

# Emissioner fra svineproduktion

---

En artikel af Pia Folkmann, Erhvervsakademi Aarhus, Sønderhøj 30, 8260 Viby J.

Dansk landbrug, og ikke mindst dansk svineproduktion, er løbende udsat for kritik af dens indvirkning på det omgivende miljø såvel som velfærden for dyrene i de mest almindelige produktionssystemer (Dyrenes Beskyttelse, 2011; Heinskov, 2014; Grant & Waagepetersen, 2003; Ladewig, 2014). Gennem en årrække er myndighedernes krav til kontrol med næringsstoffer og begrænsning af lugtgener vokset, ligesom der er betydelig offentlig opmærksomhed på dyrenes forhold og eventuelle risici for fødevarerens sikkerhed. Problemer som salmonella i kødet i køledisken og multiresistente bakterier, der breder sig til sundhedssektoren, er selvfølgelig også reelle problemer for en sikker fødevarerproduktion. Og det er udslip af næringsstoffer og pesticider også, fordi de ændrer vandmiljøet og levebetingelserne for flora og fauna i den vilde natur. Om dyrevelfærden er tilfredsstillende, er et etisk spørgsmål, men alene den kendsgerning at emnet tages op i samfundsdebatten tyder på, at det har en vis relevans.

Erhvervet og den tilknyttede forskning arbejder til stadighed på at afhjælpe de problemer, der opstår. Der udvikles teknikker til luftrensning, opbevaring af gylle, sporbarhed af kød, mere effektiv fodring og meget andet, med udgangspunkt i hvert enkelt af de konkrete problemer, der bringes til debat.

Men samtidig er erhvervet økonomisk presset (SEGES, 2016), og det bliver sværere og sværere for den enkelte producent at opretholde et, i sammenligning med andre erhverv, rimeligt afkast, hvis der også skal indføres

omkostningsdrivende teknologi til miljøkontrol, øget dyrevelfærd og højere fødevarerens sikkerhed.

Hvis det skal lykkes at indrette produktionen, så den både har et lavt emissionsniveau, sikrer en høj dyrevelfærd og sunde fødevarer, kan det være nødvendigt at samle al den tilgængelige viden om de 3 aspekters grundsubstans for derefter at se på, hvordan et produktionssystem ideelt set kan indrettes for at tilgodese alle dele. Når dertil lægges, at økonomien for producenten stadig skal hænge sammen, kan det meget vel kræve radikal nytænkning af produktionssystemets teknologi.

En basal forståelse af emissionernes og andre miljøskadevolderes karakter og kilde er nødvendig, hvis der skal peges på en systemindretning, der så vidt muligt undgår emissioner. Det samme gælder for dyrevelfærd og fødevarerens sikkerhed. I denne artikel gennemgås emissioner og kun i begrænset grad deres relation til velfærd.

## Emissionstyper

Emission er afledt af latin og betyder "udslip" eller "sende ud". Begrebet er ikke værdiladet i sig selv, men bruges i forbindelse med utilsigtede udslip fra virksomheder, som har en negativ indvirkning på omgivelserne. Svineproduktionen slipper en række stoffer der har en negativ indvirkning på klimaet, naturen og omkringboende ud. De vigtigste er:

- CO<sub>2</sub> - kuldioxid
- NH<sub>3</sub> – ammoniak
- NO<sub>3</sub><sup>-</sup> - nitrat

- CH<sub>4</sub> - metan
- N<sub>2</sub>O - Lattergas
- P – fosfor (fosfat mm.)

Alle stofferne indgår naturligt i naturens kredsløb, men når den udledte mængde overstiger naturens absorptionsevne bliver der tale om forurening.

Ud over de nævnte stoffer er også lugte, fluer mm. faktorer, der forringer nærmiljøet for naboer, og som kan udgøre en sundhedsrisiko for både dyr og medarbejdere i produktionen.

I tabel 1 er de vigtigste tab og gener fra de enkelte elementer i svineproduktionens kredsløb anført med tabsårsag tilføjet.

Tabstype	Tab fra stald	Tab fra lager	Tab ved udbringning	Tab fra jord
CO <sub>2</sub>	Varme fra dyrenes metabolisme (omsætning af foder – indirekte CO <sub>2</sub> -emission)			
CO <sub>2</sub>	Energiforbrug til drift af stalde	Fra biologisk omsætning	Fra drivmidler til maskiner	Fra biologisk omsætning samt fra markdrift, 3. lands tab fra opdyrkning af naturskowsarealer.
NH <sub>3</sub>	Afdamper fra især gulve, men også fra gyllekanaler	Tabes i begrænset grad fra gylletanke, i høj grad fra dybstrøelse i stak.	Afdampning direkte fra udbragt husdyrgødning	
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>				Overskydende nitrat udvasket fra jorden til vandmiljøet
CH <sub>4</sub>	Metan fra omsætning i grisenes tarmsystem (primært ved fodring med grovfoder)			
CH <sub>4</sub>	Metan fra anaerob nedbrydning i gyllekanaler	Metan fra anaerob nedbrydning i gylletanken. I begrænset grad fra dybstrøelse		
N <sub>2</sub> O	Lattergas (N <sub>2</sub> O) fra delvis aerobe lommer i f.eks. dybstrøelsesmætter – samt fra tilsølede gulve og fra gyllekanaler	Lattergas (N <sub>2</sub> O) fra delvis aerobe lommer i flydelag		Lattergas (N <sub>2</sub> O) fra denitrifikationsproces
Fosfor				Tabes ved udvaskning eller bindes til jordpartikler og immobiliseres
Lugt	Lugte – primært fra forskellige flygtige fedtsyrer, svovlforbindelser og andre flygtige organiske stoffer	Lugt	Lugt	
H <sub>2</sub> S	Svovlbrinte (H <sub>2</sub> S) fra gyllekanaler via biologisk omsætning	Svovlbrinte (H <sub>2</sub> S) via biologisk omsætning i gylletanke		
Fluer	Opformerer i fugtige gødningsrester, hvor der er lunt	Opformerer i fugtige gødningsrester, hvor der er lunt		

**Tabel 1.** Egen tilvirkning.

Lad os se på de forskellige emissioners egenskaber og hvordan de egentlig opstår i de nuværende svineproduktionssystemer. En systematisk gennemgang af dette kan nemlig bruges som grundlag for at finde frem til potentialer og forhindringer for at afbøde eller fjerne dem.

## Opståen og reduktionspotentialer for hver emissionstype

De forskellige emissionstyper har forskellige reduktionspotentialer afhængig af, hvor de opstår i produktionssystemet. I det følgende gennemgås de enkeltvis for oprindelse og muligheder samt udfordringer i forbindelse med potentiel reduktion.

### Varme fra dyrenes metabolisme

Jo mere effektivt den enkelte gris udnytter de næringsstoffer den æder, des mindre bliver tabene af næringsstoffer. Sagt på en anden måde: hvis man kunne undgå, at grisen tabte energi i form af varme fra den omsætning der sker i tarmen, og hvis den kunne bruge alle foderets næringsstoffer til at lave kød med, ville der ikke ske noget tab af næringsstoffer. Den ville så heller ikke udskille urin og fækalier men kun vand.

Faktum er dog, at den udskiller varme, og at den udskiller overskydende næringsstoffer, som den ikke har kunnet omsætte til opbygning af kropsvæv. Men der er stor forskel på, hvor meget varme den bruger, afhængig af dens omgivelser og hvor meget næring den udskiller i urin og fækalier afhængig af, hvad den bliver fodret med.

Omsætningen i kroppen – metabolismen – er forskellig fra dyreart til dyreart, hvilket har at gøre med deres fordøjelsessystems indretning, samt de fødeemner de har specialiseret sig i at leve af. Tabellens kolonne 3 neden for angiver, hvor mange kilo foder(tørstofbaseret) en række forskellige dyrearter bruger til at producere 1 kg levende vægt. Man kan kalde det foder-efficiensen for forskellige dyrearter. Tallene skal opfattes som retningsgivende, da der er store forskelle inden for dyrearterne afhængig af racer, fodersammensætning, staldsystem, tilvæksthastighed mm.

Dyreart	Foderkonverteringsrate (kg foder pr. kg tilvækst)	Foderkonverteringsrate (FCR), tørstofbaseret
Kyllinger	1,7	1,4
Ænder	2,45	2,1
Kalve	-*	5 - 10
Grise	2,7	2,3

\*Den ikke-tørstofbaserede konverteringsrate for kalve er vanskelig at fastslå grundet anvendelse af grovfoder. Den er derfor udeladt.

**Tabel 2:** Egen tilvirkning efter (Tolkamp, et al., 2010), (Smil, 2002) og (Oonincx & de Boer, 2012)

Svinekødsproduktionen er således "middel-efficient" i forhold til anden husdyrproduktion. Der går således ca. 2,3 kg fodertørstof til produktion af 1 kg svinekød. Men foderet har et højt tørstofindhold – typisk 80-85%, mens kødet overvejende består af vand. Korn har et energiindhold på omkring 17.000 KJ pr. kg, men kød kun har et energiindhold på ca. 8.000 KJ pr kg. Så der bruges omkring 5 - 6 gange så meget foderenergi til at producere et kg svinekød, som den energi, der lagres i kødet. Langt hovedparten af energien og næringsstofferne i foderet tabes som varme (og udåndet CO<sub>2</sub>) eller udskilles i fækalier og urin.

En forbedret energiudnyttelse fra foderet kan opnås ved at undgå unødigt forbrænding i dyret. Den optimale opholdstemperatur for svin afhænger af svinets alder og vægt. Ved lave temperaturer og ved hvile skal svinet forbrænde ekstra energi til at holde varmen og ved høje temperaturer sænkes dyrets tilvækst. Hvis temperaturen i dyrets opholdszone således kan tilpasses dens varmebehov, kan energiudnyttelsen af foderet maksimeres. Samtidig øges energiforbruget ved fysisk aktivitet, så når dyret er aktivt, har det brug for en lavere temperatur i omgivelserne. Svinet tilpasser så vidt muligt selv sin adfærd til at opnå maksimal komfort, hvilket betyder, at det er mest aktivt og fødesøgende ved forholdsvis lave temperaturer og bliver inaktivt/søger en kilde til afkøling ved relativt høje temperaturer. Ved relativt lave temperaturer vil svin forsøge at termoregulere ved at lægge sig tæt sammen og/eller søge andre kilder til at undgå varmetab (Pedersen, 2011).

Det er derfor afgørende for fodereffektivitet og tilvækst, at svinet enten tilbydes mulighed for selv at termoregulere til en komfortabel temperatur eller alternativt at tilbyde en

passende temperatur i omgivelserne i forhold til dyrets aktuelle aktivitetsniveau, alder og vægt.

## Kultveilde

Kultveilde (CO<sub>2</sub>) afgives direkte og indirekte flere steder i produktionens værdikæde. Afgivelsen af CO<sub>2</sub> fra dyrets metabolisme er beskrevet tidligere. Derudover afgives CO<sub>2</sub> direkte ved biologisk omsætning af energi fra husdyrgødning og planterester i jorden og fra afbrænding af energikilder – f.eks. halm og diesel. Indirekte afgives CO<sub>2</sub> ved import af energi i form af f.eks. el og varer, der har ført til energiforbrug i industrien f.eks. i form af kunstgødning og bygningsmaterialer.

Svineproduktionsbedrifter har et betydeligt elforbrug (Jørgensen, 2010), men et begrænset forbrug af kunstgødning. Til gengæld importeres en del korn fra planteavlsbedrifter, som bruger kunstgødning til produktionen, så der sker stadig et indirekte forbrug af energi ad denne vej. Desuden importeres meget proteinfoder fra 3. land (Statistikbanken, 2016), hvor forbruget af kunstgødning er højt, og hvor der afbrændes naturskov for at skabe plads til soyaproduktionen med deraf følgende CO<sub>2</sub> udslip og tab af biodiversitet (WWF International, 2014).

Elforbruget i svinestalde går især til ventilation, varmelamper, foderblandingsanlæg og lys. Desuden bruger man i en del fare- og smågrisestalde gulvvarme til at sikre de små grises trivsel. Denne varme kan komme fra flere kilder så som halmfyr, fyringsolie eller el. (Jørgensen, 2010)

CO<sub>2</sub> og energi afgives fra dyrenes gødning, og evt. tilført strøelse, i forbindelse med biologisk nedbrydning af gødningen under lagring og efter den er udbragt til jorden som gødning. Ved at finde frem til metoder til håndtering af

husdyrgødning, der kan nyttiggøre den energi, der nu tabes ved ukontrolleret biologisk omsætning kan *netto* CO<sub>2</sub> afgivelsen reduceres. Brutto-emissionen vil være uændret, men ved udnyttelse af energien, der afgives, fortrænges alternativ brug af fossil energi. Kontrol med emissionen af andre stoffer fra gødningen er endvidere sammenfaldende med reduktionen i CO<sub>2</sub> emissionen, da andre emissioner også er forbundet med biologisk omsætning af dyrenes fækalier, hvorfor netop håndtering og lagring af husdyrgødningen er særligt interessant i et emissionsperspektiv.

En del af det øvrige energiforbrug i produktionen kan også reduceres i forbindelse med reduktion af andre emissioner end CO<sub>2</sub>. Det gælder især forbruget af strøm til ventilation og luftrensning, som ved en optimal staldindretning har potentiale for helt at blive elimineret, såfremt emission af sundhedsskadelige gasser og lugt kan kontrolleres effektivt med ændrede gødningshåndteringssystemer.

Den indirekte afgivelse af CO<sub>2</sub>, som sker i 3. land fra dyrkning af foderafgrøder, kan reduceres ved at erstatte noget af det nødvendige protein til dyrene med lokalt dyrkede afgrøder. En mulighed ligger i proteinholdigt grovfoder til visse dyregrupper, som samtidig har nogle velfærdsmæssige fordele for dyrene (Jespersen, et al., 2011; ICROFS, 2016).

### **Kvælstof - Ammoniak**

Kvælstof herunder ammoniak (NH<sub>3</sub>) er den forureningskilde fra landbruget, der nok har været størst opmærksomhed om de seneste år (Grant & Waagepetersen, 2003). Kvælstof kommer fra dyrenes fækalier – urin og fæces.

Urin indeholder kvælstof i form af urea som er et nedbrydningsprodukt fra proteiner. Birkmose

og Tybirk (2013) estimerer at urin fra svin indeholder knap 9 g kvælstof fra hver foderenhed tildelt. Heraf forventes det, at 40 – 45 % afdamper som ammoniak i stalden. Resten af det kvælstof i foderet, der ikke bruges til tilvækst udgør ca. 16 g kvælstof pr. foderenhed tildelt. Denne del aflejres i fæces, og er ikke omsat til urea, men er u-nedbrudt organisk materiale.

Emission fra urinen ved biologisk omsætning sker meget hurtigt ved opblanding med fæces, da fæces indeholder bakterier, der producerer enzymet urease, som spalter urea til ammoniak og CO<sub>2</sub>. Spaltningen går ret hurtigt, så kort tid efter urin og gødning er sammenblandet i en stald, vil ammoniak begynde at dampe af.

Ammoniak er stærkt opløselig i vand som den eneste af de gasarter, der giver anledning til miljøproblemer fra landbruget. Opløst i vand forefindes ammoniak som en ammonium-ion. Ved stigende temperatur bliver vandets bindingsevne reduceret, hvilket giver en øget overgang til gasform – ren ammoniak, som afdamper fra vandet. Ammoniak afdamper fra vandets overflade til luft og jo større overfladen er, des større vil afdampningen være. Når urin afsættes på spalter i en svinestald er overfladen meget stor. Derfor er der et stort afdampningspotentiale fra et spaltegulv. På spalterne kommer urinen i kontakt med gødning, som sidder klistret på spalterne i varierende lagtykkelse. Mere eller mindre indtørrede gødningskager opsuger urinen, og derefter sker den betydelige afdampning af ammoniak. Og jo varmere det er i stalden – des større bliver afdampningen inden urinen lander i gødningskummen under spalterne. Fra gødningskummens overflade sker også afdampning – igen voksende med stigende overfladeareal og temperatur (Sommer, u.d.)

Ideelt set kan omdannelsen til ammoniak forhindres ved at holde urin og fæces adskilt fra det forlader kilden (altså grisen), og ved samtidig meget kold opbevaring som forhindrer biologisk aktivitet. Under de eksisterende produktionsforhold er dette dog ikke en mulighed, og i det hele taget er det en teknisk udfordring at løse. En metode til at begrænse afdampning af ammoniak er at få dyrene til at afsætte urin og fæces på så begrænset et areal som muligt og holde overfladen på opbevaringstanke så lille som muligt. Desuden kan opsamlingsarealet indrettes, så fæces og urin adskilles. Endelig er ammoniak en base – så ved at tilsætte syre, kan dannet ammoniak bindes til syren, så den ikke fordampes. Ved udbringning kan ammoniakfordampning i nogen grad hindres ved at opnå hurtig kontakt til fugtig jord, da kvælstoffet så vil forblive på ammoniumform bundet til jordvandet. For at sikre dette bruges i praksis nedfældning i jorden.

### Nitrat

Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) er ligesom ammoniak en kvælstofforbindelse. Men i modsætning til ammoniak forekommer nitrat ikke på gasform og kan derfor ikke fordampe. Nitrat dannes i gylle og anden gødning ved nitrifikation af ammonium. Det er mikroorganismer, der står for denne omdannelse. Omdannelsen kræver ilt, så der sker ikke nogen nitrifikation i gylle, hvor ilten er opbrugt. I både gyllekanaler og gylletanke opbruges ilten meget hurtigt, og derfor dannes der kun begrænsede mængder nitrat før udbringning. I fast husdyrgødning er nitrifikationen betydeligt større. Nitrat er vandopløseligt. Derfor giver nitrat først emissionsproblemer, når gødningen er bragt ud på markerne eller hvor gødning afsættes direkte på marken af dyret. Her oxideres ammonium, hvis ikke det optages af planter, og omdannes til

nitrat, som kan bæres med f.eks. drænvand ud i vandløb. Overskydende nitrat kan også omdannes ved denitrifikation til lattergas og frit kvælstof. Det sker ved iltfattige forhold i jorden eller i en gødningsstak f.eks. under meget fugtige forhold (Hansen, et al., 2015).

Dannelse af overskydende nitrat kan i princippet undgås ved at tildele gødning i takt med at planterne optager de tilgængelige næringsstoffer – både nitrat og ammonium. I praksis er dette meget vanskeligt for ikke at sige umuligt at gennemføre – men ved at gøde med forskellige gødningstyper ad flere omgange i vækstsæsonen kan man nærme sig idealsituationen noget.

### Metan fra dyrets metabolisme

Metan er en af de store "klimasyndere" i landbruget. 1 kg metan i atmosfæren er lige så klimabelastende som 25 kg  $\text{CO}_2$  (Nielsen, et al., 2015). Udover at være en klimagas er metan også energibærende. Metan er stærkt brændbar, og i ren form et glimrende drivmiddel til forskellige typer motorer. Afbrændt har metan kun almindelig  $\text{CO}_2$  virkning, og der er derfor en dobbelt klimamæssig interesse i at kontrollere gassen fra kilden. Metan kan vise sig at være en af de vigtigste energi-ressourcer i fremtidens samfund. Så det er rent energispild, når den tabes.

Metan dannes i pattedyrs tarmkanal af bakterier, der lever i tarmen. I sammenligning med drøvtyggere er produktionen meget begrænset hos svin. Metan dannes ved fordøjelse af fibre, som mest findes i grovfoder som roer, græs, kløver, lucerne og halm. I svin (og andre en-mavede dyr) dannes langt hovedparten af metanen i tyktarmen (Jørgensen, et al., 2011). Den producerede mængde afhænger af fiberandelen i foderet,

således at jo større mængde fibre, des større metanproduktion (Jørgensen, et al., 2011). Produktionen fra svin fodret på en fiberfattig diæt, som er det mest almindelige, ligger i størrelsesordenen 1-5 liter pr. dag pr. kg tørstof i foderet (Jørgensen, et al., 2011). Til sammenligning vil en malkeko typisk afgive omkring 28 liter CH<sub>4</sub> pr. dag pr. kg tørstof i foderet, eller omkring 9 gange så meget (Johannes, et al., 2011). I Nielsen et al. (2015) angives således også, at kun ca. 10% af den samlede metanafgivelse fra husdyrs metabolisme stammer fra svineproduktionen, mens kvæg står for 87%, på trods af en langt lavere andel kvæg i den samlede husdyrproduktion. Men øges fiberandelen i svins foder, så øges metanemissionen også. Ved maksimal tildeling af grovfoder til søer øges metanproduktionen til mellem 4 og 12 liter pr. dag pr. kg tørstof (Jørgensen, et al., 2011), eller mellem 15 og 45 % af emissionen fra en malkeko. Slagtesvin kan ikke spise mere end op til ca. 15% af deres samlede foderration som grovfoder – derfor har de et langt lavere metanafgivelsespotentiale (Voutila & Siljander-Rasi, 2013). Ud fra en snæver betragtning om metan-potentialet bør svin derfor ikke tildeles fiber eller grovfoder.

Men fiber fra grovfoder giver svinet en god mæthedsfølelse og reducerer risikoen for dannelse af mavesår samt reducerer aggressioner overfor andre svin (Damm, 2004). Der er ligeledes sundhedsmæssige gevinster og reduceret dødelighed forbundet med tildeling af grovfoder (Voutila & Siljander-Rasi, 2013; Stalljohann, 2014) via f.eks. reduceret tendens til forstoppelse og forbedret immunforsvar. Derfor er der både gode dyrevelfærdsmæssige og produktionsmæssige grunde til at give svinene en vis fiberandel fra grovfoder i foderrationen. I det omfang et forbedret

immunforsvar giver anledning til et lavere antibiotikaforbrug, kan grovfodertildeling endda have positiv effekt for human sundhed.

Samtidig kan der være andre grunde til at bruge fiberholdigt grovfoder til svin. Planter af ærteblomstfamilien (kløver, lupin, lucerne, ærter, vikke mm.) har et højt proteinindhold. De kan derfor delvis erstatte importeret proteinfoder. De fikserer selv det kvælstof de skal bruge fra atmosfæren, så de behøver ikke kvælstof fra kunstgødning. Desuden har de fleste grovfoderafgrøder en lang vækstsæson, og kan derfor give mindre anledning til udvaskning af næringsstoffer fra jorden. Dertil kan et mere alsidigt sædskifte medføre en lavere behandlingshyppighed med pesticider. Ud fra en samlet miljømæssig betragtning kan der derfor være større fordele end ulemper ved at tildele svin grovfoder i foderrationen trods afgivelse af metan. Den maksimale optagelse af grovfoder er ikke nødvendigvis samtidig den optimale i forhold til velfærd mm. - mindre mængder grovfoder med en begrænset tilhørende forøgelse af metanproduktionen er muligvis en bedre kombination.

### **Metan fra gødningsopbevaring**

Metan udledes ikke kun direkte fra dyret – men også i forbindelse med opbevaring af fæces. I Nielsen et al. (2015) angives således en emission af metan fra svineproduktionen på ca. 45% af den samlede udledning fra gødningslagre, som er estimeret til 20% af den samlede klimapåvirkning fra landbruget. Metan dannes ved anaerobe – dvs. iltfrie forhold, som meget hurtigt opstår når gødning og urin fra dyrene opsamles i gyllekanaler og andre opsamlingssteder. I de mest almindelige svineproduktionssystemer opsamles gødning oftest i gyllekanaler inde i stalden og sendes efter nogen tids opbevaring videre til en

gylletank uden for stalden. Herfra udbringes gyllen til marker i planternes vækstsæson. Afgivelsen af metan er direkte temperaturkorreleret, så med stigende temperatur vokser afgivelsen. Det samme gælder for opholdstiden i gyllekanalen (Hansen, et al., 2015; Sommer, u.d.).

Enkelte producenter har en anden opstaldningsform, så deres svin går i f.eks. dybstrøelse eller udendørs dele af deres liv. Da der kan være betydelig variation i dannelsen af iltfrie forhold i gødningsopbevaringen i disse systemer, er det vanskeligt at kvantificere metanafgivelsen, men den vil som oftest være noget mindre end ved den traditionelle opbevaring af gylle (Sommer, u.d.; Olesen m.fl., 2004). Opbevares gødningen så den kan kompostere (aerob nedbrydning), vil der kun være begrænset metanafgivelse på grund af iltningen af gødningen. I en dybstrøelsesmåtte vil dele af måtten være relativt tør og kun blive sammentrædt i begrænset grad, hvilket befordrer iltrige forhold, så måtten helt eller delvis komposterer, mens andre dele af måtten vil være våd, hvilket befordrer iltfrie forhold når dyrene færdes på den og trykker den sammen. I våde zoner kan de metanogene bakterier derfor trives. Ved sammenblanding af fækalier med halm eller andet strøelsesmateriale øges mængden af fiber, der er tilgængeligt for de metanogene bakterier, hvilket principielt indebærer en risiko for en forhøjet metandannelse i dybstrøelsessystemer i forhold til gyllesystemer. Men svinene roder i deres underlag, hvilket befordrer tilgang af ilt til dybstrøelsesmåtten. (Olesen m.fl., 2004; Hansen, et al., 2015; Philipe, et al., 2007). Af en belgisk undersøgelse fremgår det dog, at emissionen af alle drivhusgasser på nær metan er forhøjet i et dybstrøelsessystem i forhold til spaltegulve (Philipe, et al., 2007). Videnskabeligt

set er dannelsen af drivhusgasser i dybstrøelse fra svin dog sparsomt eller utilstrækkeligt belyst.

I gylletanken fortsætter metandannelse og afdampning (Sommer, u.d.; Olesen m.fl., 2004). Dog dannes der efter nogen tid et såkaldt flydelag øverst i tanken, som består af tørstof fra gyllen. I dette flydelag kan der ske en vis biologisk omsætning af metan, som reducerer, men ikke forhindrer, udslip til atmosfæren (Petersen & Ambus, 2006).

Endelig vil ophobet metan i gyllen afdampe i forbindelse med udbringning, ligesom iltfrie lommer i jorden kan give anledning til metan emission. Sådanne kan opstå under meget fugtige forhold, herunder i forbindelse med udbringning af både fast husdyrgødning og gylle, hvor jorden i forvejen er vandmættet, og gødningen forekommer i større doser.

Undgåelse af metandannelse kan opnås på 2 måder: Enten skal det opbevares så koldt, at der ikke påbegyndes en vækst af metanogene bakterier eller også skal det opbevares under aerobe forhold.

Nedkøling af såvel gylle som fast gødning og dybstrøelse til et niveau, hvor der slet ikke dannes metan er i praksis det samme som at fryse gødningen, hvilket vil være energikrævende. Men en voldsom reduktion kan opnås i varme perioder af året blot ved at sænke temperaturen til jordtemperaturen på omkring 8°C. Ved hurtigt at fjerne gylle og fast gødning fra stalden og sende den ud i jordkølede lagre kan størstedelen af metandannelsen derfor undgås. Samme effekt kan opnås ved at køle gødningen ved hjælp af en varmepumpe. Det giver samtidig en nettoenergiproduktion, som kan genanvendes til f.eks. opvarmning af stalde.



Alternativt kan metandannelse i gødningslagre helt forhindres ved at opbevare dyrenes gødning strengt aerobt – iltet – men i praksis kan dette dels volde en del tekniske vanskeligheder, og vil det medføre andre emissioner. At belufte gylle så kraftigt, at den bliver strengt aerob vil kræve enormt meget energi til kraftig omrøring med deraf følgende direkte eller indirekte CO<sub>2</sub>-emission. Men strengt aerobe forhold kan også opnås i kontrollerede processer, hvor der sker en effektiv biologisk nedbrydning ved hjælp af termofile bakterier. I praksis vil det sige kompostering. Under kompostering dannes dels varme – dels ammoniak – dvs. en anden emissionstype end metan. Skal det give miljømæssig mening at kompostere gødningen, kræver det derfor, at der udvikles teknologi, der opsamler både varmen og den afdampede ammoniak. En sådan teknologi er nemlig ikke tilgængelig endnu.

I stedet for at undgå metandannelse kan man maksimere den, opsamle metanen og afbrænde den til energiformål. Det er i praksis det man gør i et biogasanlæg, og hvis biogasanlæg er helt tætte, så der ikke lækkes metan er det også en miljømæssigt rigtig god løsning.

## Lattergas

Lattergas (N<sub>2</sub>O) er den kraftigste af de drivhusgasser, landbruget afgiver til atmosfæren. Den har en næsten 300 gange så kraftig virkning som CO<sub>2</sub>. Ca. 8% af den samlede drivhusvirkning fra landbruget skyldes lattergas, heraf skyldes omkring ¼ afdampning fra opbevaring af husdyrgødning (Nielsen, et al., 2015), men opgørelsen er ret upræcis (Hansen, et al., 2015). Husdyrproduktionens emission af lattergas er fordelt nogenlunde ligeligt mellem svine- og kvægproduktion.

Emissionen sker som nævnt tidligere under afsnittet om nitrat i forbindelse med det, der kaldes nitrifikations-/denitrifikationsprocesser, og opstår overvejende i jorden eller i lagre af fast gødning. Den sker dels i forbindelse med omdannelsen af husdyrgødning til plantetilgængelig næring (nitrat) og dels ved omdannelse af nitrat fra både husdyr- og handelsgødning, når der er meget fugtigt i jorden. Det er således under forhold, hvor der er iltfattigt (men ikke iltfrit) samtidig med, at der er store mængder nitrat til stede.

Men lattergas opstår også i forbindelse med opbevaring af gødning under andre forhold, hvor der er fugtigt og iltfattigt – men ikke iltfrit. Disse forhold kan opstå kortvarigt inden gødning og urin opsamles i gyllekanaler eller hvis gulve tilsvines med tykke lag gødning, i dybstrøelse og i gylletankenes flydelag. Philippe et al. (2007) har i et forsøg vist, at lattergasemission fra dybstrøelse, hvor svinene afsætter gødning i dybstrøelsen er signifikant højere end i et system med spaltegulve. Desuden sker der emission af lattergas fra gødning og urin udbragt på marker. Udegående svin gøder og urinerer i afgrænsede områder - toiletter - efter ret ensartede mønstre (Benfalk, et al., u.d.), så det er sandsynligt, at der sker en relativt høj emission af lattergas fra disse områder.

Undgåelse af lattergasemission kan opnås ved at forhindre dannelse af næsten iltfrie forhold, dvs. enten opbevare gødning strengt anaerobt (uden ilt) eller strengt aerobt (med meget ilt), og at sørge for at få fjernet al gødning og urin hurtigt fra dyrenes opholdsarealer, så der ikke dannes våde kager af gødning på inventar, gulve mm. Da størstedelen af lattergasemissionen sker fra dyrkningsjorder (Olesen m.fl., 2004) er det også helt afgørende at styre

gødningstildeling og form, så dannelsen af lattergas i jorden nedbringes.

## Fosfor

Fosfor er en af de primære forureningskilder i overfladevand og indre farvande. Mineralsk fosfor tilsættes til en del svinefoder, fordi svinet har svært ved at udnytte det fosfor, der indgår naturligt i foderet – især i korn. Mineralsk fosfor er en begrænset ressource, og med de nuværende kendte forekomster og forbrug, forventes ressourcen at være udtømt inden for de næste 80 - 90 år. Fosfor er en essentiel byggesten for alle planter og dyr, og indgår i det biologiske kredsløb på alle niveauer. Fosfor fra husdyrgødning bindes til jordpartikler, og er efter binding ganske immobil, men udgør et fosfor depot i jorden. Det frigives igen ved svampes aktivitet i jorden.

Korn indeholder en del fosfor i en forbindelse kaldet fytin. Korn indeholder også naturligt et enzym – *fyfase* - som aktiveres ved spiring af kornet. Fytase nedbryder fytin, og frigiver kornets indhold af fosfor til den nye kimplante, når kornet bliver så fugtigt og varmt at det spirer. Denne egenskab kan udnyttes til at fremme fordøjeligheden af kornet for svin ved at sætte kornet i "støb" – en forbehandling med vand der frigør enzymet. Men af hygiejniske grunde er meget korn varmebehandlet inden levering til svineproducenten. Varmebehandlingen nedbryder enzymet, så kornets fosforindhold bliver utilgængeligt for svinet. Ved kunstigt at tilsætte varmebehandlet foder enzymet *fyfase* kan optagelsen af foderets fosforindhold fremmes, og behovet for mineralsk fosfor reduceres (Poulsen & Rubæk, 2005).

Overskydende fosfor i foderet udskilles i fæces. Fosfor frigøres fra gødningen i takt med, at den nedbrydes af mikroorganismer i jorden. En del

af fosforet bindes i syrer i jorden, og er plantetilgængeligt. Andet bindes til jordpartikler. Den del af gødningens fosfor, der er opløst i vand, udgør en udvaskningsrisiko. Ved tilsætning af mineralsk fosfor til foder øges det totale fosforindhold, og udvaskningsrisikoen øges samtidig (Poulsen & Rubæk, 2005).

En reduktion i fosforudvaskningen fra husdyrgødning kan opnås ved at reducere fosforindholdet i den. Det kan på sin side opnås ved at øge optagelsen fra foderet i dyret, samt ved at undgå tildeling af mere fosfor end svinene har behov for.

## Lugt, støv og fluer

Lugte kommer fra grisenes urin og fækalier. Grisene selv lugter stort set ikke. Lugte har kun en begrænset miljømæssig skadevirkning, men de opfattes af de fleste mennesker som stærkt generende, og i de seneste år er der i Danmark indført forskellige regler for placering af nye produktionsanlæg og tilpasning af eksisterende, der skal sikre, at naboer til produktionsanlæggene ikke generes af lugte.

I høje koncentrationer er mindst 2 af de gasser, der lugter ubehageligt også sundhedsskadelige. Det er ammoniak og svovlbrinte. Ammoniak giver ved koncentrationer over 50 ppm (parts per million) en skarp lugt, men allerede ved koncentrationer omkring 20 ppm over længere tid er gassen årsag til nedsat immunforsvar. Ved højere koncentrationer giver gassen voksende symptomer spændende fra irritation af luftveje og slimhinder, som medfører kløe og hoste, til smerter, ætsningsskader på lungerne, åndedrætsbesvær og i yderste konsekvens døden (Anon., 2007).

Lugten af svovlbrinte kan opfattes ved meget lave koncentrationer (fra ca. 0,02 ppm) indtil ca. 150 ppm, men ved koncentrationer herover kan

gassen ikke længere lugtes. Den lugter af rådne æg. Gassen giver ved voksende koncentration hovedpine, svimmelhed, kvalme og lungeskader. Meget høje koncentrationer kan resultere i bevidstløshed eller død (Anon., 2007). Gassen er tung, og kan samles i lommer i gylleopbevaringsystemer. Gassen dannes ved mikrobiel omsætning af aminosyrer fra fækalier der indeholder svovl.

Øvrige lugte fra svineproduktion udgøres især af flygtige fedtsyrer og aminer, som indoler og phenoler, der i og for sig er uskadelige i de koncentrationer, man finder i svineproduktion. Molekylerne kan opfattes af lugtesansen i meget svag koncentration. Ved stigende temperaturer og bevægelighed af luften omkring lugtkilden afgives flere molekyler til luften. Molekylerne fæstnes til støvpartikler, og kan på den måde bæres langt væk fra kilden med vinden (Razote, et al., 2004). Stofferne dannes af bakterier i svinets mave- tarmkanal, og afgives fra fækalier, så snart de kommer i kontakt med den omgivende luft (Mackie, et al., 1998). Ved opbevaring af gødningen afgives der fortsat lugtstoffer, men de nedbrydes mikrobielt på forskellig vis ved biologisk omsætning af gødningen. Sammensætningen af lugtene påvirkes i nogen grad af foderets sammensætning, og niveauet har sammenhæng med mængden af overskydende næringsstoffer fra foderet (Lingshuang, et al., 2009). Gennem de senere år er foderet da også optimeret, egentlig med henblik på at opnå en bedre produktionsøkonomi, men med den positive sideeffekt, at lugtniveauet er reduceret. Forskningen på området fortsætter, og har vist, at tilsætning af benzoesyre til foderet reducerer forekomsten af ammoniak og anden lugt samtidig med, at det øger dyrenes trivsel (Holm, 2012). Det er sandsynligt, at andre ændringer i foderets sammensætning kan både reducere

lugt og ændre lugtens sammensætning, så den opfattes som værende mindre generende af mennesker.

Lugt fra svin kan næppe undgås, men kan reduceres væsentligt ved hurtig opsamling af fækalier og urin til lukkede beholdere med en lille overflade.

Støv i staldene kommer fra afstødt hud fra dyrene samt fra foderrester. Støv generer luftvejene og bærer lugtstoffer med sig (Razote, et al., 2004), men er ikke et betydeligt miljøproblem for omgivelserne – det er mest et internt problem for producenten, hans medarbejdere og for dyrene selv. Hvis støv fra staldene blæses ud i omgivelserne med ventilationsluft, bliver det dog også en gene for naboer grundet lugten. Støv i stalden kan undgås ved at befugte staldluften og foderet og ved et højt ventilationsniveau. At give dyrene mulighed for at lave hudpleje, hvor afstødt hud hindres i at blive hvirvlet ud i staldluften, kan også potentielt reducere støvgener.

Fluer er ikke et egentligt miljøproblem men en indikator på, at der er fugtige og næringsrige forhold i omgivelserne. Men fluer er til irritation for både dyr og mennesker og virker stressende. De kan dermed være årsag til reduceret tilvækst ved dyrene. Desuden kan de bære patogener rundt i produktionssystemet og omgivelserne, og er altså sygdomsbærende (U.N., 2007; Anon., 2014).

Under tørre, kølige og næringsfattige forhold hæmmes fluernes formering. Så en staldindretning, der kan holde grisenes opholdsarealer tørre, reducerer flueplagen. Og kan man hindre fluernes adgang til at lægge æg i fæces – så bliver der slet ingen fluer til at genere.

## Udviklingspotentialer for miljømæssig forbedring af svineproduktionssystemer

Helt overordnet set kan alle emissioner fra svineproduktion selvfølgelig reduceres eller helt fjernes ved, at reducere eller ophøre med produktionen. Men da forbrugere sætter pris på at spise svinekød, er det nok mere interessant at se på, hvordan produktionen kan optimeres miljømæssigt.

Stort set alle emissioner fra svineproduktionen er direkte eller indirekte relateret til dyrenes fordøjelse og ekskrementer. Det er derfor helt essentielt for en reduktion af emissioner at se på, om man kan få dyrene til at udskille mindre via ændret fodringspraksis, og især om gødning kan håndteres mere emissionsfrit end i dag. Den nuværende praksis, med udbredt anvendelse af spaltegulve over åbne gyllekanaler i stalden og med tømning til lagertank med ret store tidsintervaller, resulterer desværre i en betydelig afdampning af især ammoniak, men også lattergas, metan og svovlbrinte, ligesom lugtafgivelsen samlet set er stor (Hansen, et al., 2015; Sommer, u.d.; Sommer, u.d.; Nielsen, et al., 2015; Anon., 2007; Blanes-Vidal, et al., 2008). Hertil kommer den CO<sub>2</sub> emission, der skyldes elforbrug til ventilations- og luftrensningssystemer og emission som følge af brugt energi til opvarmning af stalde. Opsamlet og udbragt gødning står for langt størstedelen af de resterende emissioner.

De alternativer til gyllesystemer, der er tilgængelige, såsom dybstrøelse og fritgående dyr, er muligvis, set fra et miljømæssigt synspunkt, endnu værre, om end den tilgængelige viden om systemernes emissioner er så utilstrækkelig, at der ikke kan drages nogen konklusioner herom.

Ud fra en økonomisk betragtning kan der være nogle direkte fordele for producenterne ved reducerede emissioner. En fordel er, at reduceres kvælstoftabet via opsamlingsanordninger, kan det opsamlede kvælstof bringes til anvendelse som plantenæring, og derved forbedres økonomien i afgrødeproduktionen. Effektivisering af næringsstofudnyttelsen i grisen giver ligeledes lavere foderomkostninger. Og reduceret afdampning af ammoniak samt øget hygiejne kan øge sundheden hos dyr og personale – og dermed forbedre produktionsresultaterne.

Til gengæld er de teknologier, der er til rådighed omkostningsdrivende og nogle af dem ret kostbare enten i anskaffelse eller i drift. Mulighederne ifølge Miljøstyrelsen (u.d.) er for nuværende:

- Gylleforsuring
- Punktudsugning i gyllekanaler
- Gyllekøling
- Luftrensning af afkastluft – enten med kemiske eller biologiske filtre

Hertil kommer f.eks. gyllekanaler med reduceret overflade (V-formede kanaler) eller muligheden for at bruge gummiflapper til spalterne - en teknik, der er udviklet til kvægstalde. Også vandforstøvning i staldluften har en effekt på ammoniakindhold og støv, og dermed lugt i og fra stalden, som er en tillægsgevinst i forhold til den afkøling af dyrene, der er forstøvningens primære formål.

Den eksisterende svineproduktion bygger langt overvejende på brug af gyllesystemer, og den miljøtekniske udvikling de seneste årtier har i udbredt grad haft fokus på at reducere emissioner fra denne systemtype. En anden mulig fokus er at finde frem til grundlæggende nye systemer, der i udgangspunktet er designet

til effektiv opsamling af gødning såvel som effektiv produktion, frem for at være designet alene med udgangspunkt i produktionseffektivitet. Dvs. systemer, der har hele gødningshåndteringskæden fra gris til plante i centrum *sammen* med produktionsmæssig effektivitet, så flest mulige synergier udnyttes.

F.eks. vil kildesepareret gødning kunne forbedre udbyttet pr. ton tilført husdyrgødning i biogasproduktion, ved alene at fragte den faste del med relativt højt tørstofindhold til biogasanlægget, og udbringe urinen direkte fra lager eller finde metoder til oparbejdning af denne til et koncentrat. Dette vil samtidig nedbringe transportudgifter og energiforbrug til transport af gødningen, og dermed CO<sub>2</sub>-emissionen.

Der er tillige et potentiale i at arbejde med alternative opbevarings- og videreforarbejdningsmetoder til nedbringelse af kvælstoftabet og den samlede CO<sub>2</sub>-, lattergas- og metanemission, herunder ved hjælp af kompostering i lukkede anlæg, forgasning mm.

I denne forbindelse spiller svins naturlige adfærd omkring afsætning af gødning en væsentlig rolle. Hvis stalde designs med fokus på udnyttelse af dyrenes intelligens, socialadfærd og udprægede tendens til afsætning af ekskrementer på meget afgrænsede områder, og deres evne til at holde deres foder- og hvileområder fri for både fæces og urin, vil man kunne opsamle fækaliene meget mere effektivt end i de gængse systemer, og hovedparten af emissionsproblemerne fra staldene kan så undgås.

Opsamles fækaliene tæt ved kilden, og ledes til lukket opbevaring, bortfalder en stor del af energiforbruget rent driftsmæssigt til

ventilation og luftrensning. Samtidig vil det muliggøre at dyrene holdes under langt mere ekstensive forhold end nu, dvs. delvis udendørs eller med åbne vægge, fordi lugte forsvinder sammen med fækaliene, og fordi der i øvrigt kan holdes rent og tørt på svinenes opholdsarealer.

Tørre opholdsarealer hæmmer udvikling af bakterier og kan derfor aflede en gevinst via reduceret smittepres, med deraf følgende lavere medicinforbrug, lavere dødelighed og måske en forbedret produktkvalitet, der kan give konkurrencemæssige fordele.

Staldsystemer, der via tilpasning til svinenes naturlige adfærd får dyrene til at vælge en miljømæssigt optimal adfærd omkring gødningsafsætning, vil samtidig kunne øge dyrenes velfærd, og i åbne lav-emissionsstalder vil behovet for investeringer i teknologi, der udelukkende har til formål at reparere på skader fra et miljømæssigt set grundlæggende uhensigtsmæssigt indrettet produktionssystem bortfalde. Det på sin side giver en bedre driftsøkonomi.

Udviklingsmæssigt består udfordringen i at finde frem til inventar og logistisk design, der harmonerer med dyrenes livsrytme, og som sikrer den effektive opsamling af gødning uden at gå på kompromis med produktionsresultater og samlet økonomi.

## Konklusion

Emissionerne fra svineproduktion er primært knyttet til dyrenes gødning – deres fækali. Hurtig og effektiv opsamling af disse er derfor krumtappen i udviklingen af en miljømæssig forsvarlig svineproduktion, som samtidig er rentabel. Hertil kommer, at opbevaring og videre forarbejdning af fækaliene til energi- og

plantegødningsformål bør ses i sammenhæng med indretningen af staldsystemet, hvis den samlet set bedste økonomi skal opnås. Opsamlingen af fækalierne afhænger på sin side af, hvor svinene vælger at afsætte dem i produktionssystemet, så udnyttelse af dyrenes naturlige adfærd i den forbindelse er derfor central for at nå frem til en både miljømæssigt

forsvarlig og rentabel produktion. Svin er fra naturens side renlige og intelligente dyr, der undgår at tilsøle deres æde- og hvileområder, og denne adfærd, samt deres høje potentielle indlæringssevne, bør i langt højere grad end nu, kunne udnyttes til både miljømæssig, velfærdsmæssig og økonomisk fordel ved design af produktionssystemer.

## Bibliografi

Anon., 2007. *Iowa State University*. [Online]

Available at: [www.anslab.iastate.edu/Class/AnS321/Odor.ppt](http://www.anslab.iastate.edu/Class/AnS321/Odor.ppt)

[Accessed 11 12 2015].

Anon., 2014. *Retningslinier for fluebekæmpelse på og omkring gården med husdyr*, s.l.: s.n.

Benfalk, C., Lindgren, K., Lindahl, C. & Rundgren, M., n.d. *MOBILE AND STATIONARY SYSTEMS FOR ORGANIC PIGS - ANIMAL BEHAVIOUR IN OUTDOOR PENS*. s.l., JTI Swedish Institute of Agricultural and Environmental Engineering.

Birkmose, T. & Tybirk, P., 2013. *Svinegyllens sammensætning - indhold og dokumentation*, Aarhus: AgroTech og Videncenter for Svineproduktion.

Blanes-Vidal, V., Hansen, M., Pedersen, S. & Rom, H., 2008. Emissions of ammonia, methane and nitrous oxide from pig houses and slurry: Effects of rooting material, animal activity and ventilation flow. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Issue 124, p. 237–244.

Damm, B. I., 2004. *Velfærdsproblemer hos de danske søer*, København: Dyrenes Beskyttelse.

Dyrenes Beskyttelse, 2011. *Hold af Svin i Danmark - en industriel produktion*, s.l.: Dyrenes Beskyttelse.

Grant, R. & Waagepetersen, J., 2003. *Vandmiljøplan II*, s.l.: Miljøministeriet.

Gyldendal, 2016. *Den Store Danske*. [Online]

Available at:

[http://denstoredanske.dk/Natur\\_og\\_milj%C3%B8/Milj%C3%B8\\_og\\_forurening/Luftforurening/Emission](http://denstoredanske.dk/Natur_og_milj%C3%B8/Milj%C3%B8_og_forurening/Luftforurening/Emission)

[Accessed 05 08 2016].

Hansen, M. N., Birkmose, T. S. & Kai, P., 2015. *vidensyntese om drivhusgasser og emissionsbaseret regulering i husdyrproduktionen*, s.l.: s.n.

Hansen, M. N., Kai, P. & Birkmose, T. S., 2015. *vidensyntese om drivhusgasser og emissionsbaseret regulering i husdyrproduktionen*, s.l.: AgroTech.

Heinskov, N., 2014. *Politiken*. [Online]

Available at: <http://politiken.dk/indland/politik/ECE2185993/minister-kraever-faerre-doede-svin/>  
[Accessed 16 11 2015].

Holm, M., 2012. *Benzoesyre reducerede ammoniak- og lugtemissionen fra svin*, s.l.: Videncenter for Svineproduktion.

ICROFS, 2016. *Grovfoder til svin*. [Online]

Available at: <http://icrofs.dk/aktuelt/nyheder/nyhed/artikel/grovfoder-kan-blive-vaerdifuld-proteinkilde-for-oeko-svin/>  
[Accessed 20 06 2016].

Jespersen, A., Sørensen, K. V. & Jensen, H. E., 2011. Mavesår hos svin. *Dansk Veterinærtidsskrift*, Issue 10.

Johannes, M., Lund, P., Hellwing, A. L. F. & Weisbjerg, M. R., 2011. *Kvæg og klima. Hvad betyder fodring for metanemission?*, s.l.: DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug.

Jørgensen, H., Theil, P. K. & Knudsen, K. E. B., 2011. *Enteric Methane Emission from Pigs*, s.l.: P.

Jørgensen, L. B., 2010. *Energi i landbruget - forbrug og besparelser*, s.l.: Det Økologiske Råd.

Ladewig, J., 2014. *Debat: Vi har glemt biologien i dansk svineproduktion*. [Online]

Available at: <http://politiken.dk/debat/debatindlaeg/ECE2418791/vi-har-glemt-biologien-i-dansk-svineproduktion/#tocomment>  
[Accessed 16 11 2015].

Lingshuang, C., Koziel, J. A., Kerr, B. & Trabue, S., 2009. Effects of Dietary Treatment on Odor and VOCs Emitted From Swine Manure. *Animal Industry Report AS 655, ASL R2437*.

Mackie, R. I., Stroot, P. G. & Varel, V. H., 1998. Biochemical Identification and Biological Origin of Key Odor Components in Livestock Waste. *Journal of Animal Science*.

Miljøstyrelsen, n.d. *Teknologiblade*. [Online]

Available at:

[http://www2.mst.dk/Wiki/\(S\(f4hgfb0okzqje2d5abqaf45\)\)/Default.aspx?Page=Teknologiblade&NS=Husdyrvejledning&AspxAutoDetectCookieSupport=1](http://www2.mst.dk/Wiki/(S(f4hgfb0okzqje2d5abqaf45))/Default.aspx?Page=Teknologiblade&NS=Husdyrvejledning&AspxAutoDetectCookieSupport=1)  
[Accessed 20 06 2016].

Nielsen, O.-K. et al., 2015. *DENMARK'S NATIONAL INVENTORY REPORT 2015*, s.l.: Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy.

Olesen m.fl., 2004. *Jordbrug og klimaændringer - samspil til vandmiljøplaner*, s.l.: Danmarks Jordbrugsforskning.

Pedersen, P., 2011. *Staldtemperatur*, s.l.: VSP.

Petersen, S. O. & Ambus, P., 2006. Methane oxidation in pig and cattle slurry storages, and effects of surface crust moisture and methane availability. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 74(1), pp. 1-11.

Philipe, F. -X. et al., 2007. Comparison of ammonia and greenhouse gas emissions during the fattening of pigs, kept either on fully slatted floor or on deep litter. *Livestock Science*, Issue 111, pp. 144-152.

Poulsen, H. D. & Rubæk, G. H., 2005. *Fosfor i landbruget. Omsætning, tab og virkemidler mod tab*, s.l.: s.n.

Razote, E. B., Maghirang, R. G., Seitz, L. M. & Jeon, I. J., 2004. Characterization of Volatile Organic Compounds in Airborne Dust in a Swine Finishing Barn. *Transactions of the ASAE*.

SEGES, 2016. *Produktionsøkonomi svin 2016*, Aarhus: SEGES P/S.

Sommer, S. G., n.d. *Drivhusgasser fra håndtering af husdyrgødning*. [Online]  
Available at: [https://www.landbrugsinfo.dk/miljoe/sider/plk06\\_07\\_1\\_2\\_s\\_g\\_sommer.pdf?...true](https://www.landbrugsinfo.dk/miljoe/sider/plk06_07_1_2_s_g_sommer.pdf?...true)  
[Accessed 31 05 2016].

Sommer, S. G., n.d. *Hvordan påvirker gyllehåndteringssystemer husdyrgødningens klimaeffekt*. [Online]  
Available at: <https://www.landbrugsinfo.dk/.../3-SDU%20%20Hvorledes%20påvirker%20gyllehå...>  
[Accessed 31 05 2016].

Stalljohann, G., 2014. Raufutter in der Schweinefütterung - Was Faserstoffen leisten können. *Bauernblatt*.

Statistikbanken, 2016. *Statistikbanken.dk*. [Online]  
Available at: <http://www.statistikbanken.dk/10029>  
[Accessed 14 01 2016].

U.N., 2007. *Stuefluer i beboelsen*, s.l.: Skadedyrlaboratoriet.

Voutila, L. & Siljander-Rasi, H., 2013. *Effect of roughage on pig health and performance*, s.l.: MTT Agrifood Research Finland.

WWF International, 2014. *The Growth of Soy: Impacts and Solutions*, Gland: World Wildlife Fund.