekøer.

Appendiks 3 giver en samlet oversigt over teknologilistens miljøteknologier til kvægstalde og herunder miljøteknologiernes individuelle og kombinerede ammoniakreducerende effekt.

2.7. *Teknologier til minkfarme*

Teknologilistens sektion staldindretning har listet to miljøteknologier der er rettet mod minkfarme. De to teknologier omfatter:

1. daglig udmugning i minkbure samt
2. udmugning i minkbure to gange ugentligt.

Der er i begge tilfælde tale om hyppig udmugning, blot anvendt med forskellige hyppighed, hhv. dagligt og to gange ugentligt, hvorfor kombination af de to teknologier ikke giver mening. En kombinationseffekt kan derfor ikke beregnes.

Til beregning af den afledte ammoniakemissionsfaktor ved daglig udmugning eller to gange ugentlig udmugning benyttes ligning (1).

Der findes pt. ikke andre teknologier til minkfarme på teknologilisten.

Appendiks 4 giver en samlet oversigt over teknologilistens miljøteknologier til minkfarme og herunder miljøteknologiernes individuelle og kombinerede ammoniakreducerende effekt.

2.8. *Teknologier til fjerkræstalde*

Tre teknologier er ifølge teknologilisten godkendt til brug i fjerkræstalde, hhv.:

1. Gødningsbånd til æglæggende høns (tømning af bånd to gange ugentligt)
2. Gødningsbånd til æglæggende høns (tømning af bånd tre gange ugentligt)
3. Varmeveksler til fjerkræstalde (Rokkedahl Energi).

For at beregne effekten af anvendelse af ovennævnte teknologier i en given stald anvendes ligning (1).

Ingen af de tre teknologier kan umiddelbart kombineres i en given stald. Teknologi 1 og 2 er principielt samme teknologi, dvs. hyppig tømning af gødningsbåndene i stalde med etageanlæg, blot med angivelse af forskellig hyppighed af tømning. Dokumentationen er baseret på målinger foretaget i en æglæggestald. Gødningsbånd anvendes efter vores vidende ikke i andre fjerkræstalde. Varmeveksler til fjerkræstalde er dokumenteret i kyllingestalde med dybstrøelse i hele arealet. Produktionsforholdene i kyllingestalde og andre fjerkræstalde er så forskellige, at vi vurderer, at dokumentationen af nævnte varmevekslersystem inkl. tilhørende interne luftfordelingssystem kun er gyldigt i stalde til produktion af slagtekyllinger, og således ikke uden yderligere dokumentation kan anvendes i andre fjerkræstalde. Dette bør præciseres på teknologilisten.

Appendiks 5 giver en samlet oversigt over teknologilistens miljøteknologier til fjerkræstalde og herunder miljøteknologiernes individuelle og kombinerede ammoniakreducerende effekt.

3. Samtidig anvendelse af to miljøteknologier

3.1. Gyllekøling og gylleforsuring

Gyllekøling og gylleforsuring påvirker begge ammoniakfordampningen fra gylleoverfladen. Vi forventer derfor, at effekterne ikke er additive, men principielt kan beregnes efter kædeprincippet. Effekten af gylleforsuring er alene rettet mod at sænke gyllens pH-værdi, hvilket bevirker, at ammonium/ammoniakbalancen forskydes mod ammonium, der ikke er flygtigt. Koncentrationen af ammoniak i gyllens grænselag mod luften falder derved tilsvarende, hvilket reducerer damptrykket og dermed fordampningen af ammoniak. Ved en pH-værdi på 5,5 vil stort set al TAN være på ammonium-form og dermed være bundet i gyllen. Vi har i afsnit 2.4.2.1 formuleret en model for fordelingen af ammoniakfordampning fra hhv. gulv og gylle, hvor vi antager, at ammoniakfordampningen fra gylle ved pH 5,5 er tæt på 0 og dermed negligerbar. Da gyllekøling ligesom gylleforsuring påvirker ammoniakfordampningen fra gylle, vurderer vi derfor med baggrund i ovenstående, at gyllekøling ikke øger den ammoniakreducerende effekt ud over den effekt, der er knyttet til gylleforsuring til pH-værdi på 5,5. Ligning (1) anvendes derfor sammen med den reduktionseffekt for gylleforsuring, der er nævnt i Tabel 2. Det er dog muligt, at der i fremtiden vil fremkomme nye forsuringsteknologier, der forsurer ned til en højere målværdi end 5,5. I givet fald vil kædeprincippet kunne finde anvendelse, idet den aktuelle viden peger på den samlede effekt ikke kan overstige 64 %.

3.2. Gyllekøling og hyppig udslusning

Gyllekøling har en dokumenteret ammoniakreducerende effekt, mens der er dokumenteret lugtreducerende effekt af ugentlig udslusning af gyllen i slagtesvinestalde med fulddrænedede gulve. Vi vurderer, at de to teknologier kan etableres i samme stald og fungere uafhængigt af hinanden uden negativ vekselvirkning. Hyppig udslusning vil alt andet lige have en gunstig indvirkning på effektiviteten af gyllekøling, men ifølge teknologilisten kræves der dog daglig udmugning for at ligning (8) kan anvendes. Ligning (8) vil således først kunne komme på tale i stalde med mekanisk udmugning.

3.3. Gyllekøling og luftrensning

Kombineres gyllekøling med luftrensning kan der ikke regnes med additivitet, idet luftrensning er en end-of-pipe-teknologi og som fjerner en vis (konstant) andel af den gasformige ammoniak i staldluften uanset kilden (gylle- eller gulvoverflade). Der skal derfor foretages en kædeberegning jf. ligning (3). Hvis det således antages, at gyllekøling kan reducere ammoniakemissionen fra en stald med 30 % og luftrensning kan reducere med 89 % kan den effektive reduktion beregnes til:

$$R_{t1,2} = 0,30 + 0,89 - 0,30 \cdot 0,89 = 0,92 = 92 \%$$

Der er således kun marginal større effekt af gyllekølingen ($0,92 - 0,89 = 0,03 = 3 \%$), når luften alligevel renses i en effektiv luftrensere.

Gyllekøling har ingen dokumenteret effekt i forhold til lugt, mens dette er tilfældet for de to godkendte biologiske luftrensere, hvorfor kombinationen af gyllekøling og luftrensning lugtmæssigt kun kan tilskrives effekten af den biologiske luftrensere.

3.4. Gyllekøling og punktudsugning

Gyllekølingens effekt er rettet mod at reducere ammoniakfordampningen fra gyllen. Punktudsugningen er tilsvarende rettet mod at fjerne så stor en andel af fordampningen af gyllen som muligt via hensigtsmæssig placering af udsugningen under spaltegulvet i stalden. Imidlertid er effekten af punktudsugning fastlagt som funktion af staldens samlede emission, hvorfor det ikke er muligt at kombinere de to teknologier uden yderligere data som grundlag for en valid model. Vi vurderer derfor, at den ammoniakreducerende effekt ved samtidig anvendelse af gyllekøling og punktudsugning alene bør tillægges effekten af punktudsugningen og den ledsagende luftrensere.

Med hensyn til lugt vurderer vi, at de to teknologier, hvoraf gyllekøling ikke tilskrives lugtreducerende effekt, og hvor punktudsugning kan tilskrives lugtreducerende effekt, når den er koblet til en biologisk luftrensere, ikke vil vekselvirke negativt med hinanden. I dette tilfælde anvendes ligning (12).

3.5. Gylleforsuring og skraber til spaltegulve i sengebåsestalde med spaltegulv og ringkanal

Gylleforsuring og skrabning af spaltegulve i kvægstalde er to teknologier, der er rettet mod forskellige kilder til ammoniakfordampning i stalden, dvs. hhv. gyllen og gulvet. Vi vurderer derfor, at de to teknologier anvendt samtidig i kvægstalde vil være forbundne med en additiv effekt. For beregning af den afledte ammoniakemissionsfaktor skal ligning (2) derfor benyttes.

4. Miljøeffekt af teknologi anvendt i staldtyper med flere gødningstyper

Ser man bort fra end-of-pipe-teknologier, som principielt fungerer uafhængigt af staldens indretning, har miljøteknologi fokus på en bestemt gulvtype eller gødningssystem. En del staldtyper er imidlertid indrettet med flere gødningssystemer. Det drejer sig fx om stalde, hvor en del af dyrenes rådhedsareal er indrettet med dybstrøelse, mens resten af arealet har spaltegulv med underliggende gyllekanaler, hvor gyllen opsamles. I disse stalde er det nødvendigt at korrigere emissionsreduktionen, der er forbundet med anvendelse af en given miljøteknologi.

Beregningsmæssigt udbygges ligning (1) som følger for at effekten af teknologi anvendt i stalde med flere gulvtyper og gødningssystemer kan beregnes:

$$E_{s,t} = E_s \cdot B_1 \cdot (1 - R_{t1}) + E_s \cdot B_2 \cdot (1 - R_{t2}) \quad (13)$$

Hvor $E_{s,t}$ er den afledte emissionsfaktor for en given stald med to gødningssystemer, fx dybstrøelse og spaltegulv, ved samtidig anvendelse af én eller to teknologier nævnt i Tabel 1 ($\text{kg NH}_3\text{-N m}^{-2} \text{ år}^{-1}$), E_s er den stald- og dyrespecifikke emissionsfaktor for en given stald ($\text{kg NH}_3\text{-N m}^{-2} \text{ år}^{-1}$), B_1 og B_2 er andel af ammoniakemission fra henholdsvis gulvtype 1 og 2, og R_{t1} og R_{t2} er reduktionseffekterne af to teknologier nævnt i Tabel 1. Anvendes ingen teknologi i et givent område af stalden (B_1 eller B_2), har R_{t1} eller R_{t2} værdien 0.

Bidragene fra de forskellige gødningssystemer, der er nævnt i Tabel 3, er beregnet på grundlag af metoden, der benyttes til beregning af ammoniaktab i stalde jf. normtal for husdyrgødning (Kai et al., 2014). Ved denne metode beregnes staldens samlede ammoniakemission som summen af ammoniakemissioner fra hhv. gødningssystem 1 og 2, og ammoniakemissionen fra et gødningssystem beregnes på grundlag af andelen af kvælstof i husdyrgødning afsat i det pågældende gødningssystem samt en emissionsfaktor, der er knyttet til det pågældende gødningssystem.

Det skal bemærkes, at korrektion kun er relevant for ammoniakreducerende teknologier, da der ikke foreligger et fagligt grundlag for at fordele staldes lugtemission på flere gulvtyper og gødningssystemer.

Tabel 3. Ammoniakemissionsfaktorer for stalde med flere gødningssystemer med angivelse af bidrag fra de forskellige gødningssystemer.

	Emissionsfaktor kg NH ₃ -N m ⁻² år ⁻¹	heraf relativt bidrag fra	
		Spaltegulv og gylle (B ₁)	Dybstrøelse (B ₂)
Svin: slagtesvinestalde med dybstrøelse og spaltegulv	2,2	0,44	0,56
Svin: drægtighedsstalder til løsgående søer, stier med dybstrøelse og spaltegulv	1,3	0,62	0,38
Kvæg: dybstrøelsesbokse med lang ædeplads med spaltegulv	0,84	0,50	0,50
	Emissionsfaktor kg NH ₃ -N m ⁻² år ⁻¹	Slats og staldgødning (B ₁)	Dybstrøelse (B ₁)
Fjerkræ: Stalde til æglæggende skrabe- og frilandshøner, gulvdrift + gødningskumme	2,4	0,76	0,24
Fjerkræ: Stalde til æglæggende økologiske høner, gulvdrift + gødningskumme	1,5	0,76	0,24

5. Litteratur

Hansen, M.J., Pedersen, P., Hansen C.F., Jensen, K. & Nielsen, K. 2006. Lav-protein foder til smågrise – effekt på ammoniak- og lugtemission. Erfaring nr. 0603. SEGES Videncenter for Svineproduktion.

Hjorth, M. 2016. Personlig meddelelse. M. Hjorth er lektor ved Institut for Ingeniørvidenskab, Aarhus Universitet.

Kai, P., Tybirk, P., Jensen, M.L., Elvstrøm, J. og Bækgaard, H. 2014. Normtal for husdyrgødning 2014-15. Kapitel 8. Tab fra stalde.

http://anis.au.dk/fileadmin/DJF/Anis/dokumenter_anis/Normtal_for_husdyrgoedning_Kapitel_8_Stalde_2014.pdf

Kai, P. og Adamsen, A.P. 2016. Fra produktionsbaseret til arealbaseret emissionsberegning. Del 2: Emissionsfaktorer. Institut for Ingeniørvidenskab, Aarhus Universitet. Teknisk rapport BCE-TR-12, 79 pp.

Lyngbye, M. & Riis, A.L. 2005. Grisenes indflydelse på lugtemission. Erfaring nr. 0503. SEGES Videncenter for Svineproduktion.

Miljøstyrelsen 2010. Skrabere i gangarealer i stalde med malkekvæg. Miljøstyrelsen, Teknologiblad, 30.06.2010, 14 pp.

<http://www2.mst.dk/wiki/GetFile.aspx?File=/BAT/Teknologiblade/Skraberepaagangarealeristaldetilmalkekoer.pdf>

Miljøstyrelsen 2011a. Køling af gylle i slagtesvinestalde. Miljøstyrelsen, Teknologiblad, 23.05.2011, 10 pp.

http://www2.mst.dk/Wiki/GetFile.aspx?File=/BAT/Teknologiblade/Slagtesvin_Koelingafgylle_version3.pdf

Miljøstyrelsen 2011b. Køling af gylle i stalde til søer og smågrise. Miljøstyrelsen, Teknologiblad, 26.01.2011, 10 pp.

http://www2.mst.dk/Wiki/GetFile.aspx?File=/BAT/Teknologiblade/Koelingafgylleistaldetilsøerogsmågrise_version1.pdf

Pedersen, P. 2005. Linespilsanlæg med køling drægtighedsstalde. Landsudvalget for Svin, Den rullende Afprøvning, Meddelelse nr. 694, 12 pp.

Riis, A. 2006. Standardtal for lugtemission fra danske svinestalde om sommeren. Videncentret for svineproduktion, Meddelelse nr. 742, 30 pp.

Riis, A. 2016. Effekt af JH Forsuring NH4+ i slagtesvinestalde med drænet gulv. Videncentret for svineproduktion, Meddelelse nr. 1078, 22 pp.

Appendiks 1. Oversigt over miljøteknologier med ammoniakreducerende effekt i svinestalde opført på Miljøstyrelsens teknologiliste anvendt enkeltvis og i kombination.

Teknologi 1		Effekt af teknologi 1 som eneste tiltag i stalden	Teknologi 2						
			Gyllekøling	JH forsuring NH4+	Munters MAC 1 kemisk luftrensning	Munters MAC 2 kemisk luftrensning	SKOV Farm AirClean BIO Flex 2-stage biologisk luftrenser	SKOV Farm AirClean BIO Flex 3-stage biologisk luftrenser	Punktudsugning
Gyllekøling (gyllekanaler)	Svin	$-0,00004q^2 + 0,01q$		0,64	$(-0,00004q^2 + 0,01q) \cdot (1 - 0,89)$	$(-0,00004q^2 + 0,01q) \cdot (1 - 0,89)$	$(-0,00004q^2 + 0,01q) \cdot (1 - 0,88)$	$(-0,00004q^2 + 0,01q) \cdot (1 - 0,87)$	$(-0,00004q^2 + 0,01q) \cdot (1 - 0,87)$
Gyllekøling (skrabe kanaler)	Svin	$-0,008q^2 + 1,5q$		0,64	$(-0,00008q^2 + 0,015q) \cdot (1 - 0,89)$	$(-0,00008q^2 + 0,015q) \cdot (1 - 0,89)$	$(-0,00008q^2 + 0,015q) \cdot (1 - 0,88)$	$(0,00008q^2 + 0,015q) \cdot (1 - 0,87)$	$(-0,00008q^2 + 0,015q) \cdot (1 - 0,87)$
JH forsuring NH4+	Svin	0,64	0,64		0,96	0,96	0,96	0,95	0,64
MAC 1 kemisk luftrensning (Munters)	Svin	0,89							
MAC 2 kemisk luftrensning (Munters)	Svin	0,89							
Farm AirClean BIO Flex 2-stage biologisk luftrenser (SKOV)	Svin	0,88							
Farm AirClean BIO Flex 3-stage biologisk luftrenser (SKOV)	Svin	0,87							
Punktudsugning	Slagtesvin	$(0,7 \cdot E - 0,12)$			0,50	0,50	0,50	0,49	

Appendiks 2. Oversigt over miljøteknologier med lugtreducerende effekt i svinestalde opført på Miljøstyrelsens teknologiliste anvendt enkeltvis og i kombination.

Teknologi 1		Effekt af teknologi 1 som eneste tiltag i stalden	Teknologi 2	
			Farm AirClean BIO Flex 2-stage biologisk luftrensere (SKOV)	Farm AirClean BIO Flex 3-stage biologisk luftrensere (SKOV)
Farm AirClean BIO Flex 2-stage biologisk luftrensere (SKOV)	Svin	0,74		
Farm AirClean BIO Flex 3-stage biologisk luftrensere (SKOV)	Svin	0,81		
Ugentlig udslusning af gylle i slagtesvinestalde med fulddrænede gulve	Slagtesvin	0,20	0,79	0,85
Punktudsugning	Slagtesvin	0,39 · E + 0,09	0,38	0,41

Appendiks 3. Oversigt over miljøteknologier med ammoniakreducerende effekt i kvægstalde opført på Miljøstyrelsens teknologiliste anvendt enkeltvis og i kombination.

Teknologi 1	Effekt af teknologi 1 som eneste tiltag i stalden	Teknologi 2		
		JH forsuring NH4+	Skraber til spaltegulve i stald med ringkanal	Skraber til spaltegulve i stald med gødningskanal og mekanisk udmugning
JH forsuring NH4+	0,50		0,75	
Skraber til spaltegulve i stald med ringkanal	0,25			
Skraber til spaltegulve i stald med gødningskanal og mekanisk udmugning	0,33 ¹			

¹ Denne er ikke eksplicit nævnt på teknologilisten, men implicit i kraft af katalog over lavemissionsgulve.

Appendiks 4. Oversigt over miljøteknologier med ammoniakreducerende effekt på minkfarme opført på Miljøstyrelsens teknologiliste anvendt enkeltvis og i kombination.

		Teknologi 1	
Teknologi 1	Effekt af teknologi 1 som eneste tiltag i stalden	Daglig udmugning i minkbure	Udmugning i minkbure to gange ugentligt
Daglig udmugning i minkbure	0,27		
Udmugning i minkbure to gange ugentligt	0,27		

Appendiks 5. Oversigt over miljøteknologier med ammoniakreducerende effekt i fjerkræstalde opført på Miljøstyrelsens teknologiliste anvendt enkeltvis og i kombination.

		Teknologi 2		
Teknologi 1	Effekt af primær teknologi som eneste tiltag i stalden	Gødningsbånd til æglæggende høns (tømning af bånd to gange ugentligt)	Gødningsbånd til æglæggende høns (tømning af bånd tre gange ugentligt)	Varmeveksler til fjerkræstalde (Rokkedahl Energi)
Gødningsbånd til æglæggende høns (tømning af bånd to gange ugentligt)	0,30			
Gødningsbånd til æglæggende høns (tømning af bånd tre gange ugentligt)	0,36			
Varmeveksler til slagtekyllingestalde (Rokkedahl Energi)	0,30			