

Forberedelse af Vandmiljøplan III

Teknologiske virkemidler til nedbringelse af næringstofbelastningen

Afrapportering fra undergruppe F 3

Juli 2003

Indholdsfortegnelse

Sammenfatning.....	4
1 Indledning.....	9
2 Afgrænsning.....	10
3 Næringsstofftab fra stald og lager – opgørelse af ammoniakemission.....	11
4 Kortlægning af teknologier.....	13
4.1 Stald.....	13
4.1.1 Kvælstoftab ved forskellige staldsystemer.....	16
4.1.2 Udviklingen.....	17
4.1.3 Teknologi til nedbringelse af ammoniakfordampning fra stalde.....	20
4.1.4 Konklusion - stalde.....	25
4.2 Lager.....	28
4.2.1 Udviklingen.....	28
4.2.2 Teknologi til nedbringelse af ammoniakfordampning fra lagre.....	30
4.2.3 Konklusion - lagre.....	35
4.3 Gylleseparering.....	36
4.3.1 Lavteknologiske løsninger.....	37
4.3.2 Højteknologiske løsninger.....	39
4.3.3 Konklusion - gylleseparering.....	42
4.4 Biogas.....	44
4.4.1 Reduktion af næringsstofftab ved biogasanlæg, primært biogasfællesanlæg.....	44
4.4.2 Koncepter.....	46
4.4.3 Udviklingen.....	47
4.4.4 Konklusion - biogas.....	48
4.5 Oparbejdning af fast fraktion fra separering ved forgasning og pyrolyse.....	49
5 Vekselvirkninger.....	50
6 Økonomi.....	52
6.1 Tiltag i stalde.....	52
6.1.1 Kvægstalde.....	54
6.1.2 Svinestalde.....	54
6.1.3 Fjerkræstalde.....	54
6.1.4 Pelsdyrfarme.....	54
6.2 Overdækning af lagertanke og markstakke.....	55
6.3 Gylleseparering.....	57
6.3.1 Lavteknologisk separering.....	57
6.3.2 Højteknologisk separering.....	59
6.3.3 Nedsættelse af arealkravet.....	60
6.4 Biogasanlæg.....	63
6.5 Gylleseparering i kombination med biogas.....	64
7 Næringsstoffbegrænsning - dyrevelfærd - arbejdsmiljø.....	66
8 Konklusion - fremtidsudsigter.....	67
Referencer.....	74

Bilag	76
Bilag nr. 1: Reduktion af ammoniaktab fra Stalde	77
Bilag nr. 2: Teknik til begrænsning af ammoniak emission fra kvægstalde - skrabere.	84
Bilag nr. 3: Reduktion af ammoniaktab i kvægstalde ved tilsætning af syre til gyllekanal.	88
Bilag nr. 4: Staldseparation	90
Bilag nr. 5: Svovlsyrebehandling af gylle i svinestalde	93
Bilag nr. 6: Køling af gylle i svinestalde	97
Bilag nr. 7: Luftvasker/skrubber til rensning af staldluft for ammoniak.....	100
Bilag nr. 8: Mekaniske-fysiske separatorer og kemisk fældning	103
Bilag nr. 9: Membranfiltrering som komponent ved gylleseparering	107
Bilag nr. 10: Destillation og stripning	109
Bilag nr. 11: Koncepter til gylleseparering	111
Bilag nr. 12: Oparbejdning af fast fraktion fra separering ved afbrænding og pyrolyse.....	117
Bilag nr. 13: Reduktion af ammoniaktab fra gyllebeholdere	120
Bilag nr. 14: Fordampn. og udsivning af næringsstof ved opbevar. af fast husdyrgødning...	126
Bilag nr. 15: Reduktion af ammoniaktab fra ajlebeholdere.....	133
Bilag nr. 16: Reduktion af næringsstofftab ved biogasanlæg, primært biogasfællesanlæg.....	135

Sammenfatning

Indledning

Undergruppen har til formål at vurdere teknologiske muligheder for at nedbringe næringstofbelastningen fra stald og lager. Udover teknologiske muligheder til nedbringelse næringstofbelastningen fra stald og lager omhandler rapporten også gylleseparering og biogas.

Næringsstoffab fra stald og lager foregår primært som ammoniakfordampning. Derfor koncentrerer denne rapport sig om teknologier, som kan begrænse ammoniaktabet. Som et grundlag for ammoniakhandlingsplanen blev der i 1999 udarbejdet 4 rapporter. Teknologirapporten "bygger oven på" rapporterne fra 1999. Oplysninger fra 1999-rapporterne er medtaget i det omfang, de vurderes at kunne bidrage til at give et så fuldstændigt billede af de teknologiske muligheder i dag som muligt.

Næringsstoffab fra stald og lager

DMU foretager årligt en opgørelse af den samlede danske ammoniakemission. Endvidere har DMU foretaget fremskrivninger til 2010 af den danske emission. Fremskrivningerne er fortrinsvis estimeret ud fra udviklingstendenserne de seneste ti år. Lovmæssige tiltag som forventes at medvirke til ændringer i den fremtidige landbrugsdrift, er ligeledes inddraget. Derimod er effekten af mulige fremtidige ammoniakreducerende tekniske foranstaltninger ikke inddraget.

I teknologirapporten gives der imidlertid bud på nye teknologiers bidrag til ammoniakreduktion. På grund af manglende erfaringer med den nye teknologi vil der være tale om meget grove estimater. Undergruppen har dog vurderet det væsentligt at medtage disse tal, fordi de kan bidrage til at give et så fuldstændigt billede som muligt af de virkemidler, som i sidste ende skal vælges i Vandmiljøplan III.

Kortlægning af teknologier

I dette kapitel findes hovedparten af de faktuelle oplysninger om eksisterende og ny teknologi.

Stald

Staldsystemerne har været genstand for megen forskning med henblik på at reducere ammoniakfordampningen. Den grundlæggende tankegang er her, at arealer der er fugtige af urin og gødning skal begrænses mest muligt, såvel i stalddrummet, som i gyllekanaler/-kummer. For at få så lidt ammoniakfordampning som muligt, gælder det om at have så tørre gulvflader som muligt, hvilket også harmonerer godt med ønsket om et godt dyremiljø.

Der findes forskellige tiltag til reduktion af ammoniakfordampningen, herunder:

1. Reducering (optimering) af proteinindholdet i foderet.
2. Tilsætning af additiver til foderet som begrænser ammoniakfordampningen.
3. Anvendelse af staldsystemer med lille potentiale for ammoniakfordampning.
4. Anvendelse af gødnings-/gyllehåndteringssystemer, med lille potentiale for ammoniakfordampning, herunder eksempelvis gyllekøling og tilsætning af additiver til gyllen.

For at opnå væsentlig reduktion af ammoniakemission fra stalde er det ofte nødvendigt at inddrage flere af tiltagene samtidig. Det skal samtidig understreges, at effekter af forskellige

reduktionstiltag ikke umiddelbart kan adderes, idet der kan forekomme vekselvirkninger, som kan reducere eller forstærke den samlede effekt.

I rapporten er der alene identificeret teknologier, der bidrager til at reducere ammoniaktabet fra stalde, hvor gødningen opsamles i form af gylle, dvs. spaltegulvstalde eller stalde med drænedede gulve. For at forenkle fremskrivningen af ammoniaktab ved anvendelse af disse teknologier, er det valgt at antage, at de i bilagene nævnte reduktioner i ammoniakemission kan omregnes til en reduktion i ammoniakemissionen fra eksisterende gylleproducerende staldtyper, hvilket ses i tabel 4.2.

Forsøg har vist, at forsuring af gylle i stald kan gennemføres i både kvæg- og svinestalde med kanaler under spaltegulv. Her anslås et ammoniakreduktionspotentiale på 60-75 %. Det bliver p.t. undersøgt, om beton i eksisterende stalde tager skade af sulfat i forsuret gylle. Tager betonen ikke skade, vil systemet få en væsentlig hurtigere udbredelse end andre teknologier, bl.a. fordi mange af de øvrige ammoniakreducerende tiltag ikke kan etableres i eksisterende stalde. Forsuring af gylle kan også ske via fodringstiltag. Dette behandles i et selvstændigt notat fra DJF i forbindelse med arbejdet med VMP III.

Den beskrevne metode med nedstøbning af køleslanger kombineret med skrabe-/linespilsanlæg forventes kun at få en relativ beskeden udbredelse. I svineproduktion vil det specielt blive stalde til drægtige søer og slagtesvin, der kan komme i betragtning. Her er ammoniakreduktionen anslået til 35-50 %.

Med skraber i kvægstalde og gulvseparatoring i gyllekanalen i svinestalde skønnes det, at det er det muligt at reducere ammoniaktabet med ca. 50%. Der er stor interesse for profilerede/rillede gulve med dræn og skraber, som kan forventes at få en vis udbredelse, men kun ved nye staldanlæg.

Det skønnes, at over 90% af svine- og fjerkræstalde i Danmark ventileres af mekaniske ventilationsanlæg, som blæser afkastningsluft gennem skorsten ud i det fri. Ammoniakreduktionspotentialet skønnes til op mod 80 %. En luftrenser, der kan rense afkastningsluften vil derfor være en effektiv teknisk løsning til reducere af ammoniakemission fra disse stalde. Derimod er kvægstalde typisk naturligt ventilerede, hvorfor det ikke er muligt at rense luften fra disse.

Skråttillede gyllekanaler med glatte sider bidrager til at reducere arealet af overfladen af den opsamlede gylle. Kombineres skråttillede gyllekanaler med hyppig skylning af kanalen reduceres den tid, gyllen er eksponeret i stalden og derved reduceres ammoniaktabet fra stalden. Reduktionsgraden ved daglig skylning vil afhænge af, hvor hyppigt kanalen skylles.

Det er væsentligt at fremhæve, at de nævnte anlæg endnu ikke ved afprøvning er undersøgt for processtabilitet, sideeffekter, etc. Derfor kan det i løbet af de kommende år vise sig, at nogle anlæg i høj grad vil blive anvendt og andre vil gå ud af markedet.

Lagre

Det er ved lovgivning pålagt husdyrproducenter at benytte forskellige teknologier til reduktion af ammoniakfordampning fra lagret gødning. Der produceres hovedsageligt gylle i Danmark og det vurderes, at det er mindre reduktioner i ammoniakfordampningen, der vil kunne realiseres ved at indføre yderligere teknologier til reduktion af ammoniakfordampning fra lagret gylle. Såfremt anvendelse af staldsystemer, der producerer fast staldgødning, vinder

frem, vil der være risiko for en øget fordampning fra lagret gødning, fordi ammoniaktabspotentialet denne type gødning er større end fra lagret gylle. Endvidere er de nuværende teknologier til reduktion af ammoniaktab fra fast staldgødning ikke så effektive som teknologierne til reduktion af ammoniaktab fra lagret gylle. For at reducere ammoniakemissionen fra lagret fast staldgødning pålægger lovgivningen landmanden at overdække gødningstakke, der ikke løbende tilføres gødning.

Der findes ikke målinger af tabet af næringsstoffer fra lagre af den faste fraktion fra separering af gylle. Denne fraktion omsættes helt forskelligt fra omsætningen af kendte faste gødningstyper. Det er vigtigt at notere, at dette forhold vil have indflydelse på ammoniakfordampning, denitrifikation og drivhusgasemission. Indtil mere information er bragt til veje antages det imidlertid, at ammoniaktab og denitrifikation fra den faste fraktion svarer til tabet fra dybstrøelse.

Gylleseparering

Separering overfører en del af husdyrgødningens næringsstoffer i en eller flere tørstof- og næringsstofrige fraktioner og en betydeligt større, næringsstoffattig væskefraktion. Derved kan der være et økonomisk incitament til at fjerne en stor andel næringsstoffer ved transport af den tørstofrige fraktion, og det enkelte brug kan derved afhængigt af teknologiens effektivitet delvis "afkoble" den lokale harmoni mellem husdyr- og planteproduktion.

En af fordelene ved at få adskilt kvælstof fra fosfor er, at de to næringsstoffer kan doseres på marken uafhængigt af hinanden i overensstemmelse med afgrødernes gødningsbehov. Set i et regionalt perspektiv, så kan behandlet husdyrgødning lettere flyttes fra oplande, der afvander til særligt sårbare vandområder til oplande, der afvander til mere robuste vandområder. Det bliver lettere at sikre, at markerne ikke fortsat overgødes med fosfor, hvilket ofte er tilfældet i dag. En anden fordel ved at få adskilt organisk bundet kvælstof i husdyrgødningen fra det direkte plantetilgængelige kvælstof er, at organisk bundet kvælstof på samme måde kan flyttes til oplande, der afvander til mere robuste vandområder. I oplandet til det særligt sårbare vandområde vil der således (fra de husdyrproduktioner, der er tilknyttet et anlæg) kunne blive udbragt direkte plantetilgængeligt kvælstof (svarende til handelsgødning), hvorved kvælstofudvaskningen vil blive mindre, end hvis der blev udbragt ubehandlet husdyrgødning.

Det forventes, at et stigende antal svineproducenter vil anvende lavteknologiske og højteknologiske gyllesepareringsløsninger. Udbygningshastigheden vil dog afhænge af flere faktorer. Med de nye love/bekendtgørelser, der allerede er kommet i løbet af 2002 er der på flere måder banet vej for en udbygning, hvor der bl.a. blev åbnet for dispensation fra landbrugslovens arealkrav, når der anvendes af gylleseparering. Der er imidlertid fortsat væsentlige barrierer som f.eks. høje omkostninger og manglende afsætning af produkterne fra separeringen. Endvidere kan det tænkes, at man med fodringsmæssige tiltag kan reducere fosforudledningen tilstrækkeligt, hvorved grundlaget for gylleseparering i væsentligt omfang fjernes.

Endvidere kan myndighedernes krav til hygiejnisering af husdyrgødningen betyde, at anlæggene bliver dyrere i drift. Dette vil give en komparativ fordel for visse af de højteknologiske anlæg og biogasanlæggene, hvor husdyrgødningen opvarmes og dermed lever op til hygiejniseringsreglerne.

Biogas

Biogasfællesanlæggets hovedfunktion er at producere energi, men samtidig recirkuleres organisk affald fra samfundet, der anvendes som gødning sammen med landbrugets egen husdyrgødning. En del af anlæggene omfatter hygiejniseringsstrin, hvor biomassen udsættes for 70 °C i en time eller tilsvarende. Denne behandling lever op til kravene om hygiejniserings i de regler som trådte i kraft den 1. maj 2003. For flere af de ældre anlæg vil det imidlertid formentlig være nødvendigt med investeringer for at kunne leve op til forordningen i forbindelse med håndtering af slagteriaffald. Under biogasprocessen sker der en mineralisering af organisk bundet kvælstof. Den afgassede biomasse er endvidere mere homogen, så den er lettere at håndtere, den kan deklarerer næringsstofmæssigt, hvorved den er lettere at afsætte til planteavlere eller andre, der har jord nok. Samlet set bidrager driften af anlæggene til en forbedret næringsstofudnyttelse.

Ved biogasanlæg opnås tillige en energiproduktion og en reduktion af drivhusgasser, smittekim og lugtgener. Sidstnævnte to fordele opnås også ved nogle af separeringsteknologierne.

De mest avancerede biogas-gyllesepareringsanlæg forventes der opnået en bedre udrådning af det organiske materiale, end det er muligt i traditionelle biogasanlæg. Den bedre udrådning opnås bl.a. ved procestrin, der direkte eller indirekte er en del af separeringsdelen af anlægget. Dette giver en højere energiproduktion. Det er her en af de væsentlige fordele ved at kombinere biogasanlæg og separation ligger.

El-afregningsvilkår for biogas som hidtil er en forudsætning for rentabel drift af anlæggene. Dette er sikret de næste 10 år som følge af et bredt forlig i Folketinget i foråret 2003.

Forgasning og pyrolyse

Ved separering af gylle eller ved kildeseparering i stalden produceres en fast, tørstofrig fraktion af gødning, der kan transporteres til landbrugsejendomme med behov for plantenæringsstoffer. Det har indtil nu ikke været muligt at få en ordentlig betaling for de næringsssalte, der bliver eksporteret i den faste fraktion. Årsagerne hertil kan være mange, men formentlig vil man kunne øge værdien ved en videreforarbejdning af gødningen til en mineralsk gødning.

En forarbejdning kan bestå i en reduktion af gødningens volumen og masse. Denne reduktion kan opnås ved at brænde det organiske materiale og udnytte asken som gødning. Ved traditionel afbrænding vil gødningens indhold af kvælstof gå tabt, derfor er det vigtigt at reducere kvælstofindholdet mest muligt før forbrændingen. Ved forgasning og pyrolyse, som er en proces der foregår under iltfrie forhold, vil kvælstoffet hovedsageligt blive udsendt som ammoniak, som efterfølgende kan tilbageholdes ved hjælp af en scrubber. Samtidig med at gødningens volumen reduceres, produceres energi.

Erfaringerne med forgasning og pyrolyse af gødning er få.

Vekselvirkninger

Effekten af et eller flere tiltag til begrænsning af N og P tab fra husdyrgødning bør beregnes for hele produktionssystemer. Ved en korrekt effektvurdering indgår de enheder som næringsstofferne passerer igennem fra fodring til udbringning i marken og optagelse i afgrøden. Koncentrationen af de forskellige former for næringsstoffer (for kvælstof, uorganisk og organisk form) samt randbetingelser som pH og tørstof bør indgå i vurderingen.

Man kan benytte enkle dynamiske modeller til beregning af effekten af forskellige tiltag til begrænsning af ammoniaktabet fra landbruget, hvor input til modellerne er fodring distribuering af N i organiske og uorganiske fraktioner samt gødningens pH og tørstofindhold. Ud fra den givne tidsramme har der imidlertid ikke været mulighed for at forfølge denne fremgangsmåde i rapporten.

Næringsstofbegrænsning - dyrevelfærd - arbejdsmiljø

Der er en stigende bevidsthed over for såvel dyre- og arbejdsmiljø som det omgivende miljø. I dag er der minimumskrav med hensyn til stiareal pr. dyr og til anvendelse af rodemateriale. Disse forhold som alle på én eller anden måde påvirker ammoniakfordampningen, vil utvivlsomt komme til at præge udviklingen også de nærmeste ti år.

På arbejdsmiljøområdet findes der regler om ventilation, lugt og sikkerhed i arbejdsrum. Det har betydning for valg af staldsystem.

I bestræbelserne på at reducere ammoniakemissionen fra landbruget er det vigtigt at inddrage en vurdering af sideeffekter ved de tiltag man benytter. Her kan nævnes effekter på dyrenes velfærd, arbejdsmiljø, drivhusgas-emission i form af lattergas, korrosion af installationer og maskiner etc.

Der kan således være konfliktende hensyn at tage i forbindelse med husdyrproduktionen. Løsdriftstalder med naturlig ventilation er godt for dyrevelfærden, men ikke for næringsstofbegrænsningen. Omvendt kan begrænsning af lugtgener af hensyn til arbejdsmiljøet gå hånd i hånd med begrænsning af næringsstofudledningen. Disse relationer er vigtige at holde sig for øje, når der skal træffes valg af teknologiske virkemidler i forbindelse med VMP III.

Afsluttende kommentar

I denne rapport er det forsøgt at finde frem til de teknologier, som i forhold til reduktionspotentiale og økonomi, er værd at satse på i fremtiden. En del af beregningerne og de værdier, som fremstilles i rapporten er behæftet med stor usikkerhed. Gruppen bag rapporten har imidlertid valgt at tage tallene med for at give det for nuværende bedste bud på fremtidens landbrugsteknologi inden for stald, lager, gylleseparering og biogas. Det er klart, at forudsætningerne for indførelse af ny teknologi på de enkelte bedrifter er meget forskellige. Derfor bliver der også tale om forskellige teknologivalg bedrifterne i mellem, hvis der skal opnås en optimal løsning.

1 Indledning

Som led i forberedelsen af Vandmiljøplan III er der nedsat 3 arbejdsgrupper under Fødevareministeriet og Miljøministeriet, som skal vurdere generelle landsdækkende og regionale virkemidler til regulering af kvælstof- og fosforbelastningen. Arbejdsgrupperne skal afdække, beskrive og analysere egnede modeller og instrumenter til regulering af den samlede miljøpåvirkning med næringsstoffer fra landbruget, og endvidere skal der præsenteres en fosforstrategi.

Til at bistå arbejdsgrupperne blev der nedsat en række undergrupper til at belyse udvalgte problemstillinger. En af disse er en vurdering af teknologiske muligheder for at nedbringe næringsstofbelastningen fra stald og lager. Gruppen blev nedsat i januar 2003 og bestod af

Anders Christiansen, Fødevareministeriets departement (fmd.)
Johannes Christensen, Fødevareøkonomisk Institut
Kurt Hjort-Gregersen, Fødevareøkonomisk Institut
Peder Kirk Iversen, Skov- og Naturstyrelsen
Sven G. Sommer, Danmarks JordbrugsForskning

Udover teknologiske muligheder til nedbringelse af næringsstofbelastningen fra stald og lager omhandler denne rapport også gylleseparering og biogas.

Rapporten er baseret på eksisterende litteratur og notater med opdateret viden og har forud for offentliggørelsen været til faglig høring blandt de ressourcepersoner, som har leveret notaterne (nævnt nedenfor).

Næringsstofftab fra stald og lager foregår primært som ammoniakfordampning. Derfor koncentrerer denne rapport sig om teknologier, som kan begrænse ammoniaktabet. Som et grundlag for ammoniakhandlingsplanen blev der i 1999 udarbejdet 4 rapporter:

1. Emission af ammoniak fra landbruget – status og kilder (DJF, DMU)
2. Teknologiske muligheder for reduktion af ammoniakfordampningen fra landbruget (DJF/DMU)
3. Natur- og miljøeffekter af ammoniak. Kvælstofbalancer i landbruget (DJF, DMU)
4. Økonomiske vurderinger af tiltag til reduktion ammoniakfordampningen fra landbruget (SJFI, DJF, DMU).

Nærværende rapport ”bygger oven på” rapporterne fra 1999. Oplysninger fra 1999-rapporterne medtages i det omfang, de vurderes at kunne bidrage til at give et så fuldstændigt billede af de teknologiske muligheder i dag som muligt.

Som et vigtigt bidrag til en opdateret rapport om teknologi har en række ressourcepersoner leveret notater, hvoraf de væsentligste oplysninger er gengivet i rapporten. Notaterne er i fuld længde vedlagt som bilag. Ressourcepersonerne er:

Torkild Birkmose, Dansk Landbrugsrådgivning
Arne Grønkjær Hansen, Dansk Landbrugsrådgivning
Martin N. Hansen, Danmarks JordbrugsForskning

Jørgen Hinge, Dansk Landbrugsrådgivning
Kurt Hjort-Gregersen, Fødevareøkonomisk Institut
Peter Kai, Danmarks JordbrugsForskning
Henrik B. Møller, Danmarks JordbrugsForskning
Poul Pedersen, Landsudvalget for Svin
Søren Pedersen, Danmarks JordbrugsForskning
Sven G. Sommer, Danmarks JordbrugsForskning
Hisamitsu Takai, Danmarks JordbrugsForskning

I notaterne er de enkelte teknologier beskrevet og ressourcepersonerne har forsøgt at estimere, i hvor høj grad den enkelte teknologi kan begrænse næringsstoffetabet. Der er endvidere givet et bud på den historiske udvikling og fremtidsudsigter. I enkelte notater er endvidere dilemmaet mellem næringsstoffbegrænsning, dyrevelfærd og arbejdsmiljø berørt.

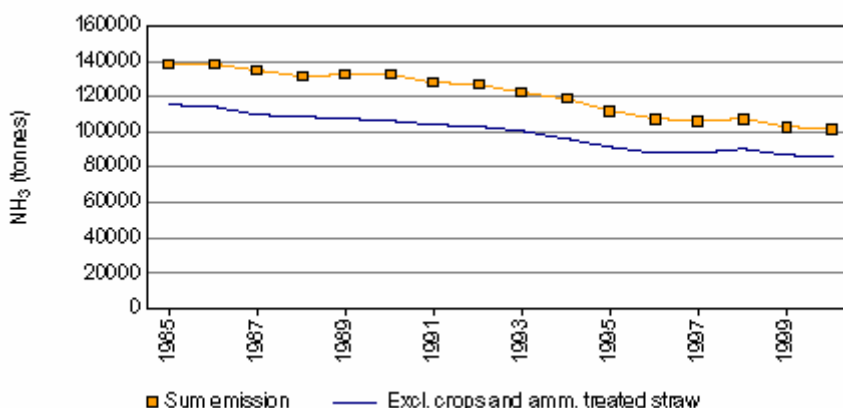
Af teknologigruppens projektbeskrivelse fremgår det, at gruppen skal se på et grund scenario og 1-2 udviklingsscenarier. I løbet af det sideløbende arbejde med kortlægningen af teknologier i teknologigruppen og arbejdet i scenarie-undergruppen er det fundet mest passende, at scenariediskussionen ikke foretages ikke i nærværende rapport, men i afrapporteringen fra scenarie-undergruppen.

2 Afgrænsning

Teknologigruppens arbejde drejer sig om teknologi inden for gårdanlægget, dvs. stald og lager. Næringsstoffhåndtering i marken varetages af andre undergrupper (henholdsvis kvælstof- og fosforundergrupperne). Ændring af kvælstof- og fosforindhold i foder som et virkemiddel beskrives særskilt af DJF. For så vidt angår gylleseparatoring og biogas, så håndteres både kvælstof og fosfor i teknologigruppen. Dog behandles selve anvendelsen af kvælstof- og fosforfraktioner i marken af hhv. kvælstof- og fosforundergrupperne. I rapporten er der i et vist omfang kort nævnt sideeffekter ved de forskellige teknologier i form af fx drivhusgasemissioner, transportaspekter, dyrevelfærd, lugtproblemer mv. Der er ikke tale om nogen systematisk gennemgang af disse og for så vidt angår en kvantificering af teknologiernes bidrag til begrænsning af drivhusgasemission henvises der til klima-undergruppens rapport.

3 Næringsstoffab fra stald og lager – opgørelse af ammoniakemission

I Europa reguleres den regionale luftforurening af en række protokoller under FN's konvention om langtransporteret, grænseoverskridende luftforurening. Formålet med den nye protokol – Gøteborg-protokollen - er at kontrollere og reducere emissionerne af SO₂, NO_x, NMVOC¹ og NH₃. For hvert land, der har tilsluttet sig protokollen, er der fastlagt emissionslofter. Loftet for ammoniakemission i Danmark i 2010 er 69.000 tons (Illerup et al. 2002). Det svarer til 56.800 tons NH₃-N.



Figur 3.1. Ammoniakemission i Danmark i perioden 1985-2000 (figur fra Illerup et al. 2002)

Figur 3.1. viser, at Danmark i 2001 havde en ammoniakemission på ca. 87.000 tons. Så der er stadig et stykke vej til at nå målet på de 69.000 tons i 2010.

98 % af ammoniakemissionen stammer fra landbruget. Ammoniakemissionen udgør ca. en tredjedel af det totale kvælstoftab fra landbruget. Den største andel kommer fra håndtering af husdyrgødning – svarende til ca. 80 % og omfatter hovedsageligt gødning fra kvæg og svin. Herudover stammer ammoniakemissionen fra handelsgødning, afgrøder, ammoniakbehandlet halm til foder og spildevandsslam udledt på landbrugsjord (Illerup et al., 2002). Der er også et vist ammoniaktab fra afgrøderne, som imidlertid ikke medregnes i forhold Gøteborg-protokollen. I 1999 blev emissionen fra afgrøderne opgjort til 11.200 tons (Andersen et al., 2001). Denne vurdering er dog på det seneste blevet stillet spørgsmålstegn ved, og det vurderes, at emissionen er noget lavere (Sommer et al., 2003)

Nærværende rapport beskæftiger sig udelukkende med husdyrgødningen i stald og lager. Antallet af dyr og stald- og lagersystem har betydning for omfanget af fordampningen. I 2000 udgjorde ammoniaktabet fra stalde og lagre 58% (hhv. 42% og 16%) af den samlede emission fra husdyrgødningen. De resterende 42% kom fra udbringning (38%) og græssende dyr (4%) (Illerup et al. 2002). Der er derfor god grund til at fokusere på, hvordan ammoniaktabet fra stald og lager kan nedbringes. I den forbindelse er det vigtigt at huske på, at jo mere ammoniaktabet begrænses i stald og lager jo større kan risikoen for ammoniaktab være ved udbringningen.

¹ Non-Methane Volatile Organic Compounds

I Danmark er der gennemført en række tiltag for at reducere ammoniakemissionen, hvilket er udmøntet i handlingsplanen for bæredygtigt landbrug, ammoniakhandlingsplanen og Vandmiljøplan I og II (Illerup et al., 2002).

DMU foretager årligt en opgørelse af den samlede danske ammoniakemission. Endvidere har DMU foretaget fremskrivninger til 2010 af den danske emission. Fremskrivningerne er fortrinsvis estimeret ud fra udviklingstendenserne de seneste ti år. Lovmæssige tiltag som forventes at medvirke til ændringer i den fremtidige landbrugsdrift, er ligeledes inddraget. Derimod er effekten af mulige fremtidige ammoniakreducerende tekniske foranstaltninger ikke inddraget.

I nærværende rapport vil der imidlertid blive givet bud på nye teknologiers bidrag til ammoniakreduktion. På grund af manglende erfaringer med den nye teknologi vil der være tale om meget grove estimater. Undergruppen har dog vurderet det væsentligt at medtage disse tal, fordi de kan bidrage til at give et så fuldstændigt billede som muligt af de virkemidler, som i sidste ende skal vælges i Vandmiljøplan III.

Faktaboks: BAT noter

Miljøbeskyttelsesloven pålægger den enkelte landmand i produktionen at anvende Bedste Tilgængelige Teknik således, at forureningen ud fra en samlet betragtning bliver mindst mulig (Eng: BAT = Best Available Techniques).

EU Kommissionen udsender løbende "BAT-reference documents" for forskellige sektorer (BREF-rapporter). I november 2002 udsendte Kommissionen en BREF-rapport for intensive svine- og fjerkræbrug. De nationale myndigheder er forpligtet til at sørge for, at de lokale godkendelsesmyndigheder følger med i eller underrettes om udviklingen inden for den bedste tilgængelige teknik.

Med udgangspunkt i Kommissionens BREF-rapport skal der foretages en vurdering af, hvad der kan betragtes som Bedste Tilgængelige Teknikker under danske produktionsforhold. Skov- og Naturstyrelsen har i den forbindelse kontaktet Dansk Landbrugsrådgivning mhp. en sådan vurdering, samt beskrivelse af bedste tilgængelige teknikker inden for landbruget. Styrelsen og rådgivningscenter har drøftet muligheden for at udvikle Dansk Landbrugsrådgivnings system for Byggeblade, således at byggebladene ud over at beskrive konstruktionsmæssige retningslinier også beskrive miljømæssig effekt og økonomiske omkostninger ved etablering og drift.

4 Kortlægning af teknologier

Reduktion af kvælstof gennem kæden *foder-stald-lager-udbringning* har betydning for, hvor meget ammoniak, der potentielt kan tabes i de efterfølgende led. I denne rapport ses på reduktionsmulighederne i stald, lager og ved gylleseparering og biogasbehandling.

4.1 Stald

Ammoniak udvikles fra ajle og fæces, udskilt fra dyrene. En del ammoniak fordampes fra gødningsdækkede overflader i stalden. Fordampningskildestyrken er grundlæggende bestemt af mængden af ammoniumkvælstof, som udvikles primært i ajlen vel vidende, at der findes en mindre del ammoniumkvælstof i fæces, såvel som der findes en mindre del organisk kvælstof i ajlen. Ammoniakemission fra stalde er afhængig af ammoniakkoncentrationen i staldluften og den luftmængde, der forlader bygningen (Rom et al., 1999).

Staldsystemerne har været genstand for megen forskning med henblik på at reducere ammoniakfordampningen. Den grundlæggende tankegang er her, at arealer der er fugtige af urin og gødning skal begrænses mest muligt, såvel i staldrummet, som i gyllekanaler/-kummer. For at få så lidt ammoniakfordampning som muligt, gælder det om at have så tørre gulvflader som muligt, hvilket også harmonerer godt med ønsket om et godt dyremiljø.

Der findes forskellige tiltag til reduktion af ammoniakfordampningen, herunder:

1. Reducering (optimering) af proteinindholdet i foderet.
2. Tilsætning af additiver til foderet som begrænser ammoniakfordampningen.
3. Anvendelse af staldsystemer med lille potentiale for ammoniakfordampning.
4. Anvendelse af gødnings-/gyllehåndteringssystemer, med lille potentiale for ammoniakfordampning, herunder eksempelvis gyllekøling og tilsætning af additiver til gyllen.

1 og 2 beskrives i en særskilt DJF-gruppe, mens 3 og 4 beskrives i nærværende rapport. Her skal dog nævnes, at forbedring i foderudnyttelsen hovedsageligt reducerer udskillelsen af uorganisk kvælstof. Det vil – alt andet lige – medføre, at effekten af tiltag rettet mod den flydende gødning vil blive mindre målt i mængde efterhånden som foderudnyttelsen forbedres.

I denne rapport relateres ammoniakemissionen hovedsageligt til gødningens indhold af total kvælstof. Det ville have været ønskeligt at kunne beregne ammoniakfordampningen som funktion af ammoniumindholdet, men sådanne beregninger foreligger ikke. I fremtiden er det ønskeligt, at der udvikles modeller, hvor gyllens sammensætning i højere grad indgår i beregninger, dvs. ammoniumindhold, pH, temperatur mv. Et resultat heraf ville formentlig være, at ændret fodring og dermed ændret sammensætning af gødningen vil slå igennem på emissionsopgørelserne.

For at opnå væsentlig reduktion af ammoniakemission fra stalde er det ofte nødvendigt at inddrage flere af tiltagene samtidig. Det skal samtidig understreges, at effekter af forskellige reduktionstiltag ikke umiddelbart kan adderes, idet der kan forekomme vekselvirkninger, som kan reducere eller forstærke den samlede effekt (se også kapitel 5).

Der findes i praksis stor variation i ammoniakemission fra stald til stald også inden for samme dyreart og staldtype. De væsentligste årsager til dette er forskelle i staldd typer, indretning, dyreart og fodringsstrategier, staldklima (herunder ventilationsforhold), den menneskelige faktor (driftsledelse, adfærd og styring i relation til daglige funktioner i stalden).

Faktaboks: Staldtyper kvæg

Bindestald med riste	Traditionel kostald, hvor køerne står bundne i båse og med gødningsriste bagved
Sengestald med spaltegulv	Staldtypen, som gradvist har udkonkurreret bindestalden, hvor køerne færdes frit og kan vælge imellem at ligge i en bås, æde foder eller gå omkring
Dybstrøelse i hele arealet	En staldtype, der har været kendt siden tresserne, hvor køerne opholder sig på et 0,5 til 1,0 meter eller mere tykt lag strøelse/gødning, som regel af halm
Dybstrøelse + kort ædeplads	Begrænset areal med fast gulv langs lille ædeareal
Dybstrøelse + lang ædeplads	Stort areal med fast gulv langs stort ædeareal

Faktaboks: Staldtyper svin

Løbe- drægtighedsstalde, individuel opstaldning	Løbestalde, er stalde hvor løbningen foretages og hvor søerne opholder sig en måneds tid indtil de er erklæret drægtige, hvorefter de flyttes til drægtighedsstalden
Løbe- drægtighedsstalde, dybstrøelse med spaltegulv	Søer i løsdrift, med spaltegulv i gødningsarealer
Løbe- drægtighedsstalde, dybstrøelse med fast gulv	Søer i løsdrift, med fast gulv i gødningsarealer
Farestalde med kassestier og fuldspaltegulv	En ret kompakt sti, hvor søerne er fikserede og hvor hele gulvet er med riste/spaltegulv
Smågrise- og slagtesvinestalde med fuldspaltegulv	Staldtype, der er på vej ud, hvor hele gulvet er med spaltegulv
Smågrise- og slagtesvinestalde med drænet gulv + spaltegulv	Stalde med delvis drænet gulv med max. 10% åbning, samt spaltegulv
Smågrise- og slagtesvinest. med delvis spaltegulv	Stalde med delvis fast gulv og spaltegulv

Faktaboks: Staldtyper fjerkræ	
Skrabekyllinger	Staldtype , hvor kyllingerne går i dybstrøelse
Øko. slagtekyllinger, på friland	Opstaldningsform, hvor hønsene har adgang til udearealer
Æglæggerhuse , konsum, fritgående, gulvdrift + gødningskumme + udeareal	
Æglæggerhuse , øko. konsum, gulvdrift + udeareal	
Æglæggerhuse skrabe høner, gulvdrift og gødningskummer	
Æglæggerhuse, konsum, bure og gødningskælder	Hønsene opholder sig permanent i bure og hvor gødningen falder ned i en gødningskælder og lagres
Æglæggerhuse, konsum bure og bånd	Hønsene opholder sig permanent i bure, hvor gødningen fjernes regelmæssigt via et transportbånd
Æglæggerhuse, rugeæg (HPR), gulvdrift, gødningskumme	
Kalkuner (tunge), ænder og gæs	

Faktaboks: Staldtyper pelsdyr	
Minkbure med ophængt gødningsrende og ugentlig tømning	
Minkbure med grusbund	Gødningen lagres under burene over en periode

4.1.1 Kvælstoftab ved forskellige staldsystemer

Ammoniakemissionen fra stalde er internationalt belyst ved et stort antal enkeltprojekter. En status på dette område findes i DJF rapport nr. 36, 2001 med titlen Kvælstof, fosfor og kalium i husdyrgødning – normtal 2000 (Poulsen et al.). I tabel 4.1. er der givet et sammendrag af rapporten, med hensyn til ammoniakfordampningen fra forskellige opstaldningsformer, udtrykt som kvælstoftab i procent af total-N ab dyr. Det skal bemærkes, at opgørelsen af ammoniakemissioner foretages i relation til gødningens indhold af total-kvælstof.

Tabel 4.1. Kvælstoftab i procent af total-N ab dyr. Kilde: DJF rapport 36. (Poulsen et. al, 2001)

Staldtype	Kvælstoftab i procent af total-N ab dyr	Andel af gødningen, der falder i dybstrøelsen, %
KVÆG		
Bindestald med riste	3	
Sengestald med spaltegulv	6-8	
Dybstrøelse i hele arealet	6	
Dybstrøelse + kort ædeplads	6	
Dybstrøelse + lang ædeplads	7-8	60
SVIN		
Løbe- drægtighedsstalde, individuel opstaldning	16	
Løbe- drægtighedsstalde, dybstrøelse med spaltegulv	16	33
Løbe- drægtighedsstalde, dybstrøelse med fast gulv	19	33
Farestalde med kassestier og fuldspaltegulv	20	
Smågrise- og slagtesvinestalde med fuldspaltegulv	16	
Smågrise- og slagtesvinestalde med drænet gulv + spaltegulv.	14	
Smågrise- og slagtesvinest. Med delvis spaltegulv	12	
FJERKRÆ		
Skrabekyllinger	25	
Øko. Slagtekyllinger, på friland	25	
Æglæggerhuse , konsum, fritgående, gulvdrift + gødningskumme + udeareal	32	30
Æglæggerhuse , øko. konsum, gulvdrift + udeareal	25	90
Æglæggerhuse skrabehøner, gulvdrift og gødningskummer	35	33
Æglæggerhuse, konsum, bure og gødningskælder	12	
Æglæggerhuse, konsum bure og bånd	10	
Æglæggerhuse, rugeæg (HPR), gulvdrift, gødningskumme	30	67
Kalkuner (tunge), ænder og gæs	20	
PELSDYR		
Minkbure med ophængt gødningsrende og ugentlig tømning	50	
Minkbure med grusbund	75	

Det fremgår af tabel 4.1., at den hidtil mest udbredte staldtype for malkekvæg, nemlig bindestalden ligger med en ammoniakfordampning på det halve eller derunder, sammenlignet med sengestalde og dybstrøelsesstalde. Det ses også, at ammoniakfordampningen i procent af total-N ab dyr er dobbelt så stor for svin, som for kvæg. For fjerkræ er tabene endnu højere, bortset fra æglæggerhuse med bure. Det største tab forekommer ved pelsdyrproduktion. Groft set, så er ammoniakfordampningen fra *kvægstalde* (malkekvæg, slagtekvæg, kalve) cirka dobbelt så stor for stalde med spaltegulv, som fra stalde med fastgulv og strøelse. Set i sammenhæng med at bindestalde næsten helt er erstattet af sengestalde er der således en stor udfordring i at reducere ammoniakfordampningen fra stalde med spaltegulv.

For *svinestaldenes* vedkommende, er der ikke den samme forskel mellem strøede og ustrøede stalde, hvilket sandsynligvis kan forklares ved at stalde med spaltegulv til kalve og slagtekvæg har store fugtige gulvarealer, mens stalde med spaltegulve/riste i svinestalde har en mindre andel af gulvet, der er fugtigt.

I stalde med fastmøgssystemer (meget lidt brugt i dag) fjernes gødningen med skraberanlæg og det er her vigtigt, at der skræbes tit. Ved gyllesystemer handler det også om at få gødningen fjernet hurtigt og at reducere gylleoverfladens areal. En teknik, som man specielt har forsket i i Holland. Med henblik på at opnå bedst mulig luft i staldene anvendes der undertiden gulvudsugning, hvorved der bortventileres en del ammoniak fra gyllekanalen, som ellers i større eller mindre grad ville sive op i staldmiljøet. Der er således her en teknisk løsning, som på den ene side er positiv for dyrevelfærden, men negativ for miljøet.

For æglæggerhuse, er ammoniakfordampningen fra *høns* på gulv betydelig større end fra *høns* i bure. Med udviklingen, der går væk fra burhøns, bevirker det en kraftig opfordring til at udvikle nye systemer til gulvdrift. Her arbejder man dog imod naturen, idet ideen med gulvhøns er at give dem noget at beskæftige sig med, hvorved der rodes meget ammoniak op i staldmiljøet.

I relation til tabel 4.1. skal det også bemærkes, at der findes få målinger af ammoniaktab og denitrifikationstab fra dybstrøelsesstalde, og at tabene fra kvægstalde formodes ikke at være store. Fra svinestalde med dybstrøelse kan ammoniak- og denitrifikationstabene vise sig at være betydelige.

4.1.2 Udviklingen

Dette afsnit bygger på bilag 1 og "Teknologiske muligheder for reduktion af ammoniakfordampningen fra landbruget. Ammoniakfordampning – redegørelse nr. 2" (Rom et al. 1999))

Staldudformningen undergår til stadighed en udvikling under påvirkning af nye krav. I disse år bliver der således taget vidtgående hensyn til dyrenes rodebehov, enten ved anvendelse af halm eller andre rodematerialer. Anvendelse af halm er ikke blot et spørgsmål om staldens funktion, det har også indflydelse på hvilket gødningssystem, der kan anvendes.

4.1.2.1 Kvægstalde

Det er forbundet med stor usikkerhed at bestemme ammoniakemission fra kvægstalde, da de fleste stalde er udført med naturlig ventilation, hvor det er vanskeligt at bestemme luftskiftet i stalden. Der er ikke fundet staldudformninger eller håndteringssystemer af gødningen, der resulterer i væsentlig reduktion af ammoniakemission under alle forhold (Rom et al. 1999). Bindestalde med staldgødning og separat ajlefløb blev tidligere anvendt til 80-90% af alle malkekøer. Den faste gødning blev muget ud 1-2 gange dagligt. Emissionen var bemærkelsesværdig lav (Rom et al., 1999).

Senere blev grebningen erstattet af en gødningsrist over en gyllekanal. Samtidigt blev der skruet meget ned på anvendelsen af halmstrøelse, som ikke forliges ret godt med gødningsriste og gylleanlæg. Efterhånden har sengestaldene konkurreret bindestaldene ud, så vi i dag har en staldform med forholdsvis store gangarealer, som mere eller mindre er fugtige af gødning, med et deraf følgende stort potentiale for fordampning af ammoniak. Der er i samme periode også etableret et mindre antal dybstrøelsesstalde, som er karakteristisk ved en ret stor fordampning af ammoniak, da der ikke sker en daglig rensning, som i binde- og

sengestalde. Den fremtidige opstaldningsform for malkekøer ventes fortsat at ske i sengestalde.

På ungdyrområdet var det for nogle årtier siden almindeligt, at småkalve gik i halmstrøede bokse og ung- og slagtekvæg stod bundne i halmstrøede båse. Efterhånden blev denne opstaldningsform af arbejdsmæssige grunde helt fortrængt af spaltegulvsbokse med gyllesystemer uden anvendelse af strøelse. På grund af at opstaldning i spaltegulvsbokse ikke anses for dyrevenlig, er denne opstaldningsform på retur og vi vil sikkert igen se mere anvendelse af strøelse. Da spaltegulvsbokse ligesom sengestalde har store fugtige arealer, vil der også her være et stort potentiale for ammoniakfordampning.

Det skal bemærkes, at der i øjeblikket er stor interesse for at bygge mere åbne kvægstalde, hvilket kan resultere i større luftskifte omkring dyrene og sandsynligvis bedre luft i stalden. Af dyrevelfærdsmæssige årsager udformes sengebåse, så der kan anvendes moderat mængde af strøelse eller kunststofmætter i sengebåse. Men det er stadig uvist, hvilken betydning det vil få på ammoniakemission på langt sigt. Men det forventes, at staldtemperaturen i større grad vil følge udetemperaturen, og dermed er der grund til at antage, at emissionen vil reduceres som følge af lavere gulv- og gødningstemperatur (Rom et al., 1999).

4.1.2.2 Svinestalde

Svinestalde er almindeligvis mekanisk ventileret med mulighed for at måle ventilationsluftmængden. Derved kan ammoniakemissionen bestemmes relativt nøjagtigt (Rom et al., 1999).

Der sker en fortsat udvikling med hensyn til staldindretning, fodersammensætning mv. For 40 år siden var næsten alle svinestalde således indrettet med adskilt strøet leje og rensegang til fast møg samt tørfodring. Siden er belægningen og den daglige tilvækst øget væsentligt og det faste gulv i rensegangen blev erstattet med spaltegulv. Senere forsvandt stiopdelingen helt, og hele stien fik spaltegulv, halmen forsvandt helt eller delvist, og tørfodringen blev i mange tilfælde erstattet af vådfodring. I nogle perioder har vådfodring været mest populært, og i andre perioder har tørfodringsanlæg været de hyppigst anvendte. For nærværende udgør andelen af vådfodringsanlæg omkring 40%.

Sideløbende med slagtesvinestaldens udvikling har der i perioder været forsøgt med bl.a. torækkede kennelstalde med udeareal og zig-zag stalde med halmoverdækning over lejer, dvs. eksempler på stalde med to klimazoner. I dag er toklimastalde med naturlig ventilation igen blevet en aktuell løsning. Andre steder blev stalde med dybstrøelse taget i anvendelse. Dybstrøelsesstalden er karakteristisk ved, at det meste af den væske, der tilføres stalden med foder og vand, fordamper, da der praktisk taget ingen ajle-/gyllefløb er fra dybstrøelsesstalde. Alt sammen noget, der påvirker ammoniakfordampningen fra stalden.

Udviklingen på farestaldsområdet har ligeledes været omfattende - fra ret store halmstrøede farestier med en fravænningsalder på 10-12 uger til små stier med fuldt perforeret gulv uden strøelse med en fravænningsalder på under 6 uger. Nutidens farestier er nu igen indrettet med delvist fast gulv, ofte dækket med lidt strøelse. Efterhånden som fravænningsalderen blev lavere, opstod der her et specielt behov for en smågrisestald til 5-6 uger gamle grise, og der udvikledes specielle, kompakte smågrisestalde, hvor grisene var placeret i to-tre etager, med fuldperforeret gulv uden strøelse. Denne opstaldningsform er nu helt ude af billedet.

Udviklingen fortsætter og går nu i retning mod "Multi-site"-systemet, hvor smågriseproduktionen af smittemæssige årsager sker i en vis geografisk afstand fra slagtesvineproduktionen.

Slagtesvineproduktionen sker i de såkaldte FRATS-stalde (fra fravæning til slagtning). Ifølge prognoser fra de Danske Slagterier, ventes 40% af grisene i "Multi-site"-systemet at gå i FRATS stalde i 2005, og i 2010 forventes tallet at øges til hele 80%. Det vil sige, at den traditionelle smågrise-/ungsvinestald udgår, og at stien ventilations- og varmemæssigt skal kunne håndtere grise fra under 10 til over 100 kg.

Ved nybyggeri og renovering indrettes de fleste stalde i dag af dyrevelfærdsmæssige grunde med delvist spaltegulv med henblik på at anvende strøelse til grisene på lejearealet. Dette system rummer flere fordele. Der sker ikke kompostering i halmmåtten, og herved begrænses stoftabet (Pedersen 2003, pers. med). Og det forventes, at de selvflydende gyllesystemer i større udstrækning afløses af mekaniske udmugningsanlæg (Rom et al., 1999).

4.1.2.3 Fjerkræstalde

Det er vanskeligt at finde relevante data for tab fra fjerkræstalde. Det skyldes primært, at der kun findes få danske undersøgelser på området, og de fleste udenlandske undersøgelser repræsenterer staldsystemer, der ikke fuldt ud er sammenlignelige med danske forhold (Rom et al., 1999).

Potentialet for ammoniakfordampning i slagtekyllingestalde er stort, idet slagtekyllinger typisk produceres i stalde, hvor kyllingerne har mulighed for at rode i dybstrøelsen, der dækker hele staldarealet. Det samme er tilfældet for æglæggende høns på dybstrøelse, i modsætning til traditionelle æglæggerhuse med bure, hvor hønsene ikke har mulighed for at rode i gødningen. Udviklingen mod et mere dyrevenligt system med høns på gulv er således også en udvikling mod et større ammoniaktab på staldniveau.

4.1.2.4 Pelsdyrstalde

Minkproduktion sker for størstedelens vedkommende i torækkede åbne huse, hvor gødningen falder ned på et sandlag ofte kombineret med en gyllekumme. På grund af et højt proteinindhold i foderet og den specielle gødningshåndtering er der her en forholdsvis høj ammoniakfordampning. Mens minkene i tidligere udredninger kun indgår med et lille bidrag til den samlede ammoniakfordampning fra stalde, så viser en nærmere analyse, at minkene tæller op imod 10 % af den samlede fordampning. Potentialet i at nedsætte ammoniakfordampningen ligger først og fremmest i fuld implementering af gyllerender, hvorved ammoniakfordampningen ca. kan halveres i forhold til opsamling på jord. For ejendomme med store pelsdyrbesætninger (600 tæver eller flere) skal der inden udgangen af 2004 være indgivet ansøgning om godkendelse af et staldanlæg, hvor gødningen opsamles og føres til gødningsopbevaringsanlæg. En opfyldelse af dette krav vil som oftest bestå i etablering af gyllerender. For øvrige ejendomme med pelsdyr skal kravet være opfyldt inden udgangen af 2007.

4.1.2.5 Stalde til får og heste

Her foreligger meget få data, men da de ofte går i dybstrøelsesstalder forventes det, at de forhold, som er nævnt under strøelsesbaserede systemer til kvæg er implementerbare også for får og heste (Rom et al., 1999).

4.1.3 Teknologi til nedbringelse af ammoniakfordampning fra stalde

Dette afsnit bygger på bilag 2, 3, 4, 5, 6, 7 og rapporten "Teknologiske muligheder for reduktion af ammoniakfordampningen fra landbruget. Ammoniakfordampning – redegørelse nr. 2 (Rom et al. 1999)

4.1.3.1 Kvægstalde

Syretilsætning

Svovlsyrebehandling af gylle er en nyudviklet teknik baseret på tilsætning af svovlsyre til gyllen i fortanken samtidig med beluftning. Herved reduceres pH i gylle til ca. 5,5 fra et niveau på 7-7,5. Ved så lavt pH kan ammoniak stort set ikke fordampe, fordi ligevægten mellem ammonium og ammoniak i gyllen forskydes markant.

Systemet er i Danmark aktuelt under afprøvning i en enkelt kvægstald og de første ammoniakmålinger fra afprøvningsstaldene er meget lovende. Målinger i svinestalde viser en reduktion i ammoniakkoncentration mellem 70 og 80 pct. Det betyder i praksis, at der stort set ikke sker fordampning af ammoniak fra gylleoverflader. I kvægstalde er der mindst lige så store reduktioner ved tilsætning i ringkanalanlæg. Ringkanalsystemet er det mest udbredte ved kostalde og der er således et stort potentiale for at nedsætte emissionen fra kvæbrug med denne metode. Der er i dag omkring 1000 kvægstalde med ringkanaler.

Det forventes, at systemet vil få en meget stor udbredelse, som følge af den store reduktion i ammoniakfordampningen og den bedre udnyttelsesgrad i planteavl. Systemet er meget let at koble på eksisterende stalde, men udbredelsen her vil være afhængig af, om betonen kan holde til det. Der er teoretisk en risiko for at sulfat reagerer med stoffer i betonen, og der kan ske en udfældning af ettringit, som er meget ekspansiv (Rasmussen, 2003). I nye stalde kan dette imødegås ved at anvende lavalkali sulfatbestandig cement. Den fremtidige udbredelse vil derfor være afhængig af resultaterne af de igangværende forsøg.

Skrabere

I kvægstalde kan ammoniakfordampningen begrænses ved hyppigt at skrabe gyllen ud fra gødearealet. I modsætning til svin flytter kvæg sig for skraberens. Teknologien er primært aktuel i forhold til nye staldanlæg. Der findes på det danske marked følgende gulv/skrabesystemer til kvægstalde:

a. Profilerede/rillede gulve med dræn og skraber

Undersøgelser har vist, at gulvtypen kan reducere ammoniakemissionen med ca. 50 % i forhold til spaltegulve uden skraber. Gulvtypen har kun været etableret i en dansk stald over efterår og vinter. Der findes derfor kun målinger ved lave temperaturer (7-9 grader). Der forventes også en halvering af emissionen under danske forhold. Der er meget stor interesse for gulvet, og der forventes mange i de kommende år. Interessen skyldes, at gulvet har god hygiejne og skridsikkerhed, samtidig med, at det har en god chance for at opfylde myndighedernes krav til begrænsning af ammoniakfordampning i forbindelse med VVM-screeninger (Hansen, 2003, pers. med.).

b. Profileret gulv med fald og skraber

Denne staldindretning er undersøgt i Holland, og viser en halvering af emissionen fra gulve med fald mod midten af gangarealet. De hollandske undersøgelser er dog ikke foretaget på et præfabrikeret gulv, og man må derfor forvente varierende fald på gulvet. Præfabrikerede

danske gulve med fald må således forventes at have en emission, der ligger mindst 50 % under niveauet for en stald med ringkanal.

c. Asfaltgulv med skraber og dræn

På baggrund af FarmTesten udført af Danmarks JordbrugsForskning og Landskontoret for Bygninger og Maskiner og hollandske undersøgelser forventes en halvering af emissionen fra denne gulvtype i forhold til traditionelle stalde med ringkanalanlæg. Der findes meget få stalde af denne type i Danmark, men der er en stigende interesse for fastgulvsystemer og for dyrevelfærd, hvorfor systemet må forventes at blive mere udbredt.

Staldseparering

Staldseparering er alternativ til den igangværende udvikling inden for separering af gødning, hvor gylle er råstoffet. Ved staldseparering drejer det sig om at undgå, at fæces og urin blandes sammen med udvikling af lugt og ammoniak til følge.

Det vil være muligt at inddrage staldseparering i koncepter, hvor den faste fraktions høje energiindhold udnyttes. En god del af denne energi kan man hente ud af tørstoffet ved at producere biogas, brænde den faste fraktion i affaldsforbrændingsanlæg eller ved pyrolyse, dvs. en forgasning ved meget høj temperatur og uden ilt til stede.

Der findes så vidt vides ikke stalde med gylvseparering i Danmark. Fremtiden for disse anlæg vil afhænge af den teknologiske udvikling, lovgivningen og mulighederne for at sælge de næringsstofrige slutprodukter.

4.1.3.2 Svinestalde

Syretilsætning

Svovlsyrebehandling af svinegylle er principielt samme teknik som beskrevet for kvægstalde.

Systemet er i Danmark aktuelt under afprøvning i to svinestalde, og de første ammoniakmålinger fra afprøvningsstaldene er meget lovende. Målinger viser en reduktion i ammoniakkoncentration mellem 70 og 80 pct. Det betyder i praksis, at der stort set ikke sker fordampning af ammoniak fra gylleoverflader. Den ammoniakfordampning, der kan måles i de svovlsyrebehandlede sektioner stammer derfor fra tilsvinet spaltegulv, inventar og grise.

I en slagtesvinebesætning med delvist spaltegulv er systemet under indkøring. Det tyder foreløbigt på, at ammoniakfordampningen kan reduceres i størrelsesordenen 50-60 pct. Når reduktionen er relativt lavere ved delvist spaltegulv end ved drænet gulv skyldes det, at fordampningen fra gylleoverfladen samlet set udgør en relativ beskeden del sammenlignet med fordampningen fra tilsvinet fast gulv, spaltegulv, inventar og grise.

Der er indtil nu gennemført seks sæt lugtmålinger. Foreløbigt ser det ud til, at der højst opnås en beskeden reduktion i lugtemissionen. Det tyder således på, at reduktion i ammoniak og lugt desværre ikke følges ad. Desuden skal man være opmærksom på, at lugtniveauet eventuelt kan forværres i tilfælde af driftsstop.

Det har i nogle tilfælde vist sig vanskeligt at få gyllesystemet til at fungere. Det er især, hvis stalden er taget i brug, før svovlsyrebehandlingsanlægget sættes i gang. Gyllesystemets

udformning med returskylning vil blive ændret i kommende anlæg. Den endelige og funktionssikre løsning er endnu ikke færdigudviklet.

Svovlsyrebehandlingens indflydelse på holdbarheden af beton samt andet berørt inventar, er ligeledes et punkt, der undersøges. En surhedsgrad på 5,5 giver dog ikke problemer for betonen. Det er derimod det høje indhold af sulfat ioner, der eventuelt kan skade visse betontyper. Foreløbigt synes der ikke at være nogen påvirkning af de forskellige betontyper. Ind til videre anbefales det dog at anvende lav alkali cement, hvis man vil forberede sin nye stald til svovlsyrebehandlet gylle.

Svovlsyrebehandling af gylle i fortanken en helhedsløsning, der reducerer fordampningen af ammoniak fra både stald, lager og under udbringning. Desuden har indledende undersøgelser vist at der formentlig kan opnås en effektiv og relativ billig separering af den svovlsyrebehandlede gylle ved kemisk fældning. Aktuelt arbejdes der på at færdigudvikle den metode.

Med hensyn til fremtiden, så forventes det, at de førnævnte problemer med udskylning af gylle løses. I så fald forventes svovlsyrebehandlingen at få en betydelig udbredelse ved nyanlæg. Desuden vil kommende afprøvninger afklare, om systemet på relativ enkel vis kan etableres i eksisterende stalde eller ej. Hvis det viser sig muligt, vil systemet få en væsentlig hurtigere udbredelse, bl.a. fordi mange af de øvrige ammoniakreducerende tiltag ikke kan etableres i eksisterende stalde.

Forsuring af gylle kan også ske via fodringstiltag. Forsøgsresultater fra udlandet har vist, at erstatning af foderkridt med andre calcium-kilder kan reducere pH i urinen og dermed formindske ammoniakfordampningen med 30-50%. De nævnte fodringsmæssige ændringer kan dog have negativ indvirkning på svins syre-base balance, hvorfor dette forhold bør undersøges nærmere. Emnet er behandlet særskilt i "Notat om muligheder for at reducere husdyrgødningens indhold af kvælstof via fodringen" (VMP III notat).

Staldseparering

Staldseparering kan også anvendes i svineproduktionen. Målinger viser, at lugten er reduceret med ca. 50%, ved gulfseparering og udmugning af fæces og urin separat samt naturlig tørring af fæces.

Foreløbige eksperimenter har vist, at det i forbindelse med lufttørring er muligt at producere fast gødning med et tørstofindhold på godt 50 pct. med bæltssystemet - altså væsentligt højere end de ca. 35 pct. tørstof, der typisk opnås ved dekantercentrifugering af rå svinegylle. Se beskrivelse af dekantercentrifugering i afsnit 4.3.1.

Det vil være muligt at inddrage staldseparering i koncepter, hvor den faste fraktions høje energiindhold udnyttes. En god del af denne energi kan man hente ud af tørstoffet ved at producere biogas, brænde den faste fraktion i affaldsforbrændingsanlæg eller ved pyrolyse, dvs. en forgasning ved meget høj temperatur og uden ilt til stede.

Der findes så vidt vides ikke stalde med gulfseparering i Danmark. Fremtiden for disse anlæg vil afhænge af den teknologiske udvikling, lovgivningen og mulighederne for at sælge de næringsstoffrige slutprodukter.

Køling af gylle

En række undersøgelser har vist, at reduceret gylletemperatur reducerer ammoniak- og lugtemission. En lavere gylletemperatur kan opnås på flere måder, men de to mest oplagte er at vælge staldsystemer med lav staldtemperatur, der indirekte også sænker gylletemperaturen eller foretage en direkte køling af gyllen.

Køling kombineret med linespilsanlæg tegner lovende for så vidt angår reduktion af ammoniakfordampning. Ud fra de foreløbige resultater vurderes det, at der kan opnås en reduktion på 20-50 pct. i ammoniakfordampning sammenlignet med linespilsanlæg uden køling. Graden af køling vil i de fleste systemer dog blive bestemt ud fra varmebehovet. Den største reduktion må derfor forventes at blive i vinterperioden. Igangværende afprøvninger skal dog afklare variationen over året.

Systemet forventes kun at have effekt for fordampningen fra stalddrummet, idet gylletemperaturen i lageret i overvejende grad afhænger af udetemperaturen og ikke af den tilførte gylles temperatur.

Ind til videre findes der kun få stalde med nedstøbte køleslanger i gyllekanaler under linespilsanlæg, og den beskrevne metode med nedstøbning af køleslanger kombineret med skrabe-/linespilsanlæg forventes kun at få en relativ beskeden udbredelse. Dels kræves der relativt lange gyllekanaler for at linespilsanlæg er økonomisk favorable, dels kræves det, at varmen fra varmepumpen kan udnyttes og erstatte varme produceret med olie. Inden for svineproduktion vil det specielt blive stalde til drægtige søer og slagtesvin, der kan komme i betragtning.

Luftvasker/skrubber til rensning af staldblud for ammoniak

Det skønnes, at over 90% af svinestaldene i Danmark ventileres af mekaniske ventilationsanlæg, som blæser afkastningsluft gennem skorsten ud i det fri. En luftrenser, der kan rense afkastningsluften, vil derfor være en effektiv teknisk løsning til reducere af ammoniakemission fra disse stalde.

Anvendelse af luftvasker til rensning af staldblud for ammoniak er meget ny; men teknologien har længe været kendt og anvendt i industrien. I 2003 blev der introduceret to forskellige typer luftvaskere på det danske marked. Den ene type er et decentralt anlæg (syreskrubber), som kan installeres ved ventilationsskorsten. Foreløbige resultater fra undersøgelser tyder på at mere end 80% af ammoniak og op til 65% lugt i afkastningsluften kan fjernes. Den anden type er et centralt anlæg, hvortil ventilationsluften skal samles og renses biologisk. Foreløbige resultater fra undersøgelser tyder på, at ammoniak- og lugtkoncentrationer kan reduceres op til 80 %. Anlægget har også vist evne til at fjerne mere end 90 % af støvet i afgangsluften.

De seneste opgørelser viser, at det årlige kvælstoftab via afgangsluft fra svine- og fjerkræstalder udgør ca. 18.600 tons., hvilket er svarende til ca. 32% af det samlede kvælstoftab fra husdyrgødning. Hvis det skønnes forsigtigt, at en luftvasker har en gennemsnitlig effektivitet på 50%, vil kvælstoftab til det omgivende miljø nedsætte med $18.600 \times 0,9 \times 0,5 = 8.370$ tons om år. Kommercielle anlæg er ikke blevet afprøvet i praksis, så det er ikke muligt at beregne omkostninger og driftsstabilitet er ikke testet. Der er tekniske muligheder for at "vaske" ammoniak i afgangsluften fra stalde, men der findes endnu ikke et system, som har påvist driftsmæssige og økonomiske forhold over en længere periode. Der er behov for at belyse miljømæssige konsekvenser, både negative og positive, ved indføring af luftvasker i husdyrproduktionssystemet i Danmark. Endvidere bør systemer

med mere simple biofiltre undersøges. Disse systemer har en langt større udbredelse i udlandet, men etableres først og fremmest med henblik på reduktion af lugten, hvorimod effektiviteten overfor ammoniak er meget varierende og afhængig af filtermaterialet.

En negativ sideeffekt ved reduktionen i udsendelsen af ammoniakemission vil være en øget udsendelse af drivhusgasser, idet der vil være et øget energiforbrug til ventilation i svine- og fjerkræstalde, hvor ammoniakemissionen reduceres ved luftrensning

Andre tiltag

Udover de ovenfor nævnte teknologier arbejdes der også med en række tiltag, som kan reducere ammoniakfordampningen fra stalden. De ses i tabel 4.1a.

Tabel 4.1a. Teknik til reduktion af ammoniakfordampning fra svinestalde (Rom 2002)

Tiltag	Beskrivelse	Reduktion af ammoniakfordampning i %
Ændret udformning af spalter	Metal- eller plastriste	30 ^a
Ændret udformning af spalter	Trapezformede spaltebjælker med vandnæse	10-15 ^a
Ændret udformet gyllekanal	Skråtstillet kanalside med glat overflade	30 ^b
Ændret udformet gyllekanal	Skråtstillet kanalside med glat overflade og hyppig daglig skylning af kanal	30-50 ^b
Overbrusning	Køling af grise i varme perioder	? ^c
Udearealer	Lavere temperatur i stalden, stor andel afsætning af gylle i udeareal	? ^c

^a I forhold til 10 cm brede betonspaltebjælker.

^b I forhold til lodrette kanalsider

^c Der findes ikke målinger i disse systemer.

I tabel 4.1a er nævnt ændringer i gulvudformning fra betonbjælker med spalter mellem bjælkerne til riste af metal eller plastik eller bjælker med vandafvisende sider. Derved reduceres mængden af gylle, der tilbageholdes på gulvet, og gyllens eksponering til stalden med luftskifte reduceres. En reduktion i luftskiftet over gylleoverfladen vil reducere ammoniakfordampningen fra stalden.

Skråtstillede gyllekanaler med glatte sider bidrager til at reducere arealet af overfladen af den opsamlede gylle. Kanalsiderne skal være glatte så der ikke tilbageholdes gylle på siderne, da dette ville øge arealet med gylle, hvorfra ammoniak kan fordampe. Kombineres skråtstillede gyllekanaler med hyppig skylning af kanalen reduceres den tid, gyllen er eksponeret i stalden og derved reduceres ammoniaktabet fra stalden. Reduktionsgraden ved daglig skylning vil afhænge af, hvor hyppigt kanalen skylles.

For så vidt angår overbrusning, så er det et krav, at grisene skal overbruses i varme perioder. Overbrusningen vil køle stalden, hvilket vil reducere ammoniaktabet. Endvidere vil der, afhængigt af vandforbruget og valg af sprinklere, kunne ske en fortynding af gyllen; men det må forventes, at overbrusningen styres, så vandet fordampes fra dyr og gulv uden at blive opsamlet i gyllen, idet det er fordampningen, der bidrager til afkølingen.

I økologisk svinebrug udformes svinestalde med adgang til udearealer og søer går på friland. Åbninger til det fri vil bidrage til en reduceret lufttemperatur i stalden, hvilket vil reducere ammoniaktabet. Imidlertid forventes grisene især at afsætte fæces og urin i udearealerne, hvilket kan bidrage til en høj ammoniakemission, fordi det tilsmudsede areal er stort; men

emissionen vil i høj grad blive påvirket af klimaet, dvs. være højt om sommeren og lavt om vinteren. Der findes ikke målinger af ammoniakemissionen fra disse staldsystemer.

4.1.3.3 Fjerkræstalde

Luftvasker/skrubber til rensning af staldluft for ammoniak

Der henvises til teksten herom i afsnit 4.1.3.2 om svinestalde. Hertil kan tilføjes, at ved stalde til slagtekyllinger vil den biologiske luftrensning ikke være så velegnet som syreskrubere, fordi der er meget store forskelle i ventilationsgrad og emission gennem kyllingernes vækstperiode, samt tom-perioder, hvor bakterierne i filteret ikke tilføres næring.

4.1.4 Konklusion - stalde

Resultaterne fra de fleste undersøgelser af reduktion af ammoniaktab fra stalde er præsenteret som procentisk reduktion i emissionen i forhold til en reference. Desværre er der benyttet forskellige reference-situationer i undersøgelserne. Derfor er disse reduktioner her søgt omregnet til reduktion i tabet som pct. af total-N indholdet i gylle, idet der er refereret til ammoniaktabskoefficienter angivet i normtalsrapporten (Poulsen et al. 2001). I den seneste opgørelse af fordeling af produktion af husdyrgødning på forskellige typer af stalde blev benyttet gødningskategorierne gylle, dybstrøelse, fast staldgødning og ajle (Andersen et al. 1999) og staldsystemerne var opdelt på mange forskellige staldtyper.

Imidlertid er der i nærværende rapport alene identificeret teknologier, der bidrager til at reducere ammoniaktabet fra stalde, hvor gødningen opsamles i form af gylle, dvs. spaltegulvstalde eller stalde med drænedede gulve. Af normtalsrapporten (Poulsen et al. 2001) fremgår det, at ammoniaktabet fra fuldspaltegulve med svin er 16% af total N, delvist spaltegulv 12% og drænedede gulve 14% og i kvægstalde med spaltegulv og linespil 6% samt spaltegulv og ringkanal 8%. Undersøgelsen rapporteret i bilaget om forsuring af svinestalde (Bilag 5) antyder, at ammoniaktabet mest afhænger af forholdene i gyllekanalen, idet resultaterne fra de undersøgte stalde viser, at tabet fra drænedede gulve muligvis er lavere end tab fra delvist spaltegulv. Derfor er det, for at forenkle fremskrivningen af ammoniaktab ved anvendelse af disse teknologier, valgt at antage, at de i bilagene nævnte reduktioner i ammoniakemission kan omregnes til en reduktion i ammoniakemissionen fra eksisterende gylleproducerende staldtyper. Dvs. ammoniaktabet fra svinestalde er 14% og kvægstaldsystemer er 7% (Tabel 4.2). En reduktion på 50% i ammoniakemissionen fra en svinestald vil således medføre, at ammoniaktabet fra gyllen bliver 7%.

Tabel 4.2. Reduktion af ammoniaktab fra stalde

Teknik	Bi-lag nr.	Reduktion af ammoniaktab i pct. af ubehandlet	Ammoniaktab fra gødning % af total N	
			Reference stalde (Poulsen et al. 2001)	Stalde med teknologi
Forsuring i kvægstalde	3	75	7	2
Forsuring i svinestalde	5	60 ¹⁾	14	6
Skrabere i kvægstalde	2	50 ²⁾	7	4
Køling af gylle i svinestalde	6	35 ³⁾	14	9
Staldseparering	4	50 ⁴⁾	14	7
Luftvasker/skrubber til rensning af staldluft for ammoniak	7	80 ⁵⁾	§)	§)
Skråstillede gyllekanaler i svinestalde	-	30	14	10

- 1) Relativt til ammoniakfordampning fra drænet gulv, undersøgelsen viser, at ammoniaktabet fra en stald med delvist spaltegulv er større end fra en stald med drænet gulv.
- 2) Relativt til spaltegulv.
- 3) Nedstøbte køleslanger i gyllekanaler under linespilsanlæg relativt til gyllekanaler med linespilsanlæg uden køling.
- 4) Estimeret på baggrund af målinger i stalde med hyppig skrabning af gulv
- 5) Anvendes i stalde med mekanisk ventilationsanlæg
- §) Producerer en ny type gødning – luftvaskevand eller organisk materiale afhængigt af valg af luftvasker

Forsøg har vist, at forsuring af gylle i stald kan gennemføres i både kvæg- og svinestalde med kanaler under spaltegulv. Det bliver p.t. undersøgt, om beton i eksisterende stalde tager skade af sulfat i forsuret gylle. Tager betonen ikke skade, vil det være muligt at indføre teknologien i de fleste eksisterende kvægstalde med ringkanaler (1000 stalde i Danmark) og svinestalde med gyllekanaler. Derfor forventes anlægget at få en betydelig udbredelse. Kommende afprøvninger vil vise, om systemet på relativ enkel vis kan etableres i eksisterende stalde eller ej. Hvis det viser sig muligt, vil systemet få en væsentlig hurtigere udbredelse end andre teknologier, bl.a. fordi mange af de øvrige ammoniakreducerende tiltag ikke kan etableres i eksisterende stalde. Forsuring af gylle kan også ske via fodringstiltag. Fodringsmæssige ændringer kan dog have negativ indvirkning på svins syre-base balance, hvorfor dette forhold bør undersøges nærmere.

Den beskrevne metode med nedstøbning af køleslanger kombineret med skrabe-/linespilsanlæg forventes kun at få en relativ beskedent udbredelse. I svineproduktion vil det specielt blive stalde til drægtige søer og slagtesvin, der kan komme i betragtning. Med skraber i kvægstalde og gulvseparering i gyllekanalen i svinestalde er det muligt at reducere ammoniaktabet med ca. 50%. Reduktionen er skønnet. Der er stor interesse for profilerede/rillede gulve med dræn og skraber, som kan forventes at få en vis udbredelse, men kun ved nye staldanlæg.

Det skønnes, at over 90% af svine- og fjerkræstalde i Danmark ventileres af mekaniske ventilationsanlæg, som blæser afkastningsluft gennem skorsten ud i det fri. En luftrenser, der kan rense afkastningsluften vil derfor være en effektiv teknisk løsning til reducere af ammoniakemission fra disse stalde. Derimod er kvægstalde typisk naturligt ventilerede, hvorfor det ikke er muligt at rense luften fra disse.

Skråstillede gyllekanaler med glatte sider bidrager til at reducere arealet af overfladen af den opsamlede gylle. Kombineres skråstillede gyllekanaler med hyppig skylning af kanalen reduceres den tid, gyllen er eksponeret i stalden og derved reduceres ammoniaktabet fra stalden. Reduktionsgraden ved daglig skylning vil afhænge af, hvor hyppigt kanalen skylles.

For svin tænkes der også i systemer med overbrusning, adgang til udearealer og søer på friland, men der eksisterer ikke tal for ammoniakreduktion for disse tiltag.

Det skal bemærkes, at de nævnte anlæg endnu ikke ved afprøvning er undersøgt for processtabilitet, sideeffekter, etc. Derfor kan det i løbet af de kommende år vise sig, at nogle anlæg i høj grad vil blive anvendt og andre vil gå ud af markedet.

Der skal her igen gøres opmærksom på, at det ikke umiddelbart kan antages, at brug af de forskellige virkemidler er additive. Det vil kræve nøjere undersøgelser og opstilling af et modelapparat for kunne sige noget om dette.

Der skal gøres opmærksom på, at ammoniakemissionen relateres til gødningens indhold af total kvælstof. Det ville have været ønskeligt at kunne beregne ammoniakfordampningen som funktion af ammoniumindholdet, men sådanne beregninger foreligger ikke. I fremtiden er det ønskeligt, at der udvikles modeller, hvor gyllens sammensætning i højere grad indgår i beregninger, dvs. ammoniumindhold, pH, temperatur mv. Et resultat heraf ville formentlig være, at ændret fodring og dermed ændret sammensætning af gødningen vil slå igennem på emissionsopgørelserne.

Faktaboks: Konklusioner fra ammoniakredegørelsen fra 1999

For overskuelighedens skyld medtages her sammenfatningerne/konklusionen fra forarbejderne fra 1999 til ammoniakhandlingsplanen (Rom et al. 1999):

Kvægstalde

Nogle af de mest betydende metoder i *eksisterende stalde* er optimal justering af ventilationen, god staldhygiejne, minimering af luftskiftet i gyllekanalerne og hyppig og effektiv tømning af gyllekanalerne.

I forbindelse med *renovering eller nybygning* findes enkelte metoder, der forventes at have reducerende effekt. Nogle af de mest effektive tekniske muligheder for reduktion af ammoniakemission fra sengestalde til kvæg er riflet gulv og hyppig skrabning af gulvoverfladen, hyppig udslusning og smudsafvisende overflader, vindnet og minimering af luftstrøm i kanaler m.m.

Svinestalde

I *eksisterende bygninger* vil optimal justering af ventilationsanlægget, montering af vindafvisere eller vindnet, lav rumtemperatur, etablering af køleelementer i gylleoverfladen, god staldhygiejne, hyppig og effektiv tømning af gyllekanalerne, samt minimering af luftskiftet i gyllekanalerne medvirke til at holde emissionen så lav som muligt.

Ved *renovering og nybyggeri* findes flere metoder til reduktion af emissionen. Heraf skal nævnes: reduceret emissionsareal og smudsafvisende overflader, reduktion af gylletemperatur, flere daglige tømninger af gyllekanalerne og delvist spaltegulv med betonspalter.

Fjerkræstalde

I *eksisterende stalde* kan unødigt emission undgås ved god justering af ventilationsanlægget, montering af vindafvisere og ved hyppig udmugning.

Et af de mest effektive systemer ved *nybygning og renovering* vil være tørring kombineret med hyppig udmugning. Derudover vil hensigtsmæssig udformning og vedligeholdelse af drikkevandsforsyning bidrage til at minimere emissionen.

Pelsdyrstalde

I *eksisterende anlæg* med gødningsrender kan emissionen reduceres ved tømning af gødningsrenderne flere gange dagligt.

Ved *renovering og nybyggeri* vil montering af gødningsrender eventuelt kombineret med tømning af renderne flere gange dagligt, bidrage til en betydelig reduktion af ammoniakfordampningen i forhold til nuværende praksis.

Generelt

Metoder til reduktion af ammoniakemissionen fra *eksisterende stalde* er primært koncentreret omkring ventilationssystemet. Optimal justering kombineret med beskyttelse imod utilsigtet høje vindhastigheder i stalden som følge af ydre vindpåvirkning vil bidrage til at holde emissionen nede. Desuden vil god staldhygiejne, hyppig og effektiv udmugning også reducere emissionen fra stalden. Totaleffekt af de nævnte tiltag skønnes maksimalt at kunne reducere emissionen med 10%.

4.2 Lager

4.2.1 Udviklingen

Husdyrgødning har forskellig form og sammensætning afhængigt af typen af staldsystem og af en eventuel efterbehandling, se faktaboks nedenfor. Der er siden midten af forrige århundrede sket stor forskydning i mængden af de forskellige typer af husdyrgødning, der håndteres i dansk landbrug.

Før midten af forrige århundrede blev gødningen hovedsagligt håndteret som fast staldgødning og ajle samt dybstrøelse. Gyllehåndteringssystemer blev indført i 1960-1970erne og i slutningen af 1980erne blev ca. 60 % af husdyrgødningen i Danmark håndteret som gylle og i dag håndteres 80% af husdyrgødningen som gylle. Indtil slutningen af 1980erne blev

ammoniakfordampning fra gyllebeholdere ikke opfattet som et problem og udover de flydelag, der dannedes naturligt, blev der ikke gjort en indsats for at reducere ammoniaktabet fra lagret gylle.

Faktaboks: Gødningstyper	
Gylle	Gylle er en pumpbar blanding af fæces, urin, vand og strå, der falder gennem spaltegulvet og opsamles i gyllekanaler.
Staldgødning	Fast staldgødning består af en blanding af strøelse, fæces og urin. Staldgødning opsamles i en grebning eller andet gødeareal med fast gulv og bliver derfra bragt på lager.
Ajle	Ajle er en blanding af urin, opløst fæces, spildt drikkevand og vaskevand, opsamlet i stalde med fast gødeareal og separat ajleafløb.
Dybstrøelse	Dybstrøelse er et fast materiale, der består af strøelse, hvori fæces, urin og vand er blevet opsamlet. Det antages, at strøelsesmængden normalt er tilstrækkelig til, at der ikke er afløb af urin fra stalden.
Fast fiberfraktion (Humus)	Producers ved separering af gylle til en næringsstof- og fiberrig fraktion og en næringsstoffattig væskefraktion

Før indførslen af spaltegulvsstalde og gyllesystemer blev husdyrgødning som nævnt håndteret som fast gødning og ajle. I 1988 blev det på baggrund af en omnibusundersøgelse ved Lassen (1991) estimeret, at 20% af den samlede gødnings-N mængde blev håndteret som ajle og fast staldgødning (Sommer 1994). Denne mængde er faldet meget med etablering af nye staldsystemer og Poulsen et al. (2001) har beregnet, at der som fast staldgødning og ajle håndteres henholdsvis 5 % og 4 % af den samlede mængde kvælstof i husdyrgødning. Hovedparten af den producerede ajle formodes i dag at blive overført til gyllebeholdere. Det forventes, at de traditionelle systemer med grebning og produktion af ajle vil forsvinde fremover. Imidlertid er det muligt, at staldsystemer med separering af gødningen i stalden vinder indpas, og det vil medføre, at man igen vil skulle håndtere en urinfraktion iblandet lidt opløst fæces. Evt. vil urinfraktionen blive forarbejdet til et fast produkt ved tørring eller udfældning.

Dybstrøelse udgør i dag ca. 17% af husdyrgødningen. Ca. 3 % af svinegødningen håndteres som dybstrøelse og 20 % af kvæggødningen (Poulsen et al., 2001). Man har tidligere forventet en stigning i udbredelsen af staldsystemer baseret på dybstrøelse, idet forbrugere i stigende grad efterspørger produkter fra dyrevenlige produktionssystemer. Dette sammenholdt med, at det er bekosteligt at anvende store halmmængder, gør, at tendensen går mod nye staldsystemer til svin med lavt strøelsesforbrug, hvilket antageligt vil medføre, at der ikke vil ske en stigning i mængderne af dybstrøelse.

Faktaboks: Lovkrav til lagring af husdyrgødning

Bekendtgørelse om erhvervsmæssigt dyrehold, husdyrgødning, ensilage m.v. og bekendtgørelse om pelsdyrfarme m.v. begge af 15. juli 2002 indeholder bestemmelser for lagring af husdyrgødning.

For *fast gødning* gælder, at det enten skal opbevares i container eller indrettes således, at overfaldevand fra omliggende arealer og tage ikke kan løbe ind på møddingarealet. Møddingsaft skal bortledes gennem dertil indrettede afløb. Lagre af fast gødning uden daglig tilførsel skal overdækkes med kompostdug eller lufttæt materiale straks efter udlægning. Møddingens sidebegrænsning skal bestå af en 1 m høj mur eller en 2 m bred randbelægning. Der skal være fast bund. Kompost med stort tørstofindhold må oplagres i marken, såfremt oplaget er overdækket med kompostdug eller lufttæt materiale.

For *ensilage* gælder, at det skal opbevares på ensilageplads eller i ensilagesilo. Pladserne skal opfylde krav, svarende til bestemmelserne for møddinger med randbelægning.

For *flydende husdyrgødning, ensilagesaft og spildevand* gælder, at beholderne skal være lavet af bestandige og for fugt uigennemtrængelige materialer. Beholderne skal være forsynet med fast overdækning i form af flydedug, teltoverdækning eller lignende. Dette kan dog undlades, hvis der etableres en tæt overdækning, f.eks. i form af naturligt flydelag, eller anden tæt overdækning. Landmanden skal i sådanne tilfælde mindst én gang om måneden føre optegnelser i en logbog om tilstanden og tætheden af flydelaget eller anden tæt overdækning.

For *pelsdyrhaller* gælder, at for ejendomme med store besætninger (600 tæver eller flere) skal der inden udgangen af 2004 være indgivet ansøgning om godkendelse af et staldanlæg, hvor gødningen opsamles og føres til gødningsopbevaringsanlæg. En opfyldelse af dette krav vil som oftest bestå i etablering af gyllerender. For øvrige ejendomme med pelsdyr skal kravet være opfyldt inden udgangen af 2007. Der skal renses i, under omkring burene mindst én gang om ugen. I pelsdyrhaller, hvor kravet om gødningsopsamling ikke er opfyldt, skal der under burene udlægges et mindst 10 cm tykt lag sand eller grus, som skal udskiftes mindst én gang årligt. For opbevaring af gødningen på møddingplads skal ske i overensstemmelse med husdyrgødningsbekendtgørelsen. I særlige tilfælde kan det kræves, at møddingen lagres på marken og der opstilles særlige vilkår herfor.

4.2.2 Teknologi til nedbringelse af ammoniakfordampning fra lagre

(Dette afsnit bygger på bilag 13, 14, og 15)

Gylle

Fra 1990'erne har lagret gylle skullet have en overdækning i form af flydelag, telte eller lignende. En undersøgelse af gyllelagre offentliggjort i 2000 (COWI 2000) viser, at naturligt flydelag p.t. er den altovervejende overdækningstype for alle typer ejendomme med besætninger. Den eneste anden type overdækning, der spiller en nævneværdig rolle, er spagnum, halm eller lecasten på svinebrug. Dette kan skyldes, at gødning fra svinestalde har et lavt tørstofindhold, hvilket reducerer dannelsen af naturligt flydelag. Kvæggylle indeholder som regel strå fra strøelse og foder. Dette bevirker, at der på hovedparten af kvægbrug er dækkende flydelag på gyllen. Nævnte undersøgelse viste også, at husdyrgødningsbekendtgørelsens krav om overdækning ikke var opfyldt på flere ejendomme. Som følge heraf blev kravene til overdækning strammet i en ny bekendtgørelse (se ovenfor).

I forhold til undersøgelsen i 2000 er problemerne med overdækningen på svinebrug halveret. Dette gælder både, hvis man ser på andelen af beholdere med under 81 % overdækning, og hvis man ser på andelen af beholdere med under 20 % overdækning. Det samlede udækkede areal på landets gyllebeholdere på svinebrug faldt fra 22 % af overfladen i 2000 til 11 % i 2001. For kvægbrug er der ikke sket nogen betydelige ændring i overdækningen fra 2000 til 2001.

Faktaboks: Status for overholdelse af kravene til overdækning af beholdere med flydende husdyrgødning

I 2001 blev tilsyn med opbevaring af flydende husdyrgødning udvalgt som årets tilsynstema i kommunerne. 233 kommuner gennemførte derfor helt eller delvist en undersøgelse af overdækning af beholdere med flydende husdyrgødning i 2001. Ifølge denne undersøgelse fra 2001 havde 61 % af svinebrugene og 77 % af kvægbrugene 100 % overdækning på deres beholdere, og 24 % af svinebrugene og 16 % af kvægbrugene havde mellem 81-99 % overdækning. 15 % af svinebrugene og 7 % af kvægbrugene havde under 81 % overdækning, hvoraf 4 % af svinebrugene og 2 % af kvægbrugene havde under 20 % overdækning. Undersøgelsen viste også, at mange kommuner betragtede overdækning på 95-99 % som tilstrækkeligt, bl.a. ud fra den betragtning at der ofte ved indløbet er et udækket areal. Det er af Skov- og Naturstyrelsen i 2003 blevet præciseret, at der er krav om 100 % overdækning, men at der kan accepteres op til 3 m² ved indløbet uden overdækning. Ud fra denne betragtning er det vanskeligt at vurdere, hvor mange af brugene med mellem 81-99 % overdækning, der havde en tilstrækkelig overdækning.

Kommunernes fokus på beholdere med flydende husdyrgødning betød også, at utilfredsstillende forhold blev håndhævet forholdsvis ofte. Der blev i 2001 udført 11730 tilsyn på husdyrbrug excl. pelsdyrfarme. Ved ca. 13 % af tilsynene blev medførte forholdene omkring gødningsbeholderne en reaktion i form af f.eks. en henstilling, indskærpelse eller politianmeldelse, hvilket omtrent svarer til andelen af beholdere med under 81 % overdækning.

Et af tiltagene til reduktion af ammoniakfordampning fra gyllebeholdere er at begrænse luftstrømningerne lige over gyllen. De teknologiske muligheder for reduktion af ammoniakfordampning fra lagret gylle, hvor transporten i luften hæmmes, er som følger (Tabel 4.3.).

Tabel 4.3. Faktorer for ammoniakfordampning for gylle og ajle under lagring ab stald (Poulsen et al. 2001).
Anm. Det antages at gylletanken er 4 m dyb.

Husdyrtype	Gødning	Fordampningsfaktor	
		NH ₃ -N tab i pct. af NH ₄ -N ab stald	NH ₃ -N tab i pct. af total-N ab stald
Svin	Teltkonstruktion, betonlåg el. lign	1	1
	Gylle med flydelag el. lign.	3± 1	2± 1
	Gylle uden flydelag	15± 5	9± 5
Kvæg	Teltkonstruktion, betonlåg el. lign	1	1
	Gylle med flydelag el. lign.	2± 1	2± 1
	Gylle uden flydelag	9± 3	6± 3
Afgasset gylle	Teltkonstruktion, betonlåg el. lign	1	1
	Gylle med flydelag el. lign.	6± 2	4± 2
	Gylle uden flydelag	28± 5	21± 5

Da gylle lagres iltfrit, sker der ikke dannelse af lattergas (drivhusgas) eller frit kvælstof. Beluftes gyllen eksempelvis for at reducere lugtgener vil der opstå risiko for emission af lattergas og denitrifikationsproduktet frit kvælstof.

Ajle

I ældre stalde bliver fast gødning opsamlet i grebningen bag dyrene og derfra bragt på lager. Urin, vaskevand, spildt vaskevand, opløst fæces og lidt strå udledes gennem afløb fra grebningen og bliver opsamlet i en ajlebeholder.

Det har i mange år været et krav, at ajle skal opbevares i en beholder med fast låg, typisk et betonlåg med udluftning til metangasser. Imidlertid er det også muligt at begrænse ammoniakfordampning med de samme tiltag, som benyttes til begrænsning af ammoniakfordampningen fra lagret gylle (Tabel 4.4.).

Tabel 4.4. Faktorer for ammoniakfordampning for ajle under lagring af stald. Det er vurderet, at der ikke sker denitrifikation fra lagre indeholdende flydende gødninger.

Husdyrtype	Gødning	Fordampningsfaktor	
		NH ₃ -N i pct. af NH ₄ -N ab stald	NH ₃ -N i pct. af total-N ab stald
Ajle	Ajle med låg	2± 1	2± 1
	Ajle overdækket med halm el. lign	6± 2	6± 2
	Ajle uden overdækning	30± 5	30± 5

Fast husdyrgødning

Fast husdyrgødning opdeles normalt i staldgødning og dybstrøelse (og evt. den faste fraktion, der opstår i forbindelse med gylleseparering), idet opbevaringen, næringsstofindholdet og lagringstab af de forskellige typer er væsentligt forskelligt (Tabel 4.5.). Tallene skal dog tages med forbehold, idet de bygger på få målinger.

Fra lagre af fast husdyrgødning kan kvælstof gå tabt ved udsendelse til atmosfæren som ammoniak eller som lattergas eller frit kvælstof. Udvaskning af kvælstof og fosfor kan også medføre tab af næringsstoffer til omgivelserne (Tabel 4.6.).

Fast svinegødning og dybstrøelse er porøse materialer, der komposterer, hvilket øger temperaturen og fremmer ammoniakfordampningen. Fra lagre af fast *svinegødning* er der således målt tab på ca. 2,5 kg NH₃-N pr. tons gødning svarende til 25% af det totale kvælstofindhold i gødningen, og fra dybstrøelse er der målt tilsvarende tab af ammoniak. Staldgødning fra *kvæg* er typisk et relativt klægt materiale, der næsten flyder ud under lagring og som følge heraf er muligheden for kompostering i lagret kvæggødning ringe. Ammoniakfordampningen fra lagre af fast kvæggødning er i en enkelt undersøgelse målt til mellem 0,2-0,3 kg NH₃-N pr. tons gødning svarende til 5% af det totale kvælstofindhold. Nye engelske undersøgelser viser, at tabet af ammoniak fra lagret dybstrøelse kan være lavt, det har ikke været muligt at afgøre, hvorfor de engelske tab er lave, men strøelsesniveau og stakkens størrelse kan være medvirkende årsager.

Der foreligger ikke veldokumenterede undersøgelser af ammoniakfordampningen ved lagring af *fjerkrægødning*. Estimerne givet i tabel 4.5. er således grove skøn. Det samme gør sig gældende for heste, får og pelsdyr.

I forbindelse med separering af gylle produceres en fast fiberfraktion. Såfremt separeringen giver en fast fraktion med mere end ca. 20-30 % tørstof er det sandsynligt, at denne fraktion vil begynde at kompostere. Derved vil en væsentlig andel af gødningens ammoniumindhold fordampe som ammoniak og en betydelig del af det organiske tørstof vil blive omsat til kuldioxid og i en vis grad til metan. Det antages, at ammoniakemissionen svarer til ammoniaktabet ved lagring af dybstrøelse fra kvæg- og svinestalde (Tabel 4.5.).

Tabel 4.5. Emissionsfaktorer for fast staldgødning og dybstrøelse under lagring i mere end 100 dage ab stald.

Husdyrtype	Gødning	Emissionsfaktor NH ₃ -N i pct. af total-N ab stald	Denitrifikation i pct. af total-N ab stald	Total N tab i pct. af total-N ab stald
Kvæg	Fast staldgødning	5 ± 5	10	15
	Dybstrøelse	25 ± 10	5	30
Svin	Fast staldgødning	25 ± 10	15	40
	Dybstrøelse	25 ± 10	15	40
Søer	Dybstrøelse	25 ± 10	15	40
Høns	Fjerkrægødning	5	?	15?
	Dybstrøelse	10	?	10?
Slagtekyllinger, ænder og kalkuner	Dybstrøelse	15	?	25?
Heste og får	Dybstrøelse	5	?	15?
Pelsdyr	Fast staldgødning	15	?	25?

Anm. Bemærk at en del fast gødning køres direkte i marken

Faktaboks: Status for overholdelse af kravene til overdækning af markstakke

Vedrørende overdækningen af markstakke med kompost eller kompostlignende dybstrøelse er der ikke foretaget lignende systematiske undersøgelser af status vedrørende overdækningen som for flydende husdyrgødning. Ifølge husdyrgødningsbekendtgørelsen skal markstakken være overdækket, hvilket ifølge vejledning nr. 7/1993 fra Miljøstyrelsen f.eks. kan føres med halm. Det er Skov- og Naturstyrelsens indtryk, at kvaliteten af denne overdækning med f.eks. halm er af meget svingende kvalitet.

Ud af de i faktaboksen ovenfor nævnte 11.730 tilsyn medførte forholdene omkring oplag af "kompost" i marken en reaktion ved 4 % af tilsynene f.eks. i form af en henstilling, indskærpelse eller politianmeldelse. Dette skal ses i forhold til at de fleste kvægbrug har dybstrøelse i større eller mindre omfang, da kalve under 6 måneder går på dybstrøelse, mens kun ca. 10 % af svinebrugene har staldsystemer, som giver dybstrøelse.

Reduktion af ammoniaktab fra fast gødning

Kun ved et godt luftskifte i lagre af fast staldgødning vil der blive produceret varme og temperaturen vil stige (kompostering). Ved at reducere luftskiftet sænkes komposteringsaktiviteten, hvilket vil mindske tabet af ammoniak fra stakken. Luftbevægelsen gennem stakken kan begrænses ved komprimering og overdækning. Effekten af komprimering afhænger af, hvor meget luftbevægelsen kan reduceres. Komprimering fra 450 til 700 kg m⁻³ reducerer ammoniaktabet fra 27% til 5% af total-N og komprimering fra en vægtfylde på 400 kg m⁻³ til en vægtfylde på 490 kg m⁻³ kan reducere ammoniakfordampningen fra ca. 30% til 15% af total-N.

Alternativt til komprimering kan overdækning med presenning eller kompostdug begrænse luftskiftet og derved reducere ammoniaktabet til ca. 50 % af tabet fra udækket komposterende dybstrøelse. Effektiv reduktion af ammoniakfordampningen kræver dog, at overdækningen udføres effektivt og at overdækningen finder sted straks efter lageret er etableret.

Kompostering af den faste fiberfraktion kan udnyttes til at reducere gødningens indhold af ammoniak. Udføres komposteringen i et lukket rum kan den fordampede ammoniak

opsamles ved scrubning (se afsnit 4.1.3.2.). Alternativt kan fiberfraktionen komposteres i en beholder med omrøring og lufttilførsel, og med en ammoniakscrubber til at fange ammoniakken i afgangsluften. For at undgå produktion af store mængder metan er det vigtigt, at komposteringen styres ved at tilføre gødningen tilstrækkeligt med ilt.

Der er også udviklet en såkaldt ”muldvarp” til udmugning af fast staldgødning til bunden af møgstakken. Denne teknik begrænser ammoniakfordampningen fra lagret gødning. Såfremt staldseparation bliver interessant eller man med skrabere producerer en fast fraktion og en væskefraktion kan denne teknologi blive en af de metoder, hvormed ammoniaktabet fra lagre af fast staldgødning kan reduceres. Der er imidlertid dårlige erfaringer med systemet, fordi skruen, der fremfører gødningen under gødningsstakken, stopper til. Metoden kan ikke benyttes til dybstrøelse, der bliver en meget fast måtte, der ikke kan transporteres ud til lager med en ”muldvarp”.

Herudover er det vanskeligt at udstikke vejledninger for alternative muligheder til reduktion af ammoniaktab fra både stalde, hvor gødning opsamles som fast staldgødning og lagre af fast staldgødning, idet der er behov for flere undersøgelser. For stalde foreligger der meget få undersøgelser og for lagre er undersøgelserne ofte gennemført i lille skala.

Udvaskning af næringsstoffer fra lagre af fast husdyrgødning

Fra en udækket mødding er tabet ca. 5% af totalkvælstofindholdet. Fra lagre af dybstrøelse udgør udsivning med møddingsvand 2% af det totale kvælstofindhold (Tabel 4.6.). Mængden af P i møddingsvandet udgør under 2,5% af det oprindelige P-indhold i lagre af fast husdyrgødning. Kaliumforbindelserne i husdyrgødning er letopløselige, hvilket resulterede i, at der udvaskes ca. 20% af kaliumindholdet i fast staldgødning under lagring. Mængden af tørstof, der udvaskes fra fast staldgødning, er ca. 3%.

Tabel 4.6. Udsivning i procent af oprindeligt indhold af kvælstof, fosfor, kalium og tørstof fra fast staldgødning og dybstrøelse, der ikke er overdækket

	N	P	K	Tørstof
Fast kvæggødning	5	2,5	20	3
Fast svinegødning og dybstrøelse	2	2,5	15	3

Lagring af gødningen på befæstede arealer med afløb til tætte beholdere (gylle eller ajle) vil sikre mod udsivning eller udledning af opløste næringsstoffer til det omgivende miljø.

Fra fast staldgødning, der er overdækket, udgør udsivningen af kvælstof 3% af det totale kvælstofindhold. Det er her værd at notere sig, at markstakke, der ikke løbende tilføres gødning, skal overdækkes, jf. husdyrgødningsbekendtgørelsen. Udover at mindske udsivningen af kvælstof, så vil kalium-udsivningen også være meget lavere end angivet i tabellen.

Denitrifikation i lagre af fast husdyrgødning

Denitrifikation er en biologisk proces, der omdanner nitrat-kvælstof til frit kvælstof og lattergas. Der er målt denitrifikationstab fra 0-33% af kvælstofindholdet i lagret dybstrøelse fra kvæg og svin samt fast staldgødning fra svin. Det er ikke lykkedes at identificere, hvilke faktorer, der har forårsaget den store variation i denitrifikationen, derfor er

denitrifikationstab af lagre af fast staldgødning og svinedybstrøelse sat til at udgøre 15% af det totale kvælstofindhold ved start (Tabel 4.5.).

Denitrifikationstab fra andre husdyr er vurderet på baggrund af det målte denitrifikationstab fra lagre af gødning fra kvæg og svin, der ligger således ikke undersøgelser til grund for de anslåede tab.

Sideeffekter af nye håndteringsteknologier

Effektiv overdækning af gyllelagre antages at kunne føre til reduktion af lugtgener. Lugtgener skyldes fordampning af ildelugtende gasser, og etablering af fysiske barrierer på gyllelagre med henblik på at begrænse ammoniaktabet må derfor også antages at føre til begrænsning af lugtgener. Lugtreduktionen vil formentlig være lige stor uanset typen af overdækning, der vælges.

Kompostering kan øge tørstofindholdet af faste husdyrgødningstyper, idet komposteringen reducerer husdyrgødningens vandindhold. Hovedparten af kvælstofindholdet i det komposterede materiale må formodes at tabes, mens de øvrige næringsstoffer i gødningen vil blive tilbage. Ved at reducere gødningens indhold af vand kan det blive teknisk muligt og økonomisk fordelagtigt at benytte gødningen til varmeproduktion ved pyrolyse, hvor det er muligt at undgå tab af næringsstoffer (se afsnit 4.5.).

Ved afgangning i *biogasanlæg* bliver gyllen mere basisk og indholdet af ammonium stiger. Derfor er potentialet for ammoniakfordampning i afgasset gylle højt i forhold til tabspotentialer i ubehandlet gylle. Som følge af nedbrydning af det organiske materiale dannes normalt ikke flydelag på afgasset gylle. Indsatsen for at reducere ammoniaktabet skal derfor være ekstra stor ved håndtering af gylle fra biogasanlæg.

Flydelag, halm og leca danner en porøst iltrig overflade på den lagrede gylle. Det er vist, at mængden af metan, der udsendes fra gylleoverfladen bliver reduceret ved oxidation under passagen gennem dette porøse lag. Som følge af oxidationen er metan-udsendelsen 40 % lavere fra gylle overdækket med et porøst lag end fra gylle uden overdækning. Effekten af flydelag er dog meget nedbørsafhængig.

4.2.3 Konklusion - lagre

Det er ved lovgivning pålagt husdyrproducenter at benytte forskellige teknologier til reduktion af ammoniakfordampning fra lagret gødning. Der produceres hovedsageligt gylle i Danmark og det vurderes, at såfremt reglerne overholdes, så er det mindre reduktioner i ammoniakfordampningen, der vil kunne realiseres ved at indføre yderligere teknologier i forbindelse med lagret gylle (Tabel 4.3.). Såfremt anvendelse af staldsystemer, der producerer fast staldgødning, vinder frem, vil der være risiko for en øget fordampning fra lagret gødning, fordi ammoniaktabspotentialet denne type gødning er større end fra lagret gylle (Tabel 4.3. og 4.5.). Endvidere er de nuværende teknologier til reduktion af ammoniaktab fra fast staldgødning ikke så effektive som teknologierne til reduktion af ammoniaktab fra lagret gylle. For at reducere ammoniakemissionen fra lagret fast staldgødning pålægges lovgivningen landmanden at overdække gødningstakke, der ikke løbende tilføres gødning.

I tabel 4.5. er angivet tabsfaktorer fra lagret fast staldgødning uddraget af normtalsrapporten (Poulsen et al., 2001). Nye undersøgelser efter 2001 viser, at ammoniaktabet og denitrifikationstab ved lagring af fast staldgødning kan være overvurderet for enkelte af de faste husdyrgødninger. Undersøgelserne er imidlertid gennemført i lille skala og der mangler

resultater fra fuldskalaforsøg, der kan verificere disse antagelser. Det er også muligt, at tabet vil afhænge af strøelsesniveau og stakkens størrelse og derfor være mindre end antaget i de få undersøgelser, der er gennemført til dato.

Det har gennem lang tid været et lovkrav, at ajlebeholdere skulle være overdækket. Undersøgelser viser, at en tæt overdækning reducerer ammoniaktabet betydeligt (Tabel 4.4.), derfor har det været skønnet, at ammoniaktabet fra ajlebeholdere er lavt. Er der ikke overdækning på ajlebeholderen vil tabet være stort som følge af, at ajle har et højt ammoniaktabspotentiale. Mængden af ajle, der opbevares i ajlebeholdere, er dog efterhånden ubetydelig.

Der findes ikke målinger af tabet af næringsstoffer fra lagre af den faste fraktion fra separering af gylle. Denne fraktion omsættes helt forskelligt fra omsætningen af kendte faste gødningstyper. Det er vigtigt at notere, at dette forhold vil have indflydelse på ammoniakfordampning, denitrifikation og drivhusgasemission. Indtil mere information er bragt til veje antages det imidlertid, at ammoniaktab og denitrifikation fra den faste fraktion svarer til tabet fra dybstrøelse (Tabel 4.5.).

Det er vanskeligt at udstikke vejledninger for alternative muligheder til reduktion af ammoniaktab fra både stalde, hvor gødning opsamles som fast staldgødning og lagre af fast staldgødning, idet der er behov for flere undersøgelser i fuld skala.

Der forventes ikke at ske denitrifikationstab af kvælstof i forbindelse med lagring af gylle. Imidlertid må det forventes, at der sker betydelige denitrifikationstab i forbindelse med lagring af fast husdyrgødning og den faste fiberfraktion fra separering. Dette tabs størrelse er ikke kvantificeret.

Tiltag til reduktion af ammoniakfordampning kan medføre sideeffekter i form af f.eks. større eller lavere emission af drivhusgasser. Således forventes metanemissionen fra lagret gylle at blive reduceret af et porøst flydelag eller anden porøs overdækning af gyllen. Komprimering og overdækning af fast staldgødning kan derimod stimulere dannelse af metan og lattergas, der bidrager til drivhuseffekten.

Uddrivning af ammoniak ved at optimere omsætningen af den faste fraktion fra separering (og evt. også af dybstrøelse) og efterfølgende opsamling af ammoniakken kan bidrage til at reducere ammoniaktabet og også bane vejen for yderligere behandling af den faste fraktion fra separering af gylle.

4.3 Gylleseparering

(Dette afsnit bygger på bilag 8, 9, 10, 11 og 12)

Specialisering af landbrugsproduktionen har regionalt medført stor koncentration af husdyr, og der er derfor områder, hvor det ikke er muligt at opfylde kravene om harmoni mellem produktion af kvælstof og fosfor i husdyrgødningen og afgrødernes næringsstoffebehov.

Harmonireglerne sikrer, at der generelt ikke sker overgødskning med kvælstof, men med de nuværende regler, kan der fortsat ske en betydelig overgødskning med fosfor. Separering overfører en del af husdyrgødningens næringsstoffer i en eller flere tørstof- og næringsstoffrige fraktioner og en betydeligt større, næringsstoffattig væskefraktion. Derved kan der være et

økonomisk incitament til at fjerne en stor andel næringsstoffer ved transport af den tørstofrige fraktion, og det enkelte brug kan derved afhængigt af teknologiens effektivitet delvis "afkoble" den lokale harmoni mellem husdyr- og planteproduktion.

En af fordelene ved at få adskilt kvælstof fra fosfor er, at de to næringsstoffer kan doseres på marken uafhængigt af hinanden i overensstemmelse med afgrødernes gødningsbehov. Set i et regionalt perspektiv, så kan behandlet husdyrgødning lettere flyttes fra oplande, der afvander til særligt sårbare vandområder til oplande, der afvander til mere robuste vandområder. Det bliver lettere at sikre, at markerne ikke fortsat overgødes med fosfor, hvilket ofte er tilfældet i dag. En anden fordel ved at få adskilt organisk bundet kvælstof i husdyrgødningen fra det direkte plantetilgængelige kvælstof er, at organisk bundet kvælstof på samme måde kan flyttes til oplande, der afvander til mere robuste vandområder. I oplandet til det særligt sårbare vandområde vil der således (fra de husdyrproduktioner, der er tilknyttet et anlæg) kunne blive udbragt direkte plantetilgængeligt kvælstof (svarende til handelsgødning), hvorved kvælstofudvaskningen vil blive mindre, end hvis der blev udbragt ubehandlet husdyrgødning.

Faktaboks: Fjernelse af lovmæssige barrierer for gylleseparering

I 2002 blev lov om jordbrugets anvendelse af gødning og om plantedække, samt husdyrgødningsbekendtgørelsen ændret, så de lovmæssige barrierer for anvendelse af gylleseparering af husdyrgødning blev fjernet. Med ændringerne kan landmænd, der forarbejder gødningen og frafører den fra sin ejendom, nu trække mængden fra i gødningsregnskabet. Herudover dannede bemærkningerne til lovforslaget baggrund for ændringer i landbrugslovens bekendtgørelse og vejledning om arealkrav. Af vejledningen fremgår nu, at der kan gives dispensation fra arealkravet, hvis der anvendes gylleseparering. Den største "rabat" på arealkravet gives, hvor der anvendes højteknologiske anlæg. En lempelse af arealkravet har gjort, at der er en rimelig interesse blandt landmændene for at benytte gylleseparering. Harmonikravene, som de er beskrevet i husdyrgødningsbekendtgørelsen, gælder dog stadig. Det betyder, at landmanden er nødt til at fraføre husdyrgødning fra ejendommen via husdyrgødningsaftaler eller i form af forarbejdet gødning, som afsættes til andre.

4.3.1 Lavteknologiske løsninger

Der findes en hel række mekaniske-fysiske metoder til separering af gylle, der spænder fra meget simple teknikker som sigter, skruepresser og sibånd, hvor der sker en meget begrænset opkoncentrering, til mere effektive metoder som dekantercentrifuger. Kemisk behandling i kombination med mekanisk-fysisk separering er en metode til at øge udskillelsen af næringsstoffer til den faste fraktion. Reduktion af tørstof i den tynde gylle vil endvidere mindske husdyrgødningens lugt og der vil være et potentiale for at reducere ammoniakfordampningen.

Gylleseparering med dekantercentrifuger og ved kemisk fældning kan have en betydelig effekt på P-udnyttelsen og nogen effekt på N-udnyttelsen. P-udnyttelsen kan forbedres, fordi en øget formidling af fosfor fra husdyrbrugere til planteavlere kan finde sted, idet transportomkostningerne af den koncentrerede fosforfraktion reduceres.

Ammoniakfordampningen kan reduceres under udbringning af den flydende fraktion, som følge af bedre infiltration af gyllen. Potentialet for at øge den samlede kvælstofudnyttelse af begge gødningsfraktioner er dog begrænset, eftersom det er vanskeligt at opnå en høj udnyttelse af kvælstoffet i den faste fraktion, ligesom lagringen af denne fraktion kan give anledning til kvælstoftab. Sørensen (2002) har fundet, at den samlede kvælstofudnyttelse kan øges svagt, forudsat at øgede lagringstab kan undgås.

Simple teknikker

Der findes en hel række simple teknikker, der er karakteriseret ved, at gyllen sigtes gennem en hulstørrelse på 0,5-3 mm. Sigtningen i sig selv giver en fraktion med et forholdsvis lavt tørstofindhold og der er derfor oftest behov for en yderligere afvanding, som kan opnås ved anvendelse af mekanisk presning, hvor de mest anvendte metoder er skruepresse eller sibåndspresse. Effektiviteten af en skruepresse afhænger af gylletypen og øges med tørstofindholdet, men opkoncentreringen af næringsstoffer er oftest beskedent (Møller mfl. 2002). Ved at kombinere visse af de simple teknikker med kemisk fældning kan der opnås en høj effektivitet, hvilket beskrives senere. Energiforbruget ved anvendelse af skruepresser mm. er lavt.

Effektiviteten på opkoncentreringen af næringsstoffer med de *simple, mekaniske separatorer* er ringe, typisk 7-15 % P og 7-9 % N og effektiviteten er meget afhængig af tørstofindholdet i gyllen.

Simpel mekanisk separering anvendes i meget begrænset omfang og anvendes så vidt vides udelukkende på 2 biogasfællesanlæg i Danmark.

Dekantercentrifuge

En dekantercentrifuge virker ved, at gylle udsættes for en stor centrifugalkraft i en tromle, der roterer med høj hastighed, hvorved gyllens partikler sedimenterer i tromlens periferi og løbende kan fjernes med en skrue, der roterer. En dekantercentrifuge producerer en tørstofrig fraktion, der indeholder størstedelen af gyllens fosfor, organisk kvælstof, svovl m.m., og en "væskefraktion", der indeholder størstedelen af gyllens ammoniumkvælstof og kalium (Møller mfl. 2002). Tørstoffractionen indeholder også hovedparten af et eventuelt indhold af tungmetaller i gyllen (Fyns Amt 2003), men en undersøgelse har vist, at tungmetalbelastningen pr. jordenhed er mindre ved optimal fosfor- og kvælstofgødskning med separeret husdyrgødning end ved anvendelse af ubehandlet gylle, hvor der gødskes efter optimal kvælstofdosering (Møller et al., 2003). Energiforbruget ved anvendelse af en dekantercentrifuge er beskedent.

Effektiviteten på opkoncentreringen af næringsstoffer med *dekantercentrifuger* er høj for fosfor (52-80%), og organisk kvælstof (50-80%), men for totalkvælstof er effektiviteten ringe (11-28%). De hidtidige undersøgelser har vist, at effektiviteten er variabel mellem forskellige gylletyper. Afgasning i biogasanlæg medfører således en forbedret effekt på fosfor, men en reduceret effekt på kvælstof.

Dekantercentrifugen er en velafprøvet teknik, der i mange år har været anvendt til spildevandsrensning såvel i industrien som på kommunale rensningsanlæg, men først de seneste år er der opnået erfaring med centrifugering af gylle og opmærksomhed omkring de positive miljøeffekter, der vil kunne opnås med teknologien. Den første kommercielle dekanter blev etableret i forbindelse med et biogasanlæg på en stor svinebedrift i 2000. Dekantercentrifuger anvendes på 2 biogasanlæg, hvor det ene er et gårdanlæg og det andet et fælles anlæg. Derudover anvender nogle af de højteknologiske koncepter dekantercentrifuger på deres anlæg.

Kemisk fældning

Anvendelse af kemiske tilsætningsstoffer til forbedring af separeringseffektiviteten af gylle er forholdsvis nyt, selvom det er en almindelig anvendt metode til rensning af kommunalt og industrielt spildevand. Kemisk fældning opnås ved tilsætning af kemikalier, der ændrer

partiklernes tilstand, hvorved det bliver muligt at fraseparere en større andel.

Effektiviteten på opkoncentreringen af næringsstoffer ved *kemisk fældning* er høj for fosfor (89%) og organisk kvælstof, men beskeden for total kvælstof (40%). Der foreligger imidlertid indtil videre kun resultater for effektiviteten ved separering af svinegylle og effektiviteten af kvæggylle og afgasset gylle er ikke dokumenteret.

Kemisk fældning anvendes i dag ved 3 svineproducenter.

I tabel 4.7. ses en opgørelse af separeringseffektivitet med forskellige typer mekanisk-fysisk separering og kemisk fældning.

Tabel 4.7. Separeringseffektivitet med forskellige typer mekanisk-fysisk separering og kemisk fældning. Effektiviteten er defineret som den procentvise andel af komponenten, der overføres til den faste fraktion (Møller et al., 2002)

	Separeringseffektivitet %		
	Skruepresse	Dekantercentrifuge	Kemisk fældning
Volumen	3-5	5-21	15
Tørstof	17-32	45-63	89
Total N	5-9	11-28	40
Organisk N	(7-15)	50-80	86
Fosfor	7-15	52-80	89

4.3.2 Højteknologiske løsninger

Højteknologiske løsninger involverer ofte delvis anvendelse af de såkaldt lavteknologiske løsninger. Mekanisk-fysisk separering kan anvendes enten alene eller som for- eller efter behandling i kombinerede processer.

Produkterne fra højteknologisk separering er af meget forskellig karakter. Nogle af produkterne er stort set lugtfrie, andre skal opbevares og transporteres i lukkede beholdere pga. lugtgener og risiko for ammoniakfordampning. Generelt vil der være et betydeligt potentiale for reduktion af lugtgener i forbindelse med opbevaring, transport og udbringning af produkter fra gylleseparering sammenholdt med dagens standarder for gyllehåndtering.

I nogle koncepter indgår en behandling, der sikrer tilintetgørelse af smittekim ved tryk- og/eller varmebehandling.

Det vil være muligt at spare gylletransport, specielt hvis mængden af husdyrgødning reduceres ved separeringen gennem fraskillelse af ”rent” vand. Men også selv om der ikke produceres rent vand, kan der spares transport, hvis der kan udsprede en stor mængde ”tynd” fraktion i relativ nærhed af gyllebeholderen. Den sparede transport vil have en gunstig effekt, dels ved mindre slid på vejene og dels ved færre køreskader (og deraf forøget udbytte) i marken i forbindelse med udbringning.

Faktaboks: Forordningen om anvendelse af animalske biprodukter

Den 1. maj 2003 trådte EU-forordningen om anvendelse af animalske biprodukter i kraft.

Fødevarerdirektoratet arbejder i øjeblikket på en dansk udmøntning af forordningen. Af forordningen fremgår, at der i anlæg til forarbejdning af husdyrgødning skal finde en hygiejniserings sted m.h.p. at reducere risikoen for spredning af smittekim. Det skal i den kommende tid afklares, om det gælder alle gylseparerings- og biogasanlæg.

Sideeffekter

I nogle af koncepterne indgår biogasproduktion. Foruden den substitution, der herved sker af fossile brændsler (og dermed sparet CO₂-udledning) betyder opsamling og afbrænding af biogassen en reduktion i udledningen af metan, der også er en aggressiv drivhusgas. Såfremt der opnås en forbedret næringsstofudnyttelse, vil der i princippet spares en tilsvarende mængde handelsgødning. Energiforbruget (og den deraf afledte CO₂-udledning) til fremstilling og transport heraf vil således også spares.

Der er i mange tilfælde tale om dyr teknologi, hvilket igen betyder, at der ofte vil være betydelige størrelsesøkonomiske fordele ved f. eks. at etablere centrale fællesanlæg (se afsnittet om økonomi). Dette kan indebære forøget transport.

Nogle anlægskoncepter har et meget betydeligt energiforbrug. I det omfang dette forbrug ikke kan dækkes ved en egenproduktion af biogas, vil separeringen principielt medføre en forøget udledning af CO₂ fra energifremstillingen.

Membranfiltrering som komponent ved gylseparering

Den mest kendte teknik i forbindelse med gylseparering er omvendt osmose. Princippet i omvendt osmose er - stærkt forenklet - at adskille to væsker med en semipermeabel membran - dvs. en membran, hvor vand og andre helt små molekyler kan passere igennem, mens større molekyler tilbageholdes. Ved at tryksætte den side med den "urene" væske (her: gyllen) kan man tvinge vand igennem membranen, hvorved næringsstoffer mv. opkoncentreres på tryksiden.

De indtil nu kendte teknikker til membranfiltrering kan ikke - eller kun vanskeligt og med dårlige resultater - stå alene i forbindelse med gylseparering. Årsagen hertil er, at gyllens partikler og organiske forbindelser hurtigt vil blokere membranen. Dette kan overvindes ved at kombinere filtreringen med andre teknikker.

Der er etableret to fuldskala separeringsanlæg med membranfiltrering i drift i Danmark (på Fyn); de har været ude af drift i et par år, men det ene er nu i drift igen. Der eksisterer også et forsøgsanlæg, der omfatter keramiske filtre og omvendt osmose, stående på en virksomhed i Vestjylland, men anlægget er så vidt vides ikke i drift.

Destillation og stripning som komponenter ved gylseparering

Ammoniakstripning fra gylle i kombination med scrubning (se afsnit 4.1.3.2.) eller inddampning i kombination med kondensering er de hyppigst anvendte metoder til fjernelse af kvælstof fra gylle.

Ved stripning og destillation produceres der en ammoniumopløsning med en koncentration på niveau med handelsgødning. Gyllens organiske kvælstof og en mindre andel af gyllens ammoniumkvælstof bliver ikke fjernet fra gyllen. Effektiviteten af processen afhænger af behandlingen, dvs. temperatur, pH justering, luftmængder, overflade mm. og vil i bedste

tilfælde være ca. 70 % af total N. Eftersom stripping og destillation næsten altid er en delproces i et kombineret anlæg, vil en stor del af det kvælstof, der er tilbage i gyllen, være til stede i form af koncentrat fra de øvrige processer.

Udnyttelsen i marken af den koncentrerede ammoniumopløsning opsamlet i luftscrubberen har hidtil været noget skuffende og det har vist sig, at en forsuring er nødvendig for at undgå ammoniakfordampning og sikre en høj kvælstofudnyttelse.

I tabel 4.8. ses data for en række eksempler på højteknologiske anlæg.

Tabel 4.8. Produkter fra 4 højteknologiske anlægskoncepter. Farverne er udtryk for, at der er tale om produkter med nogenlunde ens karakteristika. Det rensede vand fra MANURA 2000 anlægget og P-koncentratet fra Green Farm Energy falder uden for disse grupper. For de produkter, hvor indholdet af tørstof, kvælstof og fosfor er kendt, er dette angivet. Kilde: Hinge og Birkmose (bilag 11).

Firma / koncept	Produkter	Beskrivelse	Tørstofindhold (%)	N / P – indhold (kg/ton)
Funki Manura MANURA 2000	”Humus” (Tørstoffraktion)	Som fast møg/kompost fra dekanter	20-28	5-7 / 4-6
	N-fraktion	Klar væske	0	114,0 / 0
	NPK-fraktion	Som ajle	10	8,7 / 0,8
	Renset vand	Som vand	0	0,5 / 0
Green Farm Energy	P-koncentrat			
	N-fraktion	Klar væske	0	250 / 0
	Restfraktion	som ajle		
Echberg Manutech	Tørstoffraktion	Som fast møg/kompost		
	N-fraktion	Klar væske		
	Restfraktion	Som (tynd) ajle		
Dansk Biogas	Tørstoffraktion	Som fast møg/kompost fra dekanter		
	N-fraktion	Klar væske		
	Restfraktion	Som (tynd) ajle		

Fosfor

Udnyttelsen af fosfor er først og fremmest et spørgsmål om fordeling. Hvis der over en årrække tilføres den samme mængde fosfor med husdyrgødning (og handelsgødning), som afgrøderne bortfører (balance), antager man, at fosforen i husdyrgødning udnyttes 100 pct. Hvis der derimod tilføres dobbelt så meget, som afgrøderne fjerner, er udnyttelsen kun 50 pct.

I kraft af at separeringsteknologi opkoncentrerer fosforen i én fraktion, opnås betydelig bedre muligheder for at overføre fosfor i husdyrgødning fra arealer, som ellers ville blive overforsynet med fosfor til arealer, som ellers ville blive gødsket med fosfor i handelsgødning. Der bliver således mulighed for at overføre fosfor i husdyrgødning over et langt større geografisk område, og overførsel til andre landsdele eller til udlandet bliver muligt. Hvis denne mulighed udnyttes fuldt ud, kan overforsyning med fosfor til landbrugsjorden undgås, og der kan opnås fosforbalance.

I tabel 4.9. er vist fosforbalancen ved fuld produktion af søer, slagtesvin eller en kombination. Balancen er vist for tre forskellige udbyttene niveauer og ved fosfornorm i husdyrgødning, og ved det niveau for fosfor i husdyrgødningen, som Landsudvalget for Svin anser for værende muligt.

Tabel 4.9. Fosforoverskud (kg P pr. ha pr. år) ved fuld produktion af søer, slagtesvin eller en kombination. Kilde: Hinge og Birkmose 2003 (bilag 11).

	Normtal for fosfor i husdyrgødning ¹⁾			Muligt ²⁾		
	Søer	Slagtesvin	Kombination	Søer	Slagtesvin	Kombination
Lavt udbytte ³⁾	24	16	19	10	2	6
Mellem udbytte ⁴⁾	19	11	14	5	-3	1
Højt udbytte ⁵⁾	14	6	9	0	-8	-4

¹⁾ Damgaard *et al.*, 2001

²⁾ I kraft af fasefodring, brug af fordøjelige fosfortyper, fytase mv. Landsudvalget for Svin, 2002

³⁾ Der regnes med 20 kg bortført P i afgrøder pr. år

⁴⁾ Der regnes med 25 kg bortført P i afgrøder pr. år

⁵⁾ Der regnes med 30 kg bortført P i afgrøder pr. år

Tabel 4.9. viser, at gylleseparering kan reducere fosforoverskuddet med 6-24 kg pr. ha pr. år regnet ved normtal for fosforindholdet i husdyrgødning. Reduktionen er betinget af en optimal omfordeling af fosfor, således at fosforoverskud undgås. Det skal imidlertid pointeres, at separering i sig selv ikke sikrer en tilstrækkelig overførsel af næringsstoffer. Overførslen og dermed reduktionen af fosforoverskuddet, er betinget af, at der reelt er et marked for separeringsprodukterne. Erfaringen viser, at dette marked er lille.

Ved at reducere fosforindholdet i foderet til svinene til det lavest mulige niveau reduceres fosformængden i husdyrgødningen betydeligt. Ændringen i fodringen gennem bl.a. erstatning af foderfosfat med tilsætning af fytase vil primært medføre en reduktion i fosforudskillelsen med fæces, men der vil også ske en mindre reduktion i fosforudskillelsen med urinen. Derved reduceres fosforoverskuddet i marken, og den mulige yderligere reduktion af fosforoverskuddet ved gylleseparering falder til under 10 kg pr. ha pr. år. Regulering af fosforindholdet i foderet behandles i et selvstændigt notat fra DJF som led i forberedelsen af VMP III.

4.3.3 Konklusion - gylleseparering

Det forventes, at et stigende antal svineproducenter vil anvende lavteknologiske og højteknologiske gyllesepareringsløsninger. Udbygningshastigheden vil dog afhænge af flere faktorer. Med de nye love/bekendtgørelser, der allerede er kommet i løbet af 2002 er der på flere måder banet vej for en udbygning. hvor der bl.a. blev åbnet for dispensation fra landbrugslovens arealkrav, når der anvendes af gylleseparering.

En af fordelene ved at få adskilt kvælstof fra fosfor er, at de to næringsstoffer kan doseres på marken uafhængigt af hinanden i overensstemmelse med afgrødernes gødningsbehov. Set i et regionalt perspektiv, så kan behandlet husdyrgødning lettere flyttes fra oplande, der afvander til særligt sårbare vandområder til oplande, der afvander til mere robuste vandområder. Det bliver lettere at sikre, at markerne ikke fortsat overgødes med fosfor, hvilket ofte er tilfældet i dag. En anden fordel ved at få adskilt organisk bundet kvælstof i husdyrgødningen fra det direkte plantetilgængelige kvælstof er, at organisk bundet kvælstof på samme måde kan flyttes til oplande, der afvander til mere robuste vandområder. I oplandet til det særligt sårbare

vandområde vil der således (fra de husdyrproduktioner, der er tilknyttet et anlæg) kunne blive udbragt direkte plantetilgængeligt kvælstof (svarende til handelsgødning), hvorved kvælstofudvaskningen vil blive mindre, end hvis der blev udbragt ubehandlet husdyrgødning.

Der er imidlertid fortsat væsentlige barrierer som f.eks. afsætning af produkterne fra separeringen, samt hvorvidt man med fodringsmæssige tiltag kan reducere fosforudledningen tilstrækkeligt og dermed fjerne grundlaget for gylleseparering. Endvidere kan myndighedernes krav til hygiejnisering af husdyrgødningen betyde, at anlæggene bliver dyrere i drift. Dette vil give en komparativ fordel for visse af de højteknologiske anlæg og biogasanlæggene, hvor husdyrgødningen opvarmes og dermed lever op til hygiejniseringsreglerne.

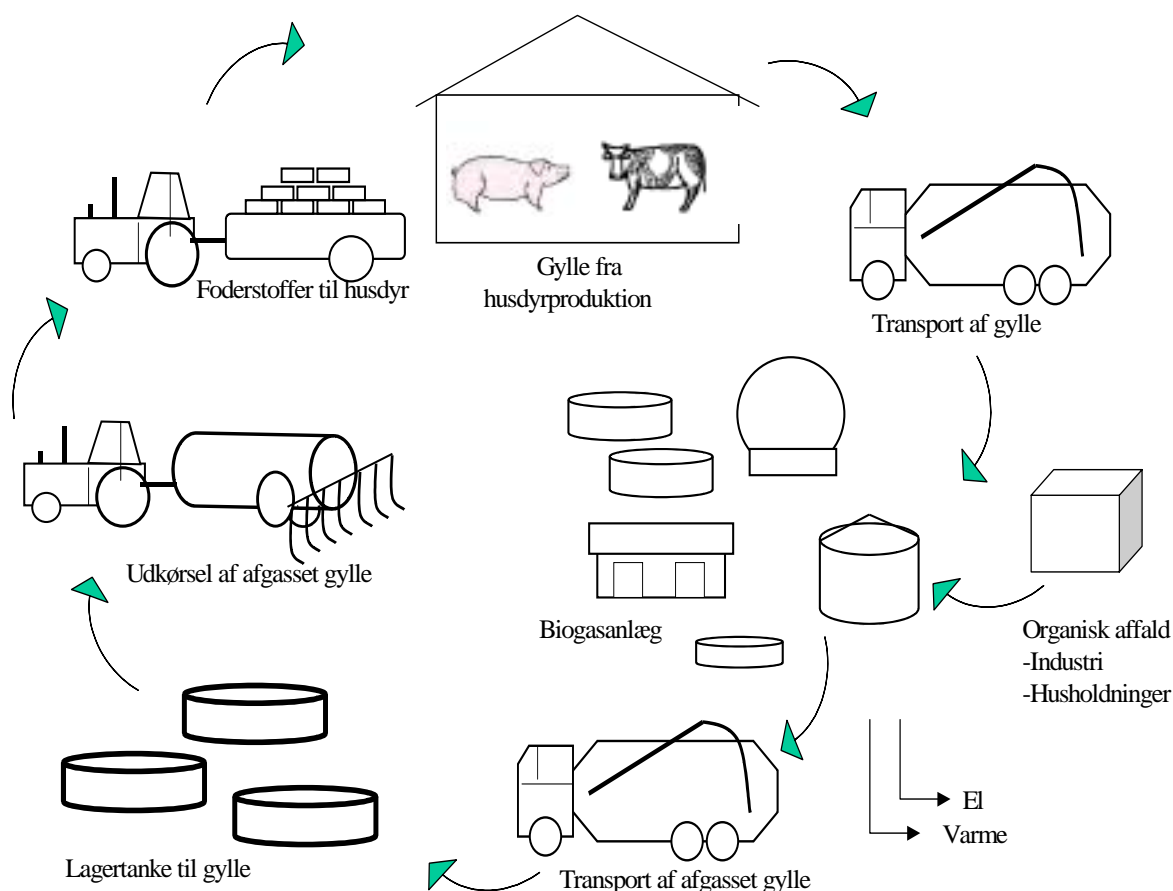
På kort sigt kan en reduktion i fosfortildelingen opnås ved, at svineproducenter ændrer fodringen (bl.a. ved brug af fytase) således, at fosforen bliver mere fordøjelig. Denne ændring forventes at vinde indpas i de kommende år, da den kan gennemføres uden meromkostninger. Dette vil dog ikke alene kunne fjerne fosforunderskuddet på alle intensive svinebedrifter. Det vurderes, at specielt svinebedrifter vil have behov for at reducere fosforoverskuddet, men der kan også på intensive kvægbedrifter være et mindre fosforoverskud (Jacobsen et al. 2002).

4.4 Biogas

(Dette afsnit bygger på bilag 16)

4.4.1 Reduktion af næringsstofftab ved biogasanlæg, primært biogASFællesanlæg

Et biogasanlæg modtager og behandler husdyrgødning fra landbruget med henblik på produktion af biogas. Der skelnes mellem to hovedtyper af anlæg: gård- og fællesanlæg. Grænserne er flydende, men gårdanlæg placeres oftest ved en husdyrproducerende landbrugsbedrift, hvorimod fællesanlæg ofte placeres centralt i forhold til en række landbrugsbedrifter, som er tilsluttet. En afgørende forskel er, at varmeproduktionen for fællesanlægs vedkommende er tilsluttet den kollektive varmforsyning.



Figur 4.1. Skitse over biogASFællesanlæggets forretningskoncept

Fællesanlæg er mest veldokumenterede mht. effekter for næringsstofudnyttelse og miljø. Og resultaterne herfra kan ikke uden videre antages også at gælde for gårdbiogasanlæg, idet sammensætningen af den tilførte biomasse som oftest er grundlæggende forskellig. Resultaterne i nærværende fremstilling er baseret på erfaringerne fra fællesanlæg.

Ved fællesanlæg transporteres husdyrgødning fra et antal landbrugsbedrifter og organisk affald fra fødevarerindustri og husholdninger i lukkede lastvognsslamsugere til biogasanlægget. I biogasanlægget foregår en opblanding af materialerne, der foretages en hygiejniseringsproces, og det udrådnes under iltfri forhold i 12-25 dage. Under udrådningssproessen

frigives biogas, der sælges eller anvendes i et kraft-varmeanlæg til produktion af el og varme, som sælges til det kollektive forsyningsnet. Det færdigudrådnede materiale transporteres igen med lastbil retur til landmændene, hvor det opbevares i gyllelagertanke, enten ved gårdene, eller decentralt i området, alt efter hvor den skal anvendes som gødning.

Tilsætningen af affald sker primært for at øge biogasproduktionen, men også fordi der almindeligvis opnås et behandlingsgebyr for modtagelse af affaldet.

Biogasfællesanlæggets hovedfunktion er således at producere energi, men samtidig recirkuleres organisk affald fra samfundet, der anvendes som gødning sammen med landbrugets egen husdyrgødning. En del af anlæggene omfatter hygiejniseringsstrin, hvor biomassen udsættes for 70 °C i en time eller tilsvarende. Denne behandling lever op til kravene om hygiejniseringsregler, som trådte i kraft den 1. maj 2003. For flere af de ældre anlæg vil det imidlertid formentlig være nødvendigt med investeringer for at kunne leve op til forordningen i forbindelse med håndtering af slagteriaffald. Under biogasprocessen sker der en mineralisering af organisk bundet kvælstof. Den afgassede biomasse er endvidere mere homogen, så den er lettere at håndtere, den kan deklarerer næringsstofmæssigt, hvorved den er lettere at afsætte til planteavlere eller andre, der har behov for gødningen, samt jord nok. Samlet set bidrager driften af anlæggene til en forbedret næringsstofudnyttelse.

Anvendelsen af organisk affald kan medføre, at et givet område belastes med yderligere næringsstoffer. Det afhænger af hvorledes dette affald ellers ville blive afsat. Det er tidligere vurderet, at størstedelen af affaldet under alle omstændigheder ville blive udbragt på landbrugsjord, men naturligvis ikke nødvendigvis i de mest husdyrtætte områder.

Transporten af gylle og affald medfører øget lastvognstransport i lokalområdet, hvilket øger sliddet på lokale veje, giver øgede trafikgener og en risiko for flere trafikuheld.

Ved forgæring i et biogasanlæg omsættes organiske forbindelser af mikroorganismer og et af produkterne er metan. Derved sker der en mineralisering af organisk bundet kvælstof og ammoniumindholdet stiger. Korrekt håndteret vil det medføre en bedre udnyttelse af kvælstof i husdyrgødningen, et reduceret handelsgødningsbehov og mindre tab af kvælstof til vandmiljøet.

Der findes få systematiske undersøgelser af omsætningen af kvælstof i et biogasanlæg. De fleste analyser af udrådnede blandet biomasse viser et ammoniumindhold på 80% af gyllens total N indhold. I gylle fra biogasanlæg, hvor gyllen hovedsaglig bestod af svinegylle, har ammoniumindholdet i udrådnede biomasse været 80-81% og fra biogasanlæg, hvor gyllen hovedsaglig bestod af kvæggylle, har ammoniumindholdet i udrådnede kvæggylle været 70-73%.

Tabel 4.10. Ammoniumandel i pct. af total kvælstofindholdet i udrådnede gylle.

Kvæggylle	72%
Svinegylle	80%
Blandet biomasse	80%

Ammoniaktabspotentialet er meget stort for afgasset gylle, men hvis overdækningen er effektiv vil ammoniaktabet under lagring være ubetydeligt. Forsøg til nu har vist, at ammoniaktabet fra udbragte udrådnede gylle er på niveau med ammoniaktabet fra ubehandlet gylle.

En anden fordel ved biogasanlæg er, at de anlæg, der modtager forskellige husdyrgødningstyper (eks. kvæg og svin) kan opnå en bedre næringsstofsammensætning i forhold til planternes behov (fosfor og kalium) i den afgassede gylle.

4.4.2 Koncepter

Biogasfællesanlægget kan opfattes som et selvstændigt koncept, der kan skydes ind mellem stald og markanvendelsen af husdyrgødning. Erfaringsmæssigt har der næsten udelukkende været tale om husdyrgødning i form af gylle, fordi der så har kunnet anvendes et enstrengt transportsystem, idet slutproduktet ligeledes er flydende. Det afgassede produkt er homogent og letflydende, og dermed særdeles velegnet til moderne præcisionsudstyr til udkørsel af gylle.

Anvendelse af moderne separeringsteknologi kan dog meget vel medføre, at anlæggene i fremtiden vil modtage tørstoffraktioner fra separeret rågylle. De tilbageværende flydende fraktioner vil uden yderligere behandling kunne anvendes på oprindelsesstedet eller eksporteres.

De mest avancerede biogas-gyllesepareringsanlæg forventes der opnået en bedre udrådning af det organiske materiale, end det er muligt i traditionelle biogasanlæg. Den bedre udrådning opnås bl.a. ved procestrin, der direkte eller indirekte er en del af separeringsdelen af anlægget. Dette giver en højere energiproduktion. Det er her en af de væsentlige fordele ved at kombinere biogasanlæg og separation ligger. En overskydende varmeproduktion kan anvendes til fx stripping eller inddampning. I den økonomiske vurdering af sådanne anlæg skal der tages hensyn til den varme, som ikke kan afsættes. Denne varme kan ikke siges at være gratis til rådighed.

De avancerede anlæg kan opfattes som et totalkoncept til behandling af husdyrgødning og anden landbrugsbiomasse med henblik på fremstilling af energi og koncentrerede næringsstoffer.

Biomassegrundlaget kan bestå af flydende og fast husdyrgødning, dybstrøelse, energiafgrøder og forskelligt organisk affald af landbrugsmæssig oprindelse, f.eks. kød og benmel. Kernen i et sådant system er biogasanlægget. Den producerede biogas konverteres til el og varme i et kraft- varmeanlæg. Elproduktionen sælges til et elforsyningsselskab, og varmen anvendes i processen. Fraseparering af ammoniak sker på flere trin i processen ved stripping. Ved separeringen produceres således en fiberfraktion, der indeholder organisk N og størstedelen af fosforindholdet, en N-fraktion, der indeholder ammoniak, samt en kaliumfraktion, der dog også indeholder en mindre mængde fosfor.

I det omfang systemet etableres i forbindelse med en svineproduktion med gyllekanaler, der er egnet til udskylning af gyllen, kan der foretages skylninger med forbehandlet gylle, hvor ammoniakindholdet er reduceret ved stripping. Formålet med dette er i videst muligt omfang at kunne tilføre biogasanlægget frisk gylle, og at ammoniakindholdet i staldluften reduceres.

Omkostningerne til etablering og drift af anlægget skal dækkes ved salg af elektricitet og koncentrerede næringsstoffer. Det kræver en betydelig energiproduktion og salg af næringsstoffer til priser, der i store træk svarer til gødningsværdien. Hvis alle næringsstoffer skal sælges forudsætter det, at de pågældende gødningsmængder leveres gratis til anlægget i form af overskydende husdyrgødning, som ikke har en alternativ værdi for de landmænd, der

afhænder den. Der arbejdes også med et koncept, hvor landmænd betaler et vist beløb til anlægget for at aftage, behandle gyllen og afsætte næringsstofferne. Den i praksis realiserede salgsværdi vil afhænge af, om der kan findes et betalende marked for koncentrerede næringsstoffraktioner (Aarhusegnens Andel, 2003).

4.4.3 Udviklingen

Det første biogasfællesanlæg blev etableret i 1984, som det første af tre nordjyske anlæg, der blev etableret i perioden 1984 – 87. Tanken med disse anlæg var, at de skulle forsyne et lokalsamfund med vedvarende energi. Det var først med vandmiljøplanen i midten af 1980'erne, at de landbrugsmæssige aspekter blev aktuelle. Der blev stillet krav om en vis lagertankkapacitet, og harmonireglerne blev indført. Mange landmænd indså dengang, at biogasfællesanlæg kunne lette deres tilpasning til de nye regler.

Planlægningen af de fleste store biogasfællesanlæg blev påbegyndt sidst i firserne og etableret i perioden 1989-95. Fra 1995 skulle lagertankkapaciteten ifølge lovgivningen være fuldt udbygget. Efter dette faldt udbygningstakten med denne type anlæg betydeligt. Der blev så etableret en række såkaldte barmarksværker, dvs. etablering af biogasanlæg i et område, hvor der ikke hidtil har været kollektiv varmforsyning, hvor der derfor også skal etableres et nyt fjernvarmenet. Ved etablering af barmarksværk, var det igen energiforsyningen, der var det centrale for initiativtagerne, der for en stor dels vedkommende var varmemefbrugere. Siden 1998 er der ikke etableret nye biogasfællesanlæg. Der har været, og der er fortsat initiativgrupper, der arbejder med planer for realisering af projekter, bl.a. i de mest husdyrintensive områder Als, Bjerre Herred, Mors og Thy, hvor forudsætningerne for etablering af anlæg, i hvert fald når det gælder forsyningen med husdyrgødning, ikke findes bedre i Danmark. Medvirkende til stagnationen i antallet af anlæg er, at der med elreformen fra 1999 blev skabt tvivl om de fremtidige afregningsvilkår for biogasproduceret elektricitet.

Der findes i dag 20 biogasfællesanlæg og 50-55 gårdbiogasanlæg i drift på landsplan. De findes fortrinsvist i relativt husdyrtætte områder i Jylland, dog er der endnu ingen fællesanlæg i de mest husdyrintensive områder. Der findes to fællesanlæg på Sjælland, et på Lolland, tre på Fyn og resten dvs. 14 findes i Jylland. Gårdbiogasanlæggene findes fortrinsvist i Nord-, Midt- og Vestjylland. Danske biogasanlæg behandlede i 2001 1,7 mio. m³ biomasse, heraf 1,4 mio. m³ husdyrgødning, heraf behandlede fællesanlæggene ca. 1,2 mio. m³ husdyrgødning og gårdanlæggene 0,2 mio. m³. Biogasbehandlingen af gylle udgør en meget lille del af den samlede produktion af husdyrgødning i Danmark, hvorimod andelen af organisk affald givet er langt større, men den samlede mængde kendes ikke.

I forbindelse med et igangværende udredningsarbejde under Miljøministeriet og Økonomi- og Erhvervsministeriet vedr. biogassens fremtidige rolle i den nationale klimapolitik og rammebetingelserne i den forbindelse, har Energistyrelsen foretaget nogle skøn for den fremtidige udbygning med biogasanlæg. Tabel 4.11. viser Energistyrelsens skøn for en fremtidig udvikling over en 10-årig periode.

Tabel 4.11. Skøn for udvikling i behandlet biomasse mængde. Kilde: Energistyrelsen.

Mio. m ³ pr. år	Behandlet mængde i 2001	Yderligere mængde over 0 - 10 år	Behandlet mængde i alt efter 10 år
Husdyrgødning+ mavetarmindehold	1,4	4,3	5,7
Organisk industriaffald	0,3	0,7	1
I alt	1,7	5	6,7

Det vurderes således, at der er et betydeligt potentiale for udbygning med biogasanlæg i Danmark. Især udgør mængden af husdyrgødning en særdeles rigelig ressource.

Den udbygning, der er skitseret i tabel 4.11., forudsætter imidlertid, at også de beskrevne mængder organisk affald kan fremskaffes. En hidtil upåagtet ressource i den henseende, er affald af animalsk oprindelse, der tidligere blev forarbejdet til kød- og benmel og anvendt til fodringsformål, en anvendelse der nu ikke længere er tilladt. Der er tale om en mængdemæssigt stor ressource, men anvendelsen i biogasanlæg vil kræve en teknisk tilpasning af anlægskoncepterne, som formentlig også medfører øgede omkostninger for anlæggene.

4.4.4 Konklusion - biogas

Anvendelse af biogasanlæg har mange fordele og kun få ulemper. Biogasfællesanlæggets hovedfunktion er at producere energi, men samtidig recirkuleres organisk affald fra fødevareindustrien, der anvendes som gødning sammen med landbrugets egen husdyrgødning. De nyere anlæg omfatter hygiejniseringsstrin, hvor biomassen udsættes for 70 °C i en time eller tilsvarende, og lever dermed op til EU-forordningen om anvendelse af animalske biprodukter. Ældre anlæg har hygiejniseringsforanstaltninger, som formentlig ikke lever op til den nye forordning.

Under biogasprocessen sker der en mineralisering af organisk bundet kvælstof. Den afgassede biomasse er endvidere mere homogen, så den er lettere at håndtere, den kan deklareres næringsstofmæssigt, hvorved den er lettere at afsætte til planteavlere eller andre, der har behov for gødningen, samt jord nok. I sammenhæng med gylleseparering kan der sikres en bedre fordeling af kvælstof og fosfor på landsplan. Samlet set bidrager driften af anlæggene til en forbedret næringsstofudnyttelse.

Der er risiko for ammoniakfordampning fra den afgassede biomasse, der har et stort ammoniumindhold, men ved omhyggelig lagring og udbringning er ammoniakfordampningen ikke større end ved ubehandlet gylle.

De mest avancerede biogas-gyllesepareringsanlæg forventes der opnået en bedre udrådning af det organiske materiale, end det er muligt i traditionelle biogasanlæg. Den bedre udrådning opnås bl.a. ved procestrin, der direkte eller indirekte er en del af separeringsdelen af anlægget. Dette giver en højere energiproduktion. Det er her en af de væsentlige fordele ved at kombinere biogasanlæg og separation ligger.

Der er interesse for nye anlæg blandt landmændene, ikke mindst på grund af mulighederne for separering af gylle i forbindelse med biogasfællesanlægget, og den deraf følgende mulighed for at afsætte overskydende næringsstoffer, og dermed opnå lempelser fra lovgivningens arealkrav.

Afregningsvilkår som hidtil er en forudsætning for rentabel drift af anlæggene. Dette er sikret de næste 10 år som følge af et bredt forlig i Folketinget i foråret 2003.

4.5 Oparbejdning af fast fraktion fra separering ved forgasning og pyrolyse

(Dette afsnit bygger på bilag 12 og Peder Stoholm pers. medd. 2003)

Ved separering af gylle eller ved kildeseperering i stalden produceres en fast, tørstofrig fraktion af gødning, der kan transporteres til landbrugsejendomme med behov for plantenæringsstoffer. Det har indtil nu ikke været muligt at få en ordentlig betaling for de næringsalte, der bliver eksporteret i den faste fraktion. Årsagerne hertil kan være mange, men formentlig vil man kunne øge værdien ved en videreforarbejdning af gødningen til en mineralsk gødning.

En forarbejdning kan bestå i en reduktion af gødningens volumen og masse. Denne reduktion kan opnås ved at brænde det organiske materiale og udnytte asken som gødning. Ved traditionel afbrænding vil gødningens indhold af kvælstof gå tabt, derfor er det vigtigt at reducere kvælstofindholdet mest muligt før forbrændingen. Ved forgasning og pyrolyse, som er en proces, der foregår under iltfrie forhold, vil kvælstoffet hovedsageligt blive udsendt som ammoniak, som efterfølgende kan tilbageholdes ved hjælp af en scrubber (se afsnit 4.1.3.2.).

Samtidig med at gødningens volumen reduceres, produceres energi. Som bekendt kan energiindhold frigøres ved hhv. en anaerob omsætning (biogasproduktion), eller ved en oxidation (forbrænding). Ved forgasning og pyrolyse omsættes gødningens organiske stof til gasser, bl.a. ammoniak der kan fjernes fra gassen før denne benyttes til energifremstilling ved forbrænding i f.eks. en gasturbine. Her kan dog opstå problemer med tjæredannelse.

Erfaringerne med forgasning og pyrolyse af gødning er få. I USA er der endnu kun tale om laboratorieforsøg af systemets delelementer. Der er endnu ikke opført et samlet demonstrationsanlæg, hvorfor det naturligvis er vanskeligt at komme med sikre bud på den økonomiske ramme for et samlet anlæg.

De amerikanske forskere vurderer, at pyrolyseanlæg vil have en størrelse, som kræver en anseelig tilhørende svineproduktion. Det anslås således, at et fuldskala-anlæg vil have en kapacitet på mindst 250 ton pr. dag. Dette svarer rundt regnet til den daglige produktion af gødningstørstof fra ca. 650.000 slagtesvin, som af hensyn til omkostningerne til transport af gødningen, bør være lokaliseret tæt på pyrolyseanlægget. Dette synes imidlertid ikke urealistisk visse steder i Danmark, fx på Mors eller Als. Eventuelt kan gødning fra svin erstattes af anden biomasse i form af fx gødning fra slagtekyllingeproduktion, træflis eller husholdningsaffald.

I Danmark foregår der forsøg med pyrolyse af gødning ved Danmarks Tekniske Universitet. Erfaringerne er indtil videre primært opnået i forsøgsanlæg. Her anvendes en såkaldt LT-CFB proces, som rummer to procestrin. Først en pyrolyse og dernæst en forgasning af den koksrest (ca. 20 % af biomassen), som pyrolysen efterlader. Udgangspunktet er egentlig halm og sigtet er især samfyring på kraftværker, dvs. i meget stor skala. LT-CFB-forgasseren kan dog også udføres mindre målestok til behandling af husdyrgødning, der fyringsteknisk er problematiske LT-CTB-forgasseren forudsætter forudgående termisk tørring af husdyrgødningen. Der er hidtil kun udført forsøg med halm, træ og tørret svinegødning, men der er grund til at tro, at forgasseren også vil kunne fungere på både andre typer husdyrgødning og brændsler som husholdningsaffald, spildevandsslam, affald fra sukkerproduktion og kød- og benmel.. (Stoholm 2003, pers. med.)

5 Vekselvirkninger

Effekten af et eller flere tiltag til begrænsning af N og P tab fra husdyrgødning bør beregnes for hele produktionssystemer. Ved en korrekt effektvurdering indgår de enheder som næringsstofferne passerer igennem fra fodring til udbringning i marken og optagelse i afgrøden. Koncentrationen af de forskellige former for næringsstoffer (for kvælstof, uorganisk og organisk form) samt randbetingelser som pH og tørstof bør indgå i vurderingen. Her gives eksempler på hvorledes fodring påvirker ammoniakfordampningen og modelberegninger af hvorledes tiltag i stalden har indflydelse på tabet fra lagret og udbragt gødning.

Fodring

Hovedparten af ammonium i husdyrgødning fra svin og kvæg dannes ved hydrolyse af urea i urinen. Mere end 55-60% af kvælstof udskilt fra svin og kvæg findes i urinen, og heraf er 70-95% urea-kvælstof. Mindskes ekskretionen af urea på stald reduceres ammoniakemissionen fra stald, lager og udbragt gødning. I Danmark har man uden at reducere tilvæksten af slagtesvin mindsket ekskretionen af total kvælstof og især af urea ved at tilsætte essentielle aminosyrer til foderet.

En randbetingelse som gyllens surhedsgrad betyder også meget for ammoniaktabet i både stald, lager og ved udbringning. Kan gødningens pH reduceres med 1 enhed vil det groft sagt indebære en reduktion af ammoniaktabet med en faktor 10. Denne effekt vil kun blive udtrykt hvis der efter start på lagringen ikke sker en stigning i gødningens pH som følge af biologiske processer i gødningen under lagring i stald og slutlager.

I engelske og hollandske forsøg er det vist at en reduceret kvælstof-tilførsel til græs og kløvergræs har bevirket en reduceret ammoniakemission. I danske forsøg er det vist at en reduceret N-tilførsel har øget optagelsen af råprotein og dermed forårsaget en øget udskillelse af urin kvælstof, der som nævnt er kilden til ammoniak. Her er således eksempel på en kædebetragtning hvor gødskning får en direkte effekt på ammoniakemissionen; men effekten kan kun tolkes korrekt ved en systemanalyse.

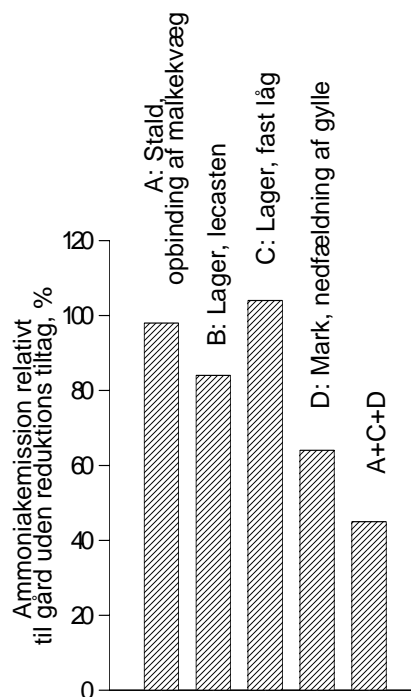
Ved at balancere kvælstof- og energitilførslen i tilskudsfoderet er det i et dansk forsøg vist, at koncentrationen af urea i urin kan reduceres uden at påvirke mælkeydelsen. Denne effekt er delvis udtrykt i praksis, idet kvælstof i suppleringsfoder er reduceret de senere år. Hvor der kun er staldfodring kan urea i urinen reduceres yderligere. Også kvæggødningens pH kan påvirkes gennem fodring af dyrene, der vil påvirke gødningens indhold af organiske syrer.

Modellering

En dynamisk model til beregning af ammoniakemissionen fra en gård med malkebesætning eller med fedekvæg er blevet udviklet af Hutchings *et al.* (1996). Med modellen kan det f.eks. vises, at ammoniaktabet reduceres ved at øge græsningsperioden for fedekvæg. Reduktionen i emissionen skyldes, at ammoniaktabet fra græssende dyr er lavt, da der ikke er emission fra gødningsklatter, og urea i urin siver ned i jorden før det hydrolyseres; ammoniakemissionen fra urinpletter er derfor væsentlig lavere end fra udbragt gylle, der har et højere tørstofindhold og derfor en ringere infiltrationsevne. Fra dyr på stald er der også flere emissionskilder (stald, lager og udbragt gødning).

Modellen kan også benyttes til at beregne vekselvirkninger ved forskellige tiltag til begrænsning af ammoniakemission fra landbruget (Sommer og Hutchings, 1995). Reduceres ammoniakemissionen fra stalde, øges ammonium-indholdet i og dermed ammoniakemissionen fra lagret og udbragt gylle. Reduktion i ammoniakfordampning fra en

gård vil derfor være mindre end emissionsreduktionen fra stalden, fordi der vil ske en stigning i emissionen fra lager og udbragt gødning. Sådanne effekter kunne håndteres med en regnearksmodel. Med den dynamiske model kan det imidlertid vises, at et låg på gyllebeholdere begrænser ammoniaktabet og også øger tørstofindholdet i gyllen, fordi nedbør ikke opsamles i beholderen. Hvis gyllen derpå bredspredes i marken, vil det højere tørstofindhold mindske infiltrationen og dermed øge ammoniakemissionen. Konsekvensen heraf er, at et låg på gyllen ikke reducerer det samlede ammoniaktab (figur 4.2.). Med modelberegningerne kan vi vise, at nedfældning løser dette problem.



Figur 4.2. Effekten af forskellige strategier til begrænsning af ammoniakemission fra en malkebesætning, der er på græs i sommerhalvåret og på stald med spaltegulv, hvor gødningen udmuges som gylle (Sommer og Hutchings, 1995).

Det er vist, at vekselvirkning mellem forskellige kilder på en gård kan medføre, at en reduktion i ammoniakemission fra en kilde kan resultere i så store stigninger i emissionen fra andre kilder, at den totale ammoniakemission ikke ændres. Det er derfor vigtigt at undgå at benytte emissionsfaktorer som N emission pr. dyreenhed eller tab i pct. af total-N, da man så kan risikere at vælge en fejlagtig strategi til begrænsning af emissionen. Disse faktorer påvirkes heller ikke af fodring. I stedet kan man, benytte enkle dynamiske modeller til beregning af effekten af forskellige tiltag til begrænsning af ammoniaktabet fra landbruget, hvor input til modellerne er fodring distribuering af N i organiske og uorganiske fraktioner samt gødningens pH og tørstofindhold (Hutchings et al., 1996). Det har imidlertid inden for den tidsmæssige ramme for udarbejdelsen af nærværende rapport ikke været muligt at arbejde med sådanne modeller. I rapporten opgøres ammoniakemissionen derfor i relation til gødningens total-kvælstof.

6 Økonomi

I dette kapitel foretages driftsøkonomiske vurderinger af teknologier, der kan bidrage til at forbedre kvælstof- og fosforudnyttelsen i husdyrgødningen og mindske tabet i de enkelte led i gødningshåndteringskæden. Afsnittet er disponeret således, at der først gennemføres analyser af teknologier og foranstaltninger til reduktion af ammoniaktabet fra stalde. Dernæst ses på overdækning af gyllebeholdere og markstakke. En række typer af separeringsanlæg vurderes. Endelig udføres analyser af biogasanlæg og kombinationer af separerings- og biogasanlæg.

Teknologier til læsning, pumpning, transport, fordeling og nedbringning er ikke omfattet.

Ved de enkelte teknologier anføres den forventede effekt på ammoniaktabet og på kvælstof- og fosforudnyttelsen. Ved værdisætningen heraf forudsættes, at kvælstof og fosfor efterfølgende håndteres og udnyttes optimalt i planteavl i henhold til gældende regler herom. Et sparet ammoniaktab i stalden findes efterfølgende som et merindhold i gødningen, men tabes det igen under lagring og/eller udbringning er nytteværdien nul.

Fremstillingen er bevidst gjort resultatorienteret, da der i flere tilfælde kan henvises til mere omfattende rapporter, hvor forudsætningerne er specificeret. De fleste af teknologierne er under udvikling og afprøvning, hvilket betyder, at datagrundlaget er usikkert og mangelfuldt. Der vil ved gennemgangen blive gjort opmærksom på disse forbehold.

For nogle af teknologierne vil potentialet for opnåelse af en bedre kvælstof- og fosforudnyttelse og dermed et mindre udslip til miljøet være indirekte. Det sker enten ved, at næringsstofferne kommer på en mere tilgængelig form for planterne og/eller ved, at næringsstofferne opkoncentreres og derved lettere kan transporteres over længere afstande. Endelig kan der til teknologierne være knyttet et lagrings- og transportsystem, der muliggør kørsel over større afstande og omfordeling af gødningen fra husdyrholdere til planteavlere.

Ved biogasanlæg opnås tillige en energiproduktion og en reduktion af drivhusgasser, smittekim og lugtgener. Sidstnævnte to fordele opnås også ved nogle af separeringsteknologierne. Der vil blive gjort opmærksom på størrelsesordenen af disse eksternaliteter, men der vil ikke i denne sammenhæng ske en værdisætning heraf. Det vil kræve en samfundsøkonomisk cost-benefitanalyse, som ikke er formålet her.

Prisniveauet i analyserne vil være 2002-priser. Der tages ikke hensyn til eventuelle skattemæssige konsekvenser. Forrentning og afskrivning af investerede beløb sker efter annuitetsprincippet med en realrente på 5-6 pct. og afskrivningsperioder, der svarer til en forventet teknisk levetid.

6.1 Tiltag i stalde

Under Landsudvalget for Svin pågår der et udredningsarbejde vedr. tiltag til reduktion af ammoniakfordampning i stalde. Der er tale om ny teknologi, som enten knapt er færdigudviklet eller med begrænset erfaringsgrundlag. Beregningerne i nedenstående tabel 6.1 hidrører fra dette udredningsarbejde. De er baseret på skøn og vurderinger ud fra hidtidige erfaringer samt producentoplysninger i et vist omfang. Desuden er størrelsen af fordampningsreduktionen ikke særlig veldokumenteret. Derfor er tallene meget foreløbige, og kan kun anvendes til at angive en størrelsesorden for meromkostningerne ved de pågældende tiltag. I eksemplet i tabel 6.1. er der regnet på en slagtesvineproduktion på 250 DE svarende til 9.000 svin pr. år.

Analysen omfatter behandling med svovlsyre i hhv. delvist spaltegulv og drænet gulv, luftrensning ved hhv. svovlsyretilsætning og biovasker, V-formet kumme under delvist spaltegulv, samt køling med skraber under delvist spaltegulv. Ved kølingen anvendes en varmepumpe, hvortil der vil være et vist elforbrug. Samtidig afgiver anlægget varme, som i givet fald skal udnyttes. Elforbrug og varmeudnyttelse er forudsat at opveje hinanden. Svovlsyrebehandlingen af gylle kan endvidere foregå som led i et separeringskoncept, hvorved der kan opnås andre fordele, som imidlertid ikke er indregnet. Endelig foretages luftrensning ikke alene af hensyn til ammoniakfordampning, men nok så meget for at undgå lugtgener for omgivelserne.

Tabellens øverste linie viser et skøn for ammoniaktabet ved konventionel håndtering. Nedenfor denne linie vises, hvilken reduktion det pågældende tiltag forventes at medføre, angivet i kg NH₃-N og i pct. af det oprindelige tab. Herefter anføres den merinvestering, som tiltaget skønnes at medføre ved indførelse i nye stalde. Dette beløb er efterfølgende omregnet til årlige meromkostninger. Disse reduceres med værdien af det kvælstof, der indvindes som følge af tiltaget, idet dette vil være til rådighed for udnyttelse i planteavl. Derved fremkommer en netto-meromkostning, som udtrykkes pr. ton gylle, pr. kg. reduceret N emission og pr. produceret slagtesvin. Tallene for fordampningsreduktionerne er forholdsvis usikkert bestemt og økonomivurderingerne er baseret på skøn og erfaringer, samt i et vist omfang på producentoplysninger. Der er ikke regnet på indførelse af teknologierne i eksisterende stalde, idet sådanne beregninger ville være meget usikre og i visse tilfælde vil det ikke være realistisk, at teknologien indføres i et eksisterende staldanlæg.

Tablet 6.1. Foreløbige skøn for omkostninger ved tiltag i stalde, 9000 slagtesvin produceret. Kilde: Poul Pedersen, Landsudvalget for Svin og Fødevarøkonomisk Institut.

	Svovlsyre-behand. delvist spaltegulv	Svovlsyrebehand. drænet gulv	Luftrensning svovlsyre	Luftrensning biovasker	V-formet Kumme, delvist spaltegulv	Køling+skraber delvist spaltegulv
Emission ved Trad. System Kg NH ₃ -N	3.402	3.969	3.969	3.969	3.402	3.402
Reduktion ved tiltag Kg NH ₃ -N	2.041	2.778	3.572	1.985	680	1.021
Red. i pct.	60	70	90	50	20	30
Merinvest. kr.	450.000	450.000	955.000	600.000	225.000	300.000
Årlige Meromk. kr.	91.220	91.220	182.300	101.000	29.850	45.800
Værdi af N i ²⁾ Reduceret tab	10.200	13.890	17.850	9.925	3.400	5.100
Meromk. netto kr. pr. år	81.020	77.330	164.450	91.075	26.450	40.700
- pr. ton gylle ¹⁾	20,2	19,3	41,1	22,7	6,6	10,2
- pr. kg red N	39,7	27,8	46,0	45,9	38,9	39,9
- pr. prod. svin	9	8,6	18,3	10,1	2,9	4,5

¹⁾ Ved 0,445 ton gylle pr. produceret svin.

²⁾ Ved 5 kr. pr. kg. reduceret N tab.

Det fremgår, at netto-reduktionsomkostningerne beløber sig til mellem knap 28 og 46 kr. pr. kg. reduceret N og mellem 3 og 18 kr. pr. produceret slagtesvin. Det skal bemærkes, at de anførte teknologier ikke uden videre kan sammenlignes på dette grundlag, idet der kan

forekomme positive og negative sideeffekter, som nødvendigvis må tages i betragtning. Fx er det ikke afklaret, om syrebehandlingen har betydning for levetiden af gyllekanalernes betonsider, og at den primære interesse i luftrensning hidtil har været reduktion af lugtgener.

6.1.1 Kvægstalde

Moderne kvægstalde indrettes oftest med naturlig ventilation, og derfor er luftrensning som tiltag ikke aktuell her. Men mange kvægstalde er indrettet med gyllesystemer i ringkanaler, som netop er en forudsætning for svovlsyrebehandling, idet frisk gylle fra stalden skal kunne skylles ud med syrebehandlet gylle, for i en tank at blive behandlet med syre. Potentialet vurderes derfor at være relativt stort i både eksisterende og nye kvægstalde. Nye kummetyper og køling vil kun være aktuell i nye stalde, idet de ikke uden betydelige omkostninger indføres i eksisterende stalde.

I forbindelse med kvægstalde arbejdes der for øjeblikket med nye gulvkoncepter. Det drejer sig om drænede gulve med riller eller fald og med skraber. Formålet er hurtigt at afdræne ajlefraktionen og føre denne ud af stalden. Desuden kan fæcesfraktionen skrubes ud med relativt korte intervaller. Systemerne er beskrevet i bilag 2. Det angives her, at de første undersøgelser viser, at der med korrekt udførelse kan opnås 50 pct. ammoniakreduktion i forhold til spaltegulve med ringkanalsystem. Det er desuden opfattelsen, at de nye systemer ikke er dyrere at etablere end det nuværende mest udbredte system med spaltegulve og ringkanaler. (Hansen, 2003, pers. med.)

Det forventes, at der efterfølgende vil ske en sammenblanding af fæces og urin, fordi gylle som gødningstype økonomisk og arbejdsmæssigt er lettest håndterbar. Det giver samtidig de bedste muligheder for kvælstofudnyttelse, men til gengæld øges emissionen af metan i forhold til, hvis fraktionerne blev holdt hver for sig.

6.1.2 Svinestalde

Det forventes, at svovlsyrebehandling kan indføres i relativt mange eksisterende svinestalde. Og naturligvis også i nye. I mange svineproduktioner er der incitament til begrænsning af lugtemissioner. Derfor er luftrensning, med reduktion af ammoniakfordampning som sidegevinst et oplagt alternativ. Nye gulve og kummetyper samt køling vil kun være relevant ved nybyggeri.

6.1.3 Fjerkræstalde

Der findes fjerkræstalde med gødningskældre, der skylles med vand. Der er her tale om æglæggende høns i bure, men dette system er under udfasning, hvorfor syrebehandling næppe er vejen frem. Faktisk er ammoniakemissionerne større ved gulvdriftssystemerne end ved bure med gødningskælder eller transportbånd. Derfor synes potentialet for reduktion af ammoniakfordampning umiddelbart at skulle realiseres ved rensning af staldluften.

6.1.4 Pelsdyrfarme

Hvor der findes gyllekummer til udtagning af ekskrementer fra minkbure og der i disse kan foretages returskylning, vil der kunne indføres svovlsyrebehandling af gyllen. Det kan under alle omstændigheder indføres ved nyanlæg. Der er indført bestemmelser om indretning af pelsdyrproduktion med gyllekummer/render der for større farme skal være opfyldt inden udgangen af 2004. Potentialet for ammoniakreduktion er relativt stort pga. det høje proteinindhold i foderet. Luftrensning kan til gengæld ikke anvendes, da mink som oftest holdes i sideåbne huse.

Uden at det dog er nærmere analyseret vurderes det, at der vil være relativt betydelig størrelsesøkonomisk effekt ved investering i alle de nævnte tiltag. Dette vil fremme den generelle udvikling mod større og større besætninger, men vil dog næppe have afgørende betydning for strukturudviklingen.

6.2 Overdækning af lagertanke og markstakke

Fra 1. marts 2003 er det et lovkrav, at der er fast overdækning på beholdere med flydende husdyrgødning. Dog kan der etableres en anden tæt overdækning, hvis der fra 1. februar føres en logbog, der skal sikre, at der holdes øje med om overdækningen er intakt og tæt.

Fast overdækning er: flydedug, teltoverdækning, betonlåg eller lignende

Tæt overdækning er: naturligt flydelag, halm, leca eller lignende.

Formålet med overdækning af lagertanke er primært at reducere fordampningen med ammoniak. Reduktionen i fordampning har dels miljømæssig betydning, men også økonomisk betydning for landmanden, idet der vil kunne opnås en højere kvælstofudnyttelse. Dette vil bidrage til at betale for overdækningen. Hertil kommer, at fx betonlåg og teltoverdækning hindrer regnvand i at komme i tanken. Dermed bliver der mindre mængde at køre ud, hvorved der opnås en transportbesparelse. Endelig vil en overdækning kunne bidrage til reduktion af lugtgener.

De afledte økonomiske effekter bør tages i betragtning ved beregning af omkostningerne til overdækning af lagertanke.

Desuden er der behov for at skelne mellem svine- og kvægbedrifter, idet svinegylle ikke er så tilbøjelig til at danne naturligt flydelag som kvæggylle. Det vurderes, at mange gylletanke til svinegylle må overdækkes med halm for at opfylde lovgivningens krav. Derfor betragtes overdækning med halm som udgangssituationen i tabel 6.2.

For at komme frem til tallene i tabel 6.2 og 6.3 er det forudsat, at der er anvendt den samme udbringningsteknik - slæbeslanger. I tallene er der ikke taget højde for forskelle i udnyttelsen af tildelt N som følge af forskellig viskositet/infiltreringsevne. Den fulde effekt i begrænsning i ammoniakemission opnås kun, hvis der anvendes lavemissionsteknologi ved udbringning i marken.

Tabel 6.2. Omkostninger ved forskellige typer overdækning på svinebedrift. Kilde: FØI rapport nr. 138, 2002, Håndtering af husdyrgødning.

	Halm	Flydelåg	Telt overdækning
Kg N/ton ab stald	6	6	6
Lagertab kg N/ton	0,09	0,09	0,06
Lagertab i pct.	1,5	1,5	1
Omk. overdækning kr./ton	1,5	3,7	10,9
-lagerbesparelse regnvand, kr/ton	0	0,96	0,96
-udkørselsbesparelse regnvand, kr./ton	0	1,34	1,34
I alt, kr. pr. ton	1,5	1,4	8,6
- øget N-værdi, kr./ton	-	0	0,15
Nettoomkostninger kr./ton	1,5	1,4	8,45

Resultaterne i tabel 6.2 viser, at der i fordampningsmæssig henseende ikke er forskel på halmoverdækning og flydelåg, hvorimod fordampningen reduceres en smule (0,03 kg N/ton) ved den noget dyrere teltoverdækning. Flydelåg er i første omgang dyrere end halm, men hvis der tages hensyn til det reducerede volumenbehov, fordi regnvand hindres i at komme i tanken, er det en smule billigere end halmoverdækning. Den marginalt øgede kvælstofværdi kan ikke betale for teltoverdækningen.

Kvæggylle vil i de fleste tilfælde danne naturligt flydelag. Derfor er naturligt flydelag valgt som udgangssituation i tabel 6.3.

Tabel 6.3. Omkostninger ved forskellige typer overdækning på kvægbedrift. Kilde: FØI rapport nr. 138, 2002, Håndtering af husdyrgødning.

	Naturligt Flydelag	Halm	Flydelåg	Telt- overdækning
Kg N/ton ab stald	7	7	7	7
Lagertab kg N/ton	0,12	0,09	0,09	0,06
Lagertab i pct.	2	1,5	1,5	1
Omk. overdækning kr./ton	0	1,5	3,7	10,9
-lagerbesparelse regnvand, kr./ton	0	0	0,96	0,96
-udkørselsbesparelse regnvand, kr./ton	0	0	1,34	1,34
I alt, kr. pr. ton	0	1,5	1,4	8,6
- øget N-værdi, kr./ton	0	0,15	0,15	0,30
Nettoomkostninger kr./ton	0	1,35	1,25	8,30

For kvæggylle er naturligt flydelag det billigste alternativ. Der kan opnås en marginal reduktion i ammoniakfordampningen ved i stedet at anvende halmoverdækning eller flydelåg, men det koster 1,35, hhv. 1,25 kr. pr. ton gylle. Ved teltoverdækning kan der yderligere opnås en beskedne reduktion, som dog ikke kan betale meromkostningerne.

Med udgangspunkt i de gældende regler, kan der således kun opnås beskedne yderligere reduktioner i ammoniakfordampningen fra lagertanke selv ved anvendelse af de mest avancerede og omkostningskrævende overdækningsformer.

Ifølge FØI rapport 138 sker der et betydeligt N tab i markstakke. Uden overdækning er tabet 25 pct. af ammoniakinholdet. Tabet halveres ved lufttæt overdækning. Fra 1. august 2004 er der lovkrav om anvendelse af kompostdug eller lufttæt overdækning af markstakke, hvorefter det vil være vanskeligt at opnå yderligere væsentlige reduktioner i ammoniakfordampning fra markstakke.

Tabel 6.4. viser, at overdækning af markstak er særdeles økonomisk lønsom, idet omkostningerne hertil er beskedne, og den relativt store mængde kvælstof, der fastholdes, repræsenterer en relativt stor værdi.

Tabel 6.4. Omkostninger ved overdækning af dybstrøelse i markstak. Kilde: FØI rapport 138, 2002, Håndtering af husdyrgødning.

Reduktion af N-tab, kg/ton	1,63
Omkostninger overdækning, kr./ton	1,72
Arbejdsomkostninger overdækning, kr./ton	0,71
I alt overdækning, kr./ton	2,43
- værdi af reduceret N tab, kr./ton	8,2
Nettoomkostninger overdækning markstak, kr./ton	-5,74

I tabel 6.2.-6.4. er anvendt en forudsætning om 100 pct. udnyttelse af kvælstof i fordampningsreduktion, til en pris på 5 kr./kg N.

Når reglerne i den seneste husdyrgødningsbekendtgørelse er endeligt implementeret, er der i princippet tæt overdækning ved lagring af alle typer husdyrgødning. Overdækningerne finder således anvendelse i forbindelse med både bestående og nye staldanlæg.

Ifølge FØI rapport 138 falder omkostningerne til lagring og overdækning ved stigende mængder, og der er således tale om en størrelsesøkonomisk effekt.

6.3 Gylleseparering

Økonomien vurderes med udgangspunkt i analyserne i rapport nr. 142 fra FØI, Separering af gylle – en teknisk-økonomisk systemanalyse. Analyserne omfatter lavteknologisk separering ved hjælp af en dekantercentrifuge og højteknologisk separering repræsenteret anlægget Funki MANURA 2000. Der findes flere andre teknologier/fabrikater, men de to nævnte vil give et nogenlunde repræsentativt billede af de økonomiske muligheder i gylleseparering.

I første omgang vises resultater af beregninger uden hensyn til den rabat på arealkravet i henhold til landbrugsloven, der nu er åbnet for. Til sidst inddrages yderligere den fordel, der kan tilskrives separeringen, men som må ses i forhold til om den produktionsudvidelse, der udløser et øget arealkrav, også kan give omkostningsdækning.

Som udgangspunkt for beregningerne gælder, at der ikke forsvinder næringsstoffer ved at separere. Det vil sige, der er principielt de samme krav til harmoniareal før og efter. Ideen i separeringen er, at få næringsstofferne opkoncentreret, så de lettere kan lagres og transporteres til forbrug i marken. I så henseende giver separering især nogle muligheder for en bedre fosforudnyttelse (P), mens hidtidige analyser ikke har kunnet dokumentere, at kvælstofudnyttelsen (N) forbedres ved separering. Dette skal ses i sammenhæng med, at kravene til det maksimale antal dyreenheder pr. ha (N-baseret) skal opfyldes under alle omstændigheder, mens der i dag ikke stilles krav til P-udnyttelsen.

6.3.1 Lavteknologisk separering

I tabel 6.5. er vist omkostningsberegninger for forskellige størrelser af dekantercentrifuger.

Tabel 6.5. Investering i dekantercentrifuger, stationært anlæg. Kilde: FØI rapport 142, Separering af gylle.

	Kapacitet tons pr. time		
	3	7	15
Årlig kapacitet, tons	21.000	49.000	105.000
Anlægspris, inkl. bygning, 1.000 kr.	976	1.277	1.678
Omkostninger, kr. pr. ton			
- forrentning og afskrivning	6,2	3,4	2,1
- el-udgifter	1,8	1,5	1,3
- vedligeholdelse	4,4	2,0	1,3
- arbejdskraft	1,5	1,0	0,4
I alt	13,9	7,9	5,1

Det fremgår, at der er betydelige størrelsesøkonomiske fordele ved separering. Ved lavere kapaciteter end vist i tabellen vil omkostningerne blive højere. Der er ikke mange besætninger i Danmark, der råder over 21.000 tons gylle, (ca. 1000 DE), som er kapaciteten i det mindste anlæg. Et mobilt dekanteranlæg, der kan betjene flere bedrifter kan være en løsning for især mindre bedrifter, hvor et stationært anlæg ville blive alt for omkostningskrævende. Der er imidlertid ikke mange erfaringer med mobile dekanteranlæg under danske forhold, men der er for øjeblikket et modul under afprøvning flere steder i landet. En maskinstation, der efterfølgende søger at markedsføre servicen overfor sine kunder, forventer et prisniveau på 25-30 kr. pr. m³, hvilket er noget højere end for et stationært anlæg ved fuld kapacitetsudnyttelse.

I tabel 6.6. er vist de samlede omkostninger i forhold til traditionel håndtering ved forskellige grænser for P-tilførsel pr. ha og dermed forskellig P-udnyttelse.

Tabel 6.6. Samlede omkostninger til lavteknologisk separering i forhold til traditionel håndtering. Kilde: FØI rapport 142, Separering af gylle.

	Traditionel	Traditionel + eksport	Dekanter 30 kg P/ha	Dekanter 21 kg P/ha
Gyllemængde ab stald, tons	17.300	17.300	17.300	17.300
P-mængde, kg	28.200	28.200	28.200	28.200
Tilført P, kg pr. ha	40	30	30	21
Udnyttet P, pct.	53	70	70	100
Omkostninger i alt, 1.000 kr.				
- separering	-	-	241	241
- lagring	327	327	344	344
- udbringning	256	256	356	356
- transport af overskudsmængde	-	116	17	34
- supplerende handelsgødning, inkl. udbytteeffekt	99	188	114	127
Samlede omkostninger	682	887	1.072	1.102
Samlede omkostninger, kr. pr. ton	39	51	62	64
Meromkostninger, kr. pr. ton	-	12	23	25
Meromkostninger, pr. kg P yderligere udnyttet	-	43	83	32
Nulpunktsafstand, km	-	-	72	29

Som grundlag for beregningerne tages udgangspunkt i en samlet gyllemængde ab stald (svin) på 17.300 tons. P-udnyttelsen stiger fra 53 pct. ved traditionel håndtering (1,4 DE pr. ha) til 70 og 100 pct., når der doceres 30 henholdsvis 21 kg pr. ha i sædskiftet. Transport af overskydende mængde sker over 25 km. Der er sket en samlet afstemning af gødningstilførslen, herunder en supplerende med handelsgødning samt indregning af en udbytteeffekt ved dekanter i forbindelse med nedfældning af den flydende fraktion. Alle disse forudsætninger fremgår af rapport nr. 142 fra FØI.

Meromkostningerne pr. ton ab stald er 23 og 25 kr. ved dekanterseparering i forhold til traditionel håndtering, men kun 12 kr. pr. ton ved traditionel + eksport. Det er antaget, at der hverken for eksporteret gylle eller fiberfraktion kan opnås en betaling for næringsstofferne, selvom lagring og udbringningsomkostningerne er afholdt. Antages i stedet, at de eksporterede næringsstoffer kan indbringe en værdi svarende til sparet handelsgødning, vil meromkostningerne blive henholdsvis 2, 18 og 16 kr. pr. tons. Separeringen vil dog fortsat være den dyreste løsning.

Meromkostninger pr. yderligere udnyttet kg P er beregnet til 43, 83 og 32 kr. Når omkostningerne er lavest ved den sidste dekanterløsning, hænger det sammen med, at udnyttelsesprocenten her når op på 100 mod 70 og 53 pct. i de øvrige.

Der er beregnet en nulpunktsafstand, hvorved forstås den transportafstand, hvor meromkostningerne ved etablering af et dekanteranlæg er nul. Ved traditionel + eksport transporteres en større mængde og øges transportafstanden bliver forskellen i transportomkostninger større og reducerer meromkostningerne. Ved 30 tons P pr. ha kan gyllen transporteres 72 km for at meromkostningerne udlignes. Ved 21 tons P pr. ha skal sammenlignes med tilsvarende for traditionel + eksport (ikke vist i tabellen) og nulpunktsafstanden er her 29 km.

Er situationen den, at det kun er for separerede produkter, at der kan opnås en betaling, øges separeringsanlæggets konkurrenceevne, idet meromkostningerne ved traditionel + eksport fortsat er 12 kr. pr. ton.

6.3.2 Højteknologisk separering

I tabel 6.7. vises investeringsbeløb og årlige omkostninger for et MANURA 2000 anlæg. Ved separeringen fremkommer 4 fraktioner: Humus, N, NPK og ”rent vand”.

Tabel 6.7. Investering og driftsomkostninger ved MANURA separeringsanlæg. Kilde: FØI rapport 142, Separering af gylle.

Årlig kapacitet, tons	17.300
Investering, 1.000 kr.	
- Anlæg	4.473
- Bygning, lagre, installation	762
I alt	5.235
Årlige omkostninger, kr. pr. ton	
- Forrentning og afskrivning	38,9
- Energiforbrug	24,2
- Tilsætninger og vedligehold	12,0
- Arbejdskraft	3,0
I alt	78,1

Den årlige kapacitet er beregnet til 17.300 tons. Investeringerne er 5,2 mio. kr. og omkostninger 78 kr. pr. m³. Hvis den behandlede mængde falder, stiger omkostningerne pr. m³, hvilket indikerer, at der er betydelige størrelsesøkonomiske fordele, da anlægget kun forefindes i en størrelse.

På tilsvarende måde som ved dekantercentrifugering er de samlede omkostninger beregnet i tabel 6.8. Forudsætningerne fremgår af rapport nr. 142, herunder at hele produktionskæden er omfattet til og med anvendelse i planteavl, der er mere kompliceret, da der er 4 fraktioner at fordele.

Tabel 6.8. De samlede omkostninger ved højteknologisk separering. Kilde: FØI rapport 142, Separering af gylle.

	Traditionel	Traditionel + eksport	Manura 1 30 kg P/ha	Manura 2 21 kg P/ha
Gyllemængde ab stald, tons	17.300	17.300	17.300	17.300
P-mængde, kg	28.200	28.200	28.200	28.200
Tilført P pr. ha	40	30	30	21
Udnyttet, pct.	53	70	70	100
Omkostninger i alt, 1.000 kr.				
- separering	-	-	1.302	1.302
- lagring	327	327	148	148
- udbringning	256	256	199	199
- transport af overskud	-	116	15	28
- supplerende handelsgødning	100	188	124	132
Samlede omkostninger	683	887	1.788	1.809
Samlede omkostninger, kr. pr. ton	39	51	103	104
Meromkostninger kr. pr. ton	-	12	64	66
Meromkostninger kr. pr. kg P yderligere udnyttet	-	43	231	86
Nulpunktsafstand, km			247	121

Det fremgår, at meromkostningerne ved højteknologisk separering er betydelige til trods for, at der spares en del på lagring og udbringning. De eksporterede næringsstoffer antages også her at have nul værdi. En værdisætning vil ikke ændre konkurrenceforholdet for den højteknologiske separering. Omkostninger ved en bedre P-udnyttelse er ret høje. Beregningerne viser også, at gylle kan transporteres meget langt før omkostningerne til transport svarer til meromkostningerne ved et højteknologisk anlæg.

Udbredelsen af separeringsanlæg må ses i sammenhæng med, om der kan skabes et egentligt marked for fiberfraktionen og øvrige næringsstoffraktioner, herunder via opgradering og omsætning som handelsgødning. Der ikke mange erfaringer desangående. Der må givetvis regnes med yderligere behandlingsomkostninger og omsætningsomkostninger, så der ikke opnås fuld gødningsværdi i forbindelse med et salg. Det er imidlertid et centralt udviklingsområde og en forudsætning for en større udbredelse af separeringsanlæg.

6.3.3 Nedsættelse af arealkravet

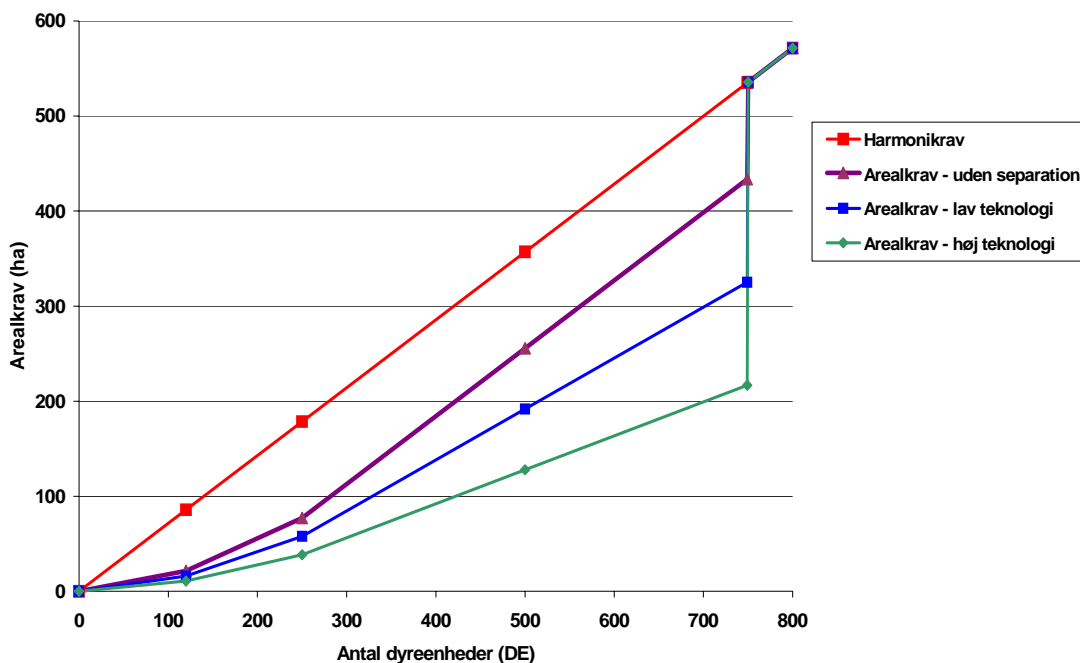
I henhold til landbrugsloven gælder et arealkrav, forstået som det areal, der skal ejes. Dette beregnes som en pct. af harmoniarealet, altså kravet til gødningsareal. Jo større bedrift, desto større andel af harmoniarealet skal ejes og ved 750 DE og derover er ejerandelen 100 pct.

Regelsættet for svinebedrifter er skitseret i figur 6.1. Det fremgår, at arealkravet er reduceret, når der investeres i separeringsanlæg, 25 pct. ved lavteknologi og 50 pct. ved højteknologi.

Det vil sige, at en besætning kan udvides markant uden samtidig at skulle investere i mere jord, hvilket er en fordel specielt ved meget høje jordpriser, som især forekommer i husdyrtætte områder. Men harmonikravet (ved svin max 1,4 DE pr. ha) skal fortsat opfyldes og nu i større udstrækning via gødningsaftaler

De sparede omkostninger ved ikke at skulle betale overpris for jorden, i forhold til afkastet fra planteavlen, kan da godskrives separeringsanlægget, og det forbedrer naturligvis lønsomheden. Men man må ikke "stirre sig blind" på denne fordel. Omkostningerne, hvad

enten de vedrører jordkøbet eller separeringsanlægget, skal betales af husdyrproduktionen, der skal præstere et ganske pænt overskud for at kunne betale for enten jorden eller separeringen.



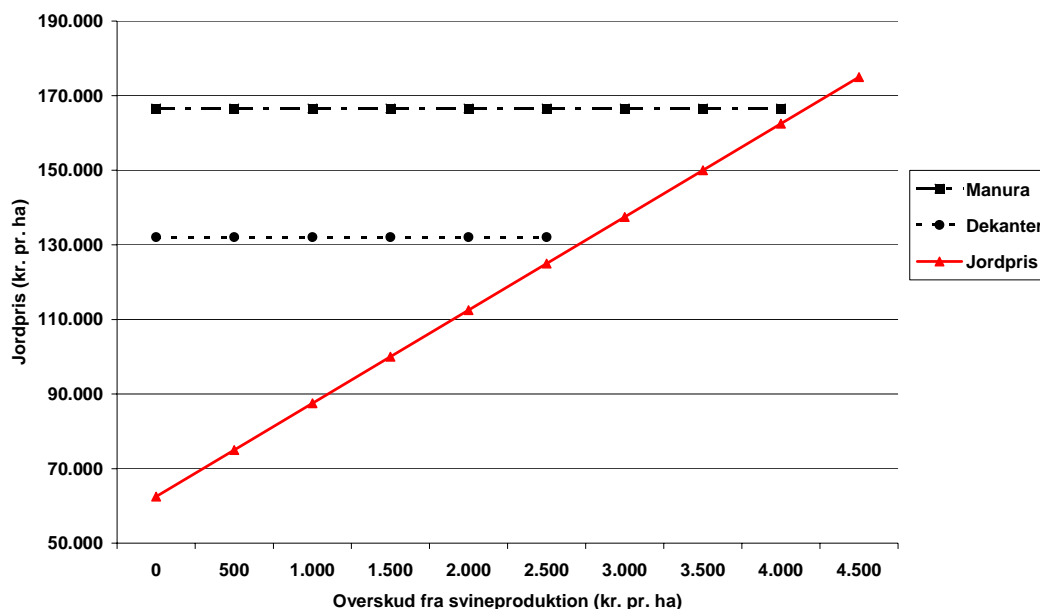
Figur 6.1. Arealkrav og harmonikrav på svinebedrifter med og uden separeringsanlæg

Dette er illustreret i figur 6.2., hvor der forudsættes udvidelse af en svineproduktion fra 250 til 500 DE og en jordinvestering i 179 ha. Alternativet er investering i dekanter eller MANURA anlæg samtidig med en reduceret jordinvestering i henholdsvis 115 og 51 ha.

Det ses, at jordprisen skal op over henholdsvis ca. 130.000 kr. pr. ha og ca. 165.000 kr. ha for, at de to anlæg er rentable. Men samtidig skal overskuddet i svineproduktionen være mindst 2.800 henholdsvis 4.000 kr. pr. ha (svarende til 2.000 henholdsvis 2.850 kr. pr. DE) for, at den samlede investering i det hele taget er rentabel, og så store overskud er der ikke mange, der præsterer.

Figur 6.2. Besætningsudvidelse, investering i separeringsanlæg, jordpris og krav til overskud.

Den skrå linie viser hvilken jordpris der kan betales ved et givet overskud i svineproduktionen (planteproduktion forrenter de første 62.500 kr.). Med vandrette linier er for de to typer separeringsanlæg vist ved hvilke jordpriser, der er balance i økonomien.



Kilde: FØI rapport 142, Separering af gylle.

Samlet set er økonomien i separeringsanlæg tvivlsom. Der skal være helt særlige forudsætninger tilstede:

1. Bedriften skal være placeret i et husdyrintensivt område, hvor der er høje jordpriser, og hvor det er svært at få gylleaftaler og hvor gyllen skal transporteres meget langt.
2. Bedriften har en størrelse eller kan gå sammen med andre, således at den samlede mængde udgør over 15.000 tons gylle.
3. Ejeren af bedriften skal ønske at udvide og bedriften vil efter udvidelsen være uharmonisk, hvis der ikke skaffes mere jord. Separeringsanlægget kan derved betyde besparelser i jordkøb.
4. Husdyrproduktionen skal over en længere periode kunne generere et betydeligt overskud (over 2.800 kr. pr. ha pr. år, svarende til 2.000 kr. pr. DE).

Det er vigtigt, at der findes et egentligt marked for de forskellige fraktioner – hvilket ikke er tilfældet i dag.

Det er endnu uklart, hvorledes den ny EU-forordning om anvendelse af animalske biprodukter udmøntes i Danmark. Et eventuelt krav om hygiejnisering i forbindelse med separering kan hindre udbredelsen af både dekanter og MANURA anlæggene, da fiberfraktionen, som begge anlæg producerer, ikke hygiejniseres. Alternativet til separering er konventionel håndtering og indgåelse af gødningsaftaler, hvor der formentlig ikke vil blive stillet krav om hygiejnisering af gyllen, før den fordeles til andre bedrifter.

6.4 Biogasanlæg

Biogasanlæg behandler flydende husdyrgødning og organisk industriaffald. Der findes kun få systematiske undersøgelser af omsætningen af kvælstof i et biogasanlæg. De fleste analyser af udrådnet blandet biomasse har et ammoniumindhold på 80% af gyllens total N indhold. I gylle fra biogasanlæg hvor gyllen hovedsaglig bestod af svinegylle har ammoniumindholdet i udrådnet biomasse været 80-81% og fra biogasanlæg hvor gyllen hovedsagligt bestod af kvæggylle har ammoniumindholdet i udrådnet kvæggylle været 70-73%.

Det er dokumenteret, at den samlede næringsstofudnyttelse øges ved behandling i et biogasanlæg set i forhold til anvendelse af ubehandlet gylle (Birkmose 2003, pers. med.). Forbedringen skyldes dels den øgede mineralisering, dels en fordelings effekt. På baggrund af en række specifikke forudsætninger, blev det i FØI rapport 136 beregnet, at N-udnyttelsen samlet stiger med 183 ton, P med 43 ton og K med 71 ton for et biogasfællesanlæg, der behandler 550 tons biomasse pr. dag, hvoraf ca. 20 pct. udgøres af organisk industriaffald. Hvis emissionsreduktionen udtrykkes pr. ton biomasse behandlet bliver tallet 90 kg CO₂ ækvivalenter pr. ton biomasse behandlet (Sommer et al. 2001).

Gennem biogasfællesanlæggene sker der desuden en omfattende genanvendelse af organisk industriaffald. Den forbedrede næringsstofudnyttelse medfører omkostningsbesparelser for de deltagende landmænd, der også i nogle tilfælde opnår besparelser i omkostninger til opbevaring og udkørsel af gylle. Disse besparelser er vurderet til ca. 5 kr. pr. ton gylle leveret til anlægget. Anvendelse af organiske affaldsprodukter vil dog også øge mængden af kvælstof og fosfor, der skal udnyttes i landbruget. Det vil give et øget pres på opfyldelse af harmonikravene og øge behovet for separering.

I FØI rapport nr. 136 blev der beregnet følgende behandlingsomkostninger i et nyt biogasfællesanlæg, jf. tabel 6.9.

Tabel 6.9. Behandlingsomkostninger i biogasfællesanlæg

	300 m ³	550 m ³	800 m ³
Behandlingskapacitet, m ³ /dag	300 m ³	550 m ³	800 m ³
- Transportomkostninger, kr./m ³	16	16	18
- Behandlingsomkostninger, kr./m ³	53	41	35
Samlede omkostninger, kr./m ³	69	57	53

De samlede behandlingsomkostninger beløber sig til 53–69 kr. pr. m³ blandet biomasse behandlet i anlægget. Beregningerne, der er baseret på erfaringer fra 20 eksisterende anlæg, viser, at omkostningerne kan balanceres ved indtægter fra salg af biogas og behandlingsgebyr ved modtagelse af affald. Det er en betingelse, at der kan tilføres 20-25 pct. organisk industriaffald, så der kan opnås et tilstrækkeligt højt gasudbytte, og at der kan opnås afregningsvilkår for salg el og varme baseret på biogas svarende til de hidtidige rammebetingelser.

Biogasanlæg kan behandle flydende og fast husdyrgødning, dog er traditionelle biogasanlæg ikke indrettede til behandling af dybstrøelse pga. det store indhold af halm. Der er altovervejende tale om behandling af gylle, men enkelte anlæg har tilført fast gødning, men udbredelsen er begrænset af transportomkostningerne. Ajle tilføres af økonomiske grunde ikke til biogasanlæg. Biogasanlæg er således meget fleksible mht. hvilke stald- og gødningssystemer, de kan tilpasses til og kan anvendes i forbindelse med både eksisterende og nye stalde.

FØI rapport nr. 136 påviser betydelig størrelseseffekt, når det drejer sig om økonomien i biogasfællesanlæg. De tilknyttede landbrugsbedrifter påvirkes imidlertid ikke heraf, idet afhentningsfrekvensen indrettes efter de enkelte bedrifters gødningsproduktion

6.5 Gylleseparering i kombination med biogas

Der har historisk været en vis interesse for gylleseparering i forbindelse med biogasanlæg, især ved fællesanlæggene. Ved et nyt stort fællesanlæg i 1990 blev der etableret et fuldskala membranfiltreringsanlæg, som dog aldrig kom til at fungere efter hensigten på grund af tekniske problemer. Enkelte fællesanlæg er udstyret med skruepresser, som lejlighedsvist har været anvendt til produktion af en fiberfraktion beregnet for salg. Der har imidlertid ikke været muligt at etablere et marked herfor.

Der kan peges på flere punkter, hvor gylleseparering med fordel kan ses i sammenhæng med biogas, og i nogle tilfælde vil der sandsynligvis kunne konstateres en synergieffekt. Det gælder både i forbindelse med gårdbiogasanlæg og fællesanlæg, men ikke nødvendigvis på helt samme måde.

Gårdbiogasanlæg

- På mange gårdbiogasanlæg er der i perioder store mængder overskudsvarme, der kan indgå i en separeringsproces.
- Afgasset gylle har et lavere tørstofindhold, hvorved selve separeringen lettes.

Biogasfællesanlæg

- Størrelsesøkonomiske fordele kan udnyttes.
- Kvalificeret personale til håndtering af kompliceret teknologi.
- Infrastruktur til afsætning af næringsstoffraktioner.

Et særligt perspektiv i fællesanlægssammenhæng er muligheden for at separere på bedriftsniveau, og efterfølgende anvende tørstoffractionen i biogasfællesanlægget. Derved kan tørstofindholdet i den behandlede mængde opkoncentreres, hvorved gasudbyttet øges, og økonomien forbedret. Hidtil har man øget gaspotentialet med tilsætning af organisk industriaffald. Anvendelse af forsepareret gylletørstof vil kunne mindske anlæggenes afhængighed af organisk industriaffald, og derved øges potentialet for udbygning med anlæg. Samtidig kan der muligvis spares omkostninger til transport.

Endelig er der fuldt integrerede systemer, hvor der er indbygget en vekselvirkning mellem biogasdel og separeringsdel, hvor formålet er både at opnå en meget effektiv omsætning af det organiske stof under biogasprocessen efterfulgt af en højteknologisk separering.

Green Farm Energy konceptet har været aktuelt de seneste par år, og før dette blev Biorekssystemet fra Bioscan meget omtalt. De to koncepter er forskellige på afgørende punkter, men rummer netop begge integreret biogas- og separeringsteknologi til effektiv stofomsætning og produktion af opkoncentrerede næringsstoffraktioner.

Ved de integrerede systemer er det hensigten, at behandlingsomkostninger skal kunne dækkes gennem indtægter fra salg af elektricitet fra gasproduktionen samt næringsstoffer til gødningsindustrien og andre aftagere. Det er således målet, at systemet økonomisk som

minimum skal hvile i sig selv, således at evt. reducerede emissioner opnås uden meromkostninger, hvis anlægsleverandørernes beregninger holder stik.

Som ved anden gylleseparering bør evt. meromkostninger ses i relation til reduceret arealkrav, ændret næringsstofudnyttelse og ændrede udbringningsomkostninger. I lyset heraf er det muligt, at nogle landmænd vil være villige til at betale et vist beløb for at kunne afsætte overskydende husdyrgødning. Beløbet vil i givet fald modsvare den omkostningsbesparelse der opnås i forhold til traditionel håndtering og afsætning af den pågældende gødningsmængde.

De fuldt integrerede systemer har imidlertid ikke været underkastet en officiel afprøvning, og de forventede synergieffekter, systemernes drift og økonomi er for nærværende ikke særlig veldokumenterede.

7 Næringsstofbegrænsning - dyrevelfærd - arbejdsmiljø

(Dette afsnit bygger bl.a. på bilag 1)

Der er en stigende bevågenhed over for såvel dyre- og arbejdsmiljø som det omgivende miljø. I dag er der minimumskrav med hensyn til stiareal pr. dyr og til anvendelse af rodemateriale.

Hertil kommer, at der ikke fremover må bygges slagtesvinestalde med fuldspaltegulv, idet lovgivningen kræver, at mindst 1/3 af stiarealet skal være forsynet med fast gulv. Med hensyn til anvendelse af rodemateriale er det indtil videre ikke nærmere defineret, hvad det dækker over, men det er sandsynligt, at der inden for en årrække vil komme et krav om, at rodematerialet skal være "meningsfyldt", dvs. ikke en bold eller et bildæk, men noget der kan omsættes (fortæres). Så er tanken ikke langt væk fra genindførelse af halmstrøelse. Disse forhold som alle på én eller anden måde påvirker ammoniakfordampningen, vil utvivlsomt komme til at præge udviklingen også de nærmeste ti år.

På arbejdsmiljøområdet findes der regler om ventilation på arbejdsrum. I hvert arbejdsrum skal der være tilstrækkelig tilførsel af frisk luft uden generende træk. Tilførslen skal sikre frisk luft på arbejdsstedet og er som udgangspunkt et krav om komfort. Tilførslen skal imidlertid også fjerne fx mindre, spredte forureninger fra mennesker og materialer. Er tilførslen af frisk luft gennem vinduer ikke tilstrækkelig, skal tilførslen ske ved mekanisk ventilation.

Herudover skal et arbejdsrum skal være isoleret mod udefrakommende fugt, kulde og varme og mod støj og vibrationer. Ved placering af arbejdsprocesserne i rummet skal det sikres, at de ansatte ikke bliver udsat for unødige påvirkninger fra stoffer og materialer, ildelugt, støj, vibrationer mv. fra andre arbejdsprocesser, så eventuelle særlige sikkerheds- eller sundhedsmæssige risici imødegås mest muligt.

Et arbejdsrum skal have passende gulvareal, rumhøjde og rumindhold. Rummet skal have tilgang af dagslys og udsyn til omgivelserne. Gulvarealer skal helst være i samme niveau og uden buler eller huller. Gulvbelægningen skal have en passende hårdhed og skridsikkerhed. (uddrag af At-vejledning A.1.9, marts 2003).

Der kan således være konfliktende hensyn at tage i forbindelse med husdyrproduktion. Løsdriftstalde med naturlig ventilation er godt for dyrevelfærden, men ikke for næringsstofbegrænsningen. Omvendt kan begrænsning af lugtgener af hensyn til arbejdsmiljøet gå hånd i hånd med begrænsning af næringsstofudledningen. Disse relationer er vigtige at holde sig for øje, når der skal træffes valg af teknologiske virkemidler i forbindelse med VMP III.

8 Konklusion - fremtidsudsigter

I denne rapport er gennemgået en række teknologier med en beskrivelse af ammoniak-reduktionspotentialet. Som et supplement til dette er der for en del af teknologierne lavet økonomiske beregninger. Kombinationen af reduktionspotentialer og økonomi kan give fingerpeg om, hvilke teknologier der bør sættes på i fremtiden. I det følgende opsummeres for henholdsvis stald, lager, gylleseparering og biogas. I gennemgangen er det vigtigt at holde sig for øje, at effekten af et eller flere tiltag til begrænsning af N- og P-tab fra husdyrgødning bør beregnes for hele produktionssystemer. Ved en korrekt effektvurdering indgår de enheder som næringsstofferne passerer igennem fra fodring til udbringning i marken og optagelse i afgrøden.

Stalde

Det er vigtigt, at staldens funktionsmiljø, det vil sige samspillet mellem dyr, dyreadfærd, bygnings- og staldudformning, arbejdsmiljø og driftsledelse optimeres.

Forsøg har vist, at **forsuring af gylle** i stald kan gennemføres i både kvæg- og svinestalde med kanaler under spaltegulv med en reduktion af ammoniakemissionen på 60-75 pct. Hertil kommer fordel i form af en bedre udnyttelsesgrad i planteavl. Det bliver p.t. undersøgt, om beton i eksisterende stalde tager skade af sulfat i forsuret gylle. Tager betonen ikke skade vil det være muligt at indføre teknologien i de fleste eksisterende kvægstalde med ringkanaler (1000 stalde i Danmark) og svinestalde med gyllekanaler. Derfor forventes anlægget at få en betydelig udbredelse. Kommende afprøvninger vil vise, om systemet på relativ enkel vis kan etableres i eksisterende stalde eller ej. Hvis det viser sig muligt, vil systemet få en væsentlig hurtigere udbredelse end andre teknologier, bl.a. fordi mange af de øvrige ammoniakreducerende tiltag ikke kan etableres i eksisterende stalde. Forsuring af gylle kan også ske via fodringstiltag. Fodringsmæssige ændringer kan dog have negativ indvirkning på svins syre-base balance, hvorfor dette forhold bør undersøges nærmere.

Den beskrevne metode med nedstøbning af **køleslanger kombineret med skrabe-/linespilsanlæg** forventes kun at få en relativ beskeden udbredelse. Dels kræves der relativt lange gyllekanaler for at linespilsanlæg er økonomisk favorabelt, dels kræves det, at varmen fra varmepumpen kan udnyttes og erstatte varme produceret med fossil energi. I svineproduktion vil det specielt blive stalde til drægtige søer og slagtesvin, der kan komme i betragtning.

Med **skraber i kvægstalde og gulfseparering i gyllekanalen i svinestalde** er det muligt at reducere ammoniaktabet med ca. 50%. Reduktionen er skønnet. Der er stor interesse for profilerede/rillede gulve med dræn og skraber, som kan forventes at få en vis udbredelse. Det skønnes, at over 90% af svine- og fjerkræstalder i Danmark ventileres af mekaniske ventilationsanlæg, som blæser afkastningsluft gennem skorsten ud i det fri. En **luftreuser**, der kan rense afkastningsluften vil derfor være en effektiv teknisk løsning til reduktion af ammoniakemission fra disse stalde. Derimod er kvægstalde typisk naturligt ventilerede, hvorfor det ikke er muligt at rense luften fra disse.

Skråstillede gyllekanaler med glatte sider bidrager til at reducere arealet af overfladen af den opsamlede gylle. Kombineres skråstillede gyllekanaler med hyppig skylning af kanalen reduceres den tid, gyllen er eksponeret i stalden og derved reduceres ammoniaktabet fra stalden. Reduktionsgraden ved daglig skylning vil afhænge af, hvor hyppigt kanalen skylles.

I Tabel 4.1., som er gengivet nedenfor, er en oversigt over de staldteknologier, som har det største potentiale til reduktion af ammoniakemission.

Tabel 4.1. Reduktion af ammoniaktab fra stalde.

Teknik	Bilag nr.	Reduktion af ammoniaktab i pct. af ubehandlet	Ammoniaktab fra gødning % af total N	
			Reference stalde (Poulsen et al. 2001)	Stalde med teknologi
Ammoniaktab - Forsuring i kvægstalde	3	75	7	2
Ammoniaktab - forsuring i svinestalde	5	60 ¹	14	6
Ammoniak – skrabere i kvægstalde	2	50 ²	7	4
Ammoniak - køling af gylle i svinestalde	6	35 ³	14	9
Ammoniak - Staldseparering	4	50 ⁴	14	7
Ammoniak - Luftvasker/skrubber til rensning af staldblue for ammoniak	7	80 ⁵	§)	§)
Skråttillede gyllekanaler i svinestalde	-	30	14	10

- 1) Relativt til ammoniakfordampning fra drænet gulv, undersøgelsen viser, at ammoniaktabet fra en stald med delvist spaltegulv er større end fra en stald med drænet gulv.
- 2) Relativt til spaltegulv.
- 3) Nedstøbte køleslanger i gyllekanaler under linespilsanlæg relativt til gyllekanaler med linespilsanlæg uden køling.
- 4) Estimeret på baggrund af målinger i stalde med hyppig skrabning af gulv
- 5) Anvendes i stalde med mekanisk ventilationsanlæg
- §) Producerer en ny type gødning – luftvaskevand eller organisk materiale afhængigt af valg af luftvasker

Der skal gøres opmærksom på, at ammoniakemissionen relateres til gødningens indhold af total kvælstof. Det ville have været ønskeligt at kunne beregne ammoniakfordampningen som funktion af ammoniumindholdet, men sådanne beregninger foreligger ikke. I fremtiden er det ønskeligt, at der udvikles modeller, hvor gyllens sammensætning i højere grad indgår i beregninger, dvs. ammoniumindhold, pH, temperatur mv. Et resultat heraf ville formentlig være, at ændret fodring og dermed ændret sammensætning af gødningen vil slå igennem på emissionsopgørelserne.

Tabel 8.1. viser økonomiske aspekter af forskellige teknologier. Der er et vist overlap mellem de teknologier, der er nævnt i tabel 4.1. ovenfor og i tabel 7.1. (uddrag af tabel 6.1.) nedenfor.

Tabel 8.1. Foreløbige skøn for omkostninger ved tiltag i stalde, 9.000 slagtesvin produceret. Kilde: Poul Pedersen, Landsudvalget for Svin og Fødevarøkonomisk Institut.

	Svovlsyre-behand. delvist spaltegulv	Svovlsyre-behand. drænet gulv	Luftrensning svovlsyre	Luftrensning biovasker	V-formet kumme, delvist spaltegulv	Køling+ skraber delvist spaltegulv
Red. i pct.	60	70	90	50	20	30
kr. pr. ton gylle ¹⁾	20,2	19,3	41,1	22,7	6,6	10,2
kr. pr. kg red N	39,7	27,8	46,0	45,9	38,9	39,9
Kr. pr. prod. svin	9	8,6	18,3	10,1	2,9	4,5

Hvis de to tabeller sammenholdes, ses det, at reduktionsprocenterne ikke er helt overensstemmende. Det skyldes, at værdierne stammer fra forskellige kilder, og i øvrigt baserer sig på få målinger og skøn, idet der er tale om ny og dermed ikke veldokumenteret teknologi.

I øvrigt kan det ud fra tabellerne konkluderes, at det ser ud til, at det er mest fornuftigt at investere i syrebehandling af gylle ud fra både en økonomisk og en miljømæssig betragtning.

Luftrensning er endnu relativt dyr, men samtidig med nedsættelse af ammoniakreduktionen opnås en reduktion af lugtgenerne fra staldene, og det er der behov for i mange tilfælde. Anvendelse af V-formede gyllekanaler og anvendelse af køling vil sandsynligvis opnå en vis udbredelse; dog bidrager de to sidstnævnte teknologier kun i begrænset omfang til nedsættelse af ammoniakfordampningen. Staldseparering og drænet gulv med skraber (kvægstalder), har også et vist potentiale til reduktion af ammoniakfordampningen. I forbindelse med nybyggeri vil meromkostningerne til drænet gulv med skraber være beskedne.

Lagre

Det er ved lovgivning pålagt husdyrproducenter at benytte forskellige teknologier til reduktion af ammoniakfordampning fra lagret gødning. Der produceres hovedsageligt gylle i Danmark og det vurderes, at der med udgangspunkt i de gældende regler kun kan opnås beskedne yderligere reduktioner i ammoniakfordampningen fra lagertanke selv ved anvendelse af de mest avancerede og omkostningskrævende overdækningsformer.

Såfremt anvendelse af staldsystemer, der producerer fast staldgødning, vinder frem, vil der være risiko for en øget fordampning fra lagret gødning, fordi ammoniaktabspotentialet fra lagre med fast staldgødning er større end fra lagret gylle. Undersøgelserne af ammoniakemissionen fra fast staldgødning er imidlertid gennemført i lille skala og der mangler resultater fra fuldskalaforsøg, der kan verificere antagelserne. Det er også muligt, at tabet vil afhænge af strøelsesniveau og stakkens størrelse og derfor være mindre end antaget i de få undersøgelser, der er gennemført til dato.

Endvidere er de nuværende teknologier til reduktion af ammoniaktab fra fast staldgødning ikke så effektive som teknologierne til reduktion af ammoniaktab fra lagret gylle. For at reducere ammoniakemissionen fra lagret fast staldgødning pålægger lovgivningen landmanden at overdække fast staldgødningstakke, der ikke løbende tilføres gødning. Uden overdækning er tabet fra markstakke 25 pct. af ammoniakindholdet. Tabet halveres ved lufttæt overdækning. Fra 1. august 2004 er der lovkrav om anvendelse af kompostdug eller

lufttæt overdækning af markstakke, hvorefter det vil være vanskeligt at opnå yderligere væsentlige reduktioner i ammoniakfordampning fra markstakke. Overdækning af markstakke er særdeles økonomisk lønsomt, idet omkostningerne hertil er beskedne, og den relativt store mængde kvælstof, der fastholdes, repræsenterer en relativt stor værdi.

Det har gennem lang tid været et lovkrav, at ajlebeholdere skulle være overdækket. Undersøgelser viser, at en tæt overdækning reducerer ammoniaktabet betydeligt, derfor har det været skønnet, at ammoniaktabet fra ajlebeholdere er lavt. Er der ikke overdækning på ajlebeholderen vil tabet være stort som følge af, at ajle har et højt ammoniaktabspotentiale. Mængden af ajle, der opbevares i ajlebeholdere, er dog efterhånden ubetydelig. Der findes ikke målinger af tabet af næringsstoffer fra lagre af den faste fraktion fra separering af gylle. Denne fraktion omsættes helt forskelligt fra omsætningen af kendte faste gødningstyper. Det er vigtigt at notere, at dette forhold vil have indflydelse på ammoniakfordampning, denitrifikation og drivhusgasemission. Indtil mere information er bragt til veje antages det imidlertid, at ammoniaktab og denitrifikation fra den faste fraktion svarer til tabet fra dybstrøelse.

Der forventes ikke at ske denitrifikationstab af kvælstof i forbindelse med lagring af gylle. Imidlertid må det forventes, at der sker betydelige denitrifikationstab i forbindelse med lagring af fast husdyrgødning og den faste fiberfraktion fra separering. Dette tabs størrelse er ikke kvantificeret.

Enhedsomkostningerne til lagring og overdækning er faldende ved stigende mængder, og der er således tale om en størrelsesøkonomisk effekt.

Vekselvirkninger

En dynamisk model til beregning af ammoniakemissionen fra en gård med malkebesætning eller med fedekvæg er blevet udviklet af Hutchings *et al.* (1996). Modellen kan også benyttes til at beregne vekselvirkninger ved forskellige tiltag til begrænsning af ammoniakemission fra landbruget (Sommer og Hutchings, 1995). Reduceres ammoniakemissionen fra stalde, øges ammonium-indholdet i og dermed ammoniakemissionen fra lagret og udbragt gylle. Reduktion i ammoniakfordampning fra en gård vil derfor være mindre end emissionsreduktionen fra stalden, fordi der vil ske en stigning i emissionen fra lager og udbragt gødning. Konklusionerne i nærværende rapport skal altså sammenholdes med arbejdet i VMP-undergruppen vedr. kvælstof.

Som et eksempel skal det nævnes, at det med den dynamiske model kan vises, at et låg på gyllebeholdere begrænser ammoniaktabet og også øger tørstofindholdet i gyllen, fordi nedbør ikke opsamles i beholderen. Hvis gyllen derpå bredspredes i marken, vil det højere tørstofindhold mindske infiltrationen og dermed øge ammoniakemissionen. Konsekvensen heraf er, at et låg på gyllen ikke reducerer det samlede ammoniaktab. Med modelberegningerne kan det vises, at nedfældning løser dette problem - et tiltag, som vinder frem i landbruget.

Gylleseparering

Det forventes, at et stigende antal svineproducenter vil anvende lavteknologiske og højteknologiske gyllesepareringsløsninger. Udbygningshastigheden vil dog afhænge af flere faktorer. Med de nye love/bekendtgørelser, der allerede er kommet i løbet af 2002 er der på flere måder banet vej for en udbygning, men der er fortsat væsentlige barrierer som f.eks. afsætning af produkterne fra separeringen, samt hvorvidt man med fodringsmæssige tiltag kan

reducere fosforudledningen tilstrækkeligt og dermed fjerne grundlaget for gylleseparering. Endvidere kan myndighedernes krav til hygiejnisering af husdyrgødningen betyde, at anlæggene bliver dyrere i drift.

En af fordelene ved at få adskilt kvælstof fra fosfor er, at de to næringsstoffer kan doseres på marken uafhængigt af hinanden i overensstemmelse med afgrødernes gødningsbehov. Set i et regionalt perspektiv, så kan behandlet husdyrgødning lettere flyttes fra oplande, der afvander til særligt sårbare vandområder til oplande, der afvander til mere robuste vandområder. Det bliver lettere at sikre, at markerne ikke fortsat overgødes med fosfor, hvilket ofte er tilfældet i dag. En anden fordel ved at få adskilt organisk bundet kvælstof i husdyrgødningen fra det direkte plantetilgængelige kvælstof er, at organisk bundet kvælstof på samme måde kan flyttes til oplande, der afvander til mere robuste vandområder. I oplandet til det særligt sårbare vandområde vil der således (fra de husdyrproduktioner, der er tilknyttet et anlæg) kunne blive udbragt direkte plantetilgængeligt kvælstof (svarende til handelsgødning), hvorved kvælstofudvaskningen vil blive mindre, end hvis der blev udbragt ubehandlet husdyrgødning.

På kort sigt kan en reduktion i fosfortildelingen opnås ved, at svineproducenter ændrer fodringen (bl.a. ved brug af fytase) således, at fosforen bliver mere fordøjelig. Denne ændring forventes at vinde indpas i de kommende år, da den kan gennemføres uden meromkostninger. Dette vil dog ikke alene kunne fjerne fosforunderskuddet på alle intensive svinebedrifter. Det vurderes, at specielt svinebedrifter vil have behov for at reducere fosforoverskuddet, men der kan også på intensive kvægbedrifter være et mindre fosforoverskud (Jacobsen et al. 2002). Styring af fosforudskillelsen via fodringen beskrives i et selvstændigt notat fra DJF i forbindelse med forberedelsen af VMP III.

Der er betydelige størrelsesøkonomiske fordele ved separering, men samlet set er økonomien i separeringsanlæg tvivlsom. Der skal være helt særlige forudsætninger tilstede:

1. Bedriften skal være placeret i et husdyrintensivt område, hvor der er høje jordpriser, og hvor det er svært at få gylleaftaler og hvor gyllen skal transporteres meget langt.
2. Bedriften har en størrelse eller kan gå sammen med andre, således at den samlede mængde udgør over 15.000 tons gylle.
3. Ejeren af bedriften skal ønske at udvide og bedriften vil efter udvidelsen være uharmonisk, hvis der ikke skaffes mere jord. Separeringsanlægget kan derved betyde besparelser i jordkøb.
4. Husdyrproduktionen skal over en længere periode kunne generere et betydeligt overskud (over 2.800 kr. pr. ha pr. år svarende til 2.000 kr. pr. DE).

Biogas

Anvendelse af biogasanlæg har mange fordele og kun få ulemper. Biogafællesanlæggets hovedfunktion er at producere energi, men samtidig recirkuleres organisk affald fra fødevarerindustrien, der anvendes som gødning sammen med landbrugets egen husdyrgødning. De nye anlæg omfatter hygiejniseringsstrin, hvor biomassen udsættes for 70 °C i en time eller tilsvarende, og lever dermed op til EU-forordningen om anvendelse af animalske biprodukter. For ældre anlæg er der formentlig behov for investeringer for at leve op til hygiejniseringskravene.

Under biogasprocessen sker der en mineralisering af organisk bundet kvælstof. Den afgassede biomasse er endvidere mere homogen, så den er lettere at håndtere, den kan deklareres næringsstofmæssigt, hvorved den er lettere at afsætte til planteavlere eller andre, der har jord nok. I sammenhæng med gylleseparering kan der sikres en bedre fordeling af kvælstof og

fosfor på landsplan. Samlet set bidrager driften af anlæggene til en forbedret næringsstofudnyttelse.

Der er risiko for ammoniakfordampning fra den afgassede biomasse, der har et stort ammoniumindhold, men ved omhyggelig lagring og udbringning er ammoniakfordampningen ikke større end ved ubehandlet gylle.

De mest avancerede biogas-gyllesepareringsanlæg forventes der opnået en bedre udrådning af det organiske materiale, end det er muligt i traditionelle biogasanlæg. Den bedre udrådning opnås bl.a. ved procestrin, der direkte eller indirekte er en del af separeringsdelen af anlægget. Dette giver en højere energiproduktion. Det er her en af de væsentlige fordele ved at kombinere biogasanlæg og separation ligger.

Der er en betydelig størrelseseffekt, når det drejer sig om økonomien i biogas-fællesanlæg. De tilknyttede landbrugsbedrifter påvirkes imidlertid ikke heraf, idet afhentningsfrekvensen indrettes efter de enkelte bedrífers gødningsproduktion.

Der er interesse for nye anlæg blandt landmændene, ikke mindst på grund af mulighederne for separering af gylle i forbindelse med biogasfællesanlægget, og den deraf følgende mulighed for at afsætte overskydende næringsstoffer, og dermed opnå lempelser fra lovgivningens arealkrav.

I foråret 2003 er der skabt afklaring om de økonomiske rammevilkår for biogas, så rentabel drift er en mulighed.

Forgasning og pyrolyse

Forbrænding af husdyrgødning anvendes ikke i Danmark. Det skyldes bl.a. ønsket om at anvende gødningens indhold af kvælstof så optimalt som muligt. Der er tale om en ny teknologi, der ikke benyttes i praksis, men der er store perspektiver ved en praktisk anvendelse af forgasnings- og pyrolyseteknologien (strøm, varme, flydende brændstof). Der er dog mange uafklarede forhold, hvorfor pyrolyse af svinegødningstørstof formodentlig ikke vil være moden til anvendelse i praksis de første 5-10 år.

Forskellige hensyn

I bestræbelserne på at reducere ammoniakemissionen fra landbruget er det vigtigt at inddrage en vurdering af sideeffekter ved de tiltag man benytter. Her kan nævnes effekter på dyrenes velfærd, arbejdsmiljø drivhusgas-emission i form af lattergas, korrosion af installationer og maskiner etc.

Der kan således være konfliktende hensyn at tage i forbindelse med husdyrproduktionen. Løsdriftstalder med naturlig ventilation er godt for dyrevelfærden, men ikke for næringsstofbegrænsningen. Omvendt kan begrænsning af lugtgener af hensyn til arbejdsmiljøet gå hånd i hånd med begrænsning af næringsstofudledningen. Disse relationer er vigtige at holde sig for øje, når der skal træffes valg af teknologiske virkemidler i forbindelse med VMP III.

Afsluttende kommentar

I denne rapport er det forsøgt at finde frem til de teknologier, som i forhold til reduktionspotentiale og økonomi, er værd at satse på i fremtiden. En del af beregningerne og de værdier, som fremstilles i rapporten er behæftet med stor usikkerhed. Gruppen bag

rapporten har imidlertid valgt at tage tallene med for at give det for nuværende bedste bud på fremtidens landbrugsteknologi inden for stald, lager, gylleseparering og biogas.

Det er klart, at forudsætningerne for indførelse af ny teknologi på de enkelte bedrifter er meget forskellige. Derfor bliver der også tale om forskellige teknologivalg bedrifterne i mellem, hvis der skal opnås en optimal løsning.

Referencer

- Andersen, J.M., Poulsen, H.D., Børsting, C.F., Rom, H.B., Sommer, S.G., Hutchings, N.J., 2001: Ammoniakemissionen fra landbruget siden midten af 80'erne. Faglig rapport nr. 53 fra DMU. Miljø- og Energiministeriet. Danmarks Miljøundersøgelser, Roskilde.
- Andersen, J.M., Sommer, S.G., Hutchings, N., Kristensen, V.F., Poulsen, H.D., 1999: Emission af ammoniak fra landbruget – status og kilder. Ammoniakfordampning – redegørelse nr. 1. Danmarks Miljøundersøgelser og Danmarks JordbrugsForskning.
- Birkmose, T., Dansk Landbrugsrådgivning, 2003: Personlig meddelelse.
- COWI 2000. Overdækning af gyllebeholdere og kommunernes tilsyn hermed. Skov- og Naturstyrelsen. Undersøgelsesrapport. Pp 45.
- Hansen, A.G., Dansk Landbrugsrådgivning, 2003: Personlig meddelelse.
- Illerup, J.B., Birr-Pedersen, K. Mikkelsen, M.H., Gyldenkærne, S., Bruun, H.G. & Fenhann, J. 2002: Projection Models 2010. Danish emissions of SO₂, NO_x, NMVOC, and NH₃. National Environmental Research Institute, Denmark. 192 pg. – NERI Technical Report No. 414.
- Jacobsen, B.H., Hjort-Gregersen, K., Sørensen, C.G., Hansen, J.F. 2002: Separering af gylle – en teknisk-økonomisk systemanalyse. Fødevareøkonomisk Institut og Danmarks JordbrugsForskning.
- Fyns Amt 2003), Kommentar til udkast til rapport af 15. maj 2003
- Hutchings, N.J., Sommer, S.G. and Jarvis, S.C. 1996. A model of ammonia volatilization from a grazing livestock farm. Atmos. Environ. 30, 589-599. Danmarks Jordbrugsforskning.
- Møller, H.B., Sommer, S.G., Hansen, M.N. 2003. Heavy metal load from fractions of manure after separation. Bioresource Technology. Submitted. Danmarks JordbrugsForskning.
- Møller, H.B., Sommer, S.G., Ahring, B.K. 2002. Separation efficiency and particle size distribution in relation to manure type and storage conditions. Bioresource Technol 85, 189–196.
- Poulsen, H.D., Børsting, C.F., Rom, H.B., Sommer, S.G. 2001: Kvælstof, fosfor og kalium I husdyrgødning. DJF rapport nr. 36. Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri. Danmarks JordbrugsForskning.
- Rom, H.B., Petersen, J., Sommer, S.G., Andersen, J.M., Poulsen, H.D., Kristensen, V.F., Hansen, J.F., Kyllingsbæk, A., Jørgensen, V. 1999: Teknologiske muligheder for reduktion af ammoniakfordampningen fra landbruget. Ammoniakfordampning – redegørelse nr. 2. Danmarks JordbrugsForskning og Danmarks Miljøundersøgelser.
- Rom, H.B. 2002. Ammoniak- og lugtemission fra stalde. I John E. Hermansen (Red.) *Landbrugsstruktur og miljøforhold for svineproduktionen i Danmark*. Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri. Husdyrbrug nr. 43, 34-43.

Sommer, S.G. , Schjørring, J.K. and Denmead, O.T. 2003. Ammonia volatilization from mineral fertilizers and plants in fields amended with ammoniacal fertilizers. 82 Accepted. Danmarks JordbrugsForskning

Sommer, S.G., Møller, H.B. og Petersen, S.O. 2001. Reduktion af drivhusgasemission fra gylle og organisk affald ved biogasbehandling. DJF-rapport, nr. 31 Husdyrbrug Danmarks JordbrugsForskning, Pp 53.

Sommer, S.G. and Hutchings, N. 1995. Techniques and strategies for the reduction of ammonia emission from agriculture. Water Air Soil Pollut., 85, 237-248. Danmarks Jordbrugsforskning.

Stoholm, P., Danish Fluid Bed Technology ApS, 2003: Personlig meddelelse

Sørensen, P. 2002. Udnyttelse af næringsstoffraktioner fra separationsprodukter. Indlæg på efterårskonferencen 2002. Danmarks JordbrugsForskning.

Aarhusegnens Andel, Pressemeddelelse 22.5.2003: Aarhusegnens Andel får eneforhandling af gødning fra Green Farm Energy

Bilag

Fortegnelse over bilag til notatet fra undergruppen om teknologi Vandmiljøplan III		
Bilag nr.	Forfattere	Titel
1	Søren Pedersen, Danmarks JordbrugsForskning	Reduktion af ammoniaktab fra Stalde
2	Arne Grønkjær Hansen, Landbrugets Rådgivningscenter	Teknik til begrænsning af ammoniak emission fra kvægstalde -skrabere
3	Arne Grønkjær Hansen, Landbrugets Rådgivningscenter	Reduktion af ammoniaktab i kvægstalde ved tilsætning af syre til gyllekanal.
4	Sven G. Sommer og Peter Kai, Danmarks JordbrugsForskning.	Staldseparation
5	Poul Pedersen, Landsudvalget for Svin	Svovlsyrebehandling af gylle i svinestalde
6	Poul Pedersen, Landsudvalget for Svin	Køling af gylle i svinestalde
7	Hisamitsu Takai, Afdeling for Jordbrugsteknik, Danmarks JordbrugsForskning Arne Grønkjær Hansen, Landskontoret	Luftvasker/skrubber til rensning af staldluft for ammoniak
8	Henrik B. Møller, Danmarks JordbrugsForskning	Mekaniske-fysiske separatorer og kemisk fældning
9	Jørgen Hinge, Landbrugets Rådgivningscenter	Membranfiltrering som komponent ved gylleseparering
10	Henrik B. Møller, Danmarks JordbrugsForskning	Destillation og stripning
11	Jørgen Hinge / Torkild Birkmose, Landbrugets Rådgivningscenter	Koncepter til gylleseparering
12	Peter Kai og Sven G. Sommer Danmarks JordbrugsForskning	Oparbejdning af fast fraktion fra separering ved afbrænding og pyrolyse
13	Sven G. Sommer, Danmarks JordbrugsForskning	Reduktion af ammoniaktab fra gyllebeholdere
14	Sven G. Sommer og Martin N. Hansen, Danmarks JordbrugsForskning	Ammoniakfordampning og udsivning af næringsstoffer ved opbevaring af fast husdyrgødning
15	Sven G. Sommer, Danmarks JordbrugsForskning	Reduktion af ammoniaktab fra ajlebeholdere
16	Kurt Hjort-Gregersen, Fødevarerøkonomisk Institut Henrik B. Møller og S.G. Sommer, Danmarks JordbrugsForskning	Reduktion af næringsstofftab ved biogasanlæg, primært biogasfællesanlæg

Danmarks JordbrugsForskning

Afdeling for Jordbrugsteknik

Den 24-02-2003

Søren Pedersen

Bilag nr. 1: Reduktion af ammoniaktab fra Stalde

1. Beskrivelse af teknologien

Ammoniakfordampning fra stalde kan reduceres ved forskellige tiltag, herunder:

- Reducering (optimering) af proteinindholdet i foderet.
- Tilsætning af additiver til foderet som begrænser ammoniakfordampningen.
- Anvendelse af staldsystemer med lille potentiale for ammoniakfordampning.
- Anvendelse af gødningsgødnings-/gyllehåndteringsystemer, med lille potentiale for ammoniakfordampning, herunder eksempelvis gyllekøling og tilsætning af additiver til gyllen.

Ammoniaktabet fra staldene udgør ca. 42% af det samlede tab, idet 23% er lagertab, 32% tabes ved udbringning og 3% skyldes dyr på græs.

Den samlede ammoniakfordampning fra stalde fordeler sig groft som 40 % fra kvæg, 45 % fra svin, 8 % fra fjerkræ, 6 % fra Mink og 1 % fra heste og får.

Nærværende udredning beskæftiger sig kun med staldsystemets indflydelse på ammoniakfordampningen. (Teknologien er i det følgende at opfatte som forskelle imellem staldsystemer)

Staldsystemerne har været genstand for megen forskning med henblik på at reducere ammoniakfordampningen fra stalde. Den grundlæggende tankegang er her at arealer der er fugtige af urin og gødning skal begrænses mest muligt, såvel i staldrummet, som i gyllekanaler/-kummer. Det vil sige så tørre gulvflader som muligt, hvilket også harmonerer godt med ønsket om et godt dyremiljø.

2. Kapacitet og 3. Koncept

Ammoniakemissionen fra stalde er internationalt belyst ved et stort antal enkelt projekter. En status på dette område findes i DJF rapport nr. 36, 2001 med titlen Kvælstof, fosfor og kalium i husdyrgødning – normtal 2000 (Poulsen et al.). I tabel 1 er der givet et sammendrag af rapporten, med hensyn til ammoniakfordampningen fra forskellige opstaldningsformer, udtrykt som kvælstoftab i procent af total-N af dyr.

Staldtype	Kvælstof tab i procent af total-N ab dyr	Andel af gødningen, der falder i dybstrøelsen, %
KVÆG Bindestald med riste	3	
Sengestald med spaltegulv	6-8	
Dybstrøelse i hele arealet	6	
Dydstrøelse + kort ædeplads	6	
Dybstrøelse + lang ædeplads	7-8	60
SVIN Løbe- drægtighedsstalde, individuel opstaldning	16	
Løbe- drægtighedsstalde, dybstrøelse med spaltegulv	16	33
Løbe- drægtighedsstalde, dybstrøelse med fast gulv	19	33
Farestalde med kassestier og fuldspaltegulv	20	
Smågrise- og slagtesvinestalde med fuldspaltegulv	16	
Smågrise- og slagtesvinest. Med drænet gulv + spalteg.	14	
Smågrise- og slagtesvinest. Med delvis spaltegulv	12	
FJERKRÆ Skrabekyllinger	25	
Øko. slagtekyllinger, på friland	25	
Æglæggerhuse , konsum, fritgående, gulvdrift + gødningskumme + udeareal	32	30
Æglæggerhuse , øko. konsum, gulvdrift + udeareal	25	90
Æglæggerhuse skrabehøner, gulvdrift og gødningskummer	35	33
Æglæggerhuse, konsum, bure og gødningskælder	12	
Æglæggerhuse, konsum bure og bånd	10	
Æglæggerhuse, rugeæg (HPR), gulvdrift, gødningskumme	30	67
Kalkuner (tunge), ænder og gæs	20	
PELSDYR Minkbure med ophængt gødningsrende og ugentlig tømning	50	
Minkbure med grusbund	75	

Tabel 1 Kvælstof tab i procent af total-N ab dyr. Kilde: DJF rapport 36.

Det fremgår af tabellen at den hidtil mest udbredte staldtype for malkekvæg, nemlig bindestalden ligger med en ammoniakfordampning på det halve eller derunder, sammenlignet med sengestalde og dybstrøelsesstalde. Det ses også at ammoniakfordampningen i procent af total-N ab dyr er dobbelt så stor for svin, som for kvæg. For fjerkræ er tabene endnu højere, bortset fra æglæggerhuse med bure. Det største tab forekommer ved pelsdyrproduktion.

I midten af halvfemserne gennemførtes et større EU forskningsprojekt (Emissions of Aerial Pollutants in Livestock Buildings in Northern Europe, 1992-96). Resultatet af 329 enkelt målinger af 24 timers varighed er summarisk vist i tabel 2, udtrykt som mg NH₃ pr. time pr. varmeproducerende enhed. En varmeproducerende enhed (vpe) svarer 1000 W i total varmeproduktion og er af samme størrelsesorden som en gødningsproducerende enhed. (En malkeko af stor race tæller f.eks. ca. 1,2 vpe afhængig af vægt og mælkeydelse og et slagtesvin på 70 kg ca. 0,2 afhængig af foderstyrke)

Kategori	Danmark	England	Holland	Tyskland	Gennemsnit
Malkekøer, med strøelse	485	319	790	497	522
Malkekøer, sengestalde	848	1222	1649	1113	1208
Slagtekvæg, med strøelse		690		571	631
Slagtekvæg, spaltegulv	1166		1197	575	979
Kalve, med strøelse	1024	252		519	598
Kalve, spaltegulv			1023	1410	1217
Søer, med strøelse		848		2226	1537
Søer, spaltegulv	1234	1240	1747	1401	1406
Smågrise, spaltegulv	750	508	364	339	490
Slagtesvin, med strøelse	2241	1200			1721
Slagtesvin, spaltegulv	1635	1366	1627	1588	1554
Høns på gulv, dybstrøelse	3643	2753	3179		3192
Høns, bure	711	3120	550	199	1145
Slagtekyllinger, strøelse	343	1676	900	1476	1099

Tabel 2 Ammoniakfordampning udtrykt som mg NH₃ pr. time pr. varmeproducerende enhed. Kilde: EU projekt PL 900 7003, 1992-96, Koerkamp et al.

Variationen i ammoniakemission fra stald til stald har været stor. Det samme gælder variationen fra land til land som det fremgår af tabellen. Det kan dog konkluderes at ammoniakfordampningen fra sengestalde er ca. dobbelt så stor som fra bindestalde.

Groft set, så er ammoniakfordampningen fra kvægstalde (malkekøer, slagtekvæg, kalve) cirka dobbelt så stor for stalde med spaltegulv, som fra stalde med fastgulv og strøelse. Set i sammenhæng med at bindestalde næsten helt er erstattet af sengestalde er der således en stor udfordring i at reducere ammoniakfordampningen fra stalde med spaltegulv.

For svinestaldenes vedkommende, er der ikke den samme forskel mellem strøede og ustrøede stalde, hvilket sandsynligvis kan forklares ved at stalde med spaltegulv til kalve og slagtekvæg har store fugtige gulvarealer, mens stalde med spaltegulv/riste i svinestalde har en mindre andel af gulvet, der er fugtigt.

Sammenlignes resultaterne i DJF rapport 36 med resultatet af EU undersøgelsen for samme kategori af dyr, synes de to undersøgelser at være i god overensstemmelse med hinanden.

I stalde med fastmøgssystemer (meget lidt brugt i dag) fjernes gødningen med skraberanlæg og det er her vigtigt at der skrubes tit. Ved gyllesystemer handler det også om at få gødningen fjernet hurtigt og at reducere gylleoverfladens areal. En teknik, som man specielt har forsket i i Holland. Med henblik på at opnå bedst mulig luft i staldene anvendes der undertiden gulvudsugning, hvorved der bortventileres en del ammoniak fra gyllekanalen, som ellers i

større eller mindre grad ville sive op i staldmiljøet. Der er således her en teknisk løsning, som på den ene side er positiv for dyrevelfærden, men negativ for miljøet.

For æglæggerhuse, er ammoniakfordampningen fra høns på gulv betydelig større end fra høns i bure. Med udviklingen, der går væk fra burhøns, bevirker det en kraftig opfordring til at udvikle nye gulvhønsesystemerne. Her arbejder man dog imod naturen, idet ideen med gulvhøns er at give dem noget at beskæftige sig, hvorved der rodes meget ammoniak op i staldmiljøet.

Ældre undersøgelser over indretningen af svinestalde

Såvel ved Statens jordbrugstekniske Forsøg (Nu Danmarks Jordbrugsforskning), som Ved Danske slagterier er der over en lang årrække forsket i Staldformningen i svinestalde. Så tidligt som i 1979, Beretning nr. 2 fra SJF om "Staldformningens indflydelse på slagtesvinenes tilbøjelighed til at svine i stien" undersøgte de mest aktuelle typer af slagtesvinestalde i Danmark. De var alle torækkede. Udtrykt i de tid som medgik pr. dag pr. 100 svin blot for at skrabe gødning, så varierede det fra 15,0 minutter i stalde med rensereal midt i stalden og fodring i rundtrug, ned til kun 2,8 minutter i stalde med rensereal langs ydervæggene og fodring i tværkkrybber. I førstnævnte stalde var praktisk taget hele stien fugtig med et stort potentiale for ammoniakfordampning, mens størstedelen af stiarealet var tørt i den anden, som er den staldtype der kom til at danne skole for den efterfølgende udvikling. Staldformningen undergår stadigvæk en udvikling, under påvirkning af nye krav. I disse år bliver der således tages vidtgående hensyn til svinenes rodebehov, enten ved anvendelse af halm eller andre rodematerialer. Anvendelse af halm er ikke blot et spørgsmål om stiens funktion, det har også indflydelse på hvilket gødningssystem der kan anvendes.

4. Udbredelse af teknologien på landsplan

(Se her bidraget fra Arne Grønkjær Hansen, Landbrugets Rådgivningscenter vedrørende kvæg og bidraget fra Poul Pedersen, Landsudvalget for Svin vedrørende svin)

5. Historisk udvikling og 6. Fremtid

Kvægstalde

For nogle årtier siden stod praktisk talt alle køer i bindestalde med halmstrøede lejer, ofte med grebning til fast møg. Senere blev grebningen erstattet af en gødningsrist over en gyllekanal. Samtidigt blev der skruet meget ned på anvendelsen af halmstrøelse, som ikke forlignes ret godt med gødningsriste og gylleanlæg. Efterhånden har sengestaldene konkurreret bindestaldene ud, så vi i dag har en staldform med forholdsvis store gangarealer, som mere eller mindre er fugtige af gødning, med et deraffølgende stort potentiale for fordampning af ammoniak. Der er i samme periode også etableret et mindre antal dybstrøelsesstalde, som er karakteristisk ved en ret stor fordampning af ammoniak, da der ikke sker en daglig rensning, som i binde- og sengestalde. Den fremtidige opstaldningsform for malkekøer ventes forsat at ske i sengestalde, som også egner sig til AMS malkning.

På ungdyrområdet var det for nogle årtier siden almindeligt at småkalve gik i halmstrøede bokse og ung- og slagtekvæg stod bundne i halmstrøede båse. Efterhånden blev denne opstaldningsform af arbejdsmæssige grunde helt fortrængt af spaltegulvsbokse med gyllesystemer uden anvendelse af strøelse. På grund af at opstaldning i spaltegulvsbøse ikke anses for dyrevenlig, er denne opstaldningsform på retur og vi vil sikkert igen se mere anvendelse strøelse. Da spaltegulvsbokse ligesom sengestalde har store fugtige arealer, vil der også her være et stort potentiale for ammoniakfordampning.

Svinestalde

Der sker en fortsat udvikling med hensyn til staldindretning, fodersammensætning mv. For 40 år siden var næsten alle svinestalde således indrettet med adskilt strøet leje og rensengang til fast mæg samt tørfodring. Siden er belægningen og den daglige tilvækst øget væsentligt og det faste gulv i rensengangen blev erstattet med spaltegulv. Senere forsvandt stiopdelingen helt, og hele stien fik spaltegulv, halmen forsvandt helt eller delvist, og tørfodringen blev i mange tilfælde erstattet af vådfodring. I nogle perioder har vådfodring været mest populært, og i andre perioder har tørfodringsanlæg været de hyppigst anvendte. For nærværende udgør andelen af vådfodringsanlæg omkring 40%.

Sideløbende med slagtesvinestaldens udvikling har der i perioder været forsøgt med bl.a. torækkede kennelstalde med udeareal og zig-zag stalde med halmoverdækning over lejer, dvs. eksempler på stalde med to klimazoner. I dag er toklimastalde med naturlig ventilation igen blevet en aktuel løsning. Andre steder blev stalde med dybstrøelse taget i anvendelse. Dybstrøelsesstalden er karakteristisk ved, at det meste af den væske, der tilføres stalden med foder og vand, fordamper, da der praktisk taget ingen ajle-/gylleafløb er fra dybstrøelsesstalde. Alt sammen noget, der påvirker ammoniakfordampningen fra stalden.

Udviklingen på farestaldsområdet har ligeledes været omfattende, fra ret store halmstrøede farestier med en fravænningsalder på 10-12 uger til små stier med fuldt perforeret gulv uden strøelse med en fravænningsalder på under 6 uger. Nutidens farestier er nu igen indrettet med delvist fast gulv, ofte dækket med lidt strøelse. Efterhånden som fravænningsalderen blev mindre og mindre, opstod der her et specielt behov for en smågrisestald til 5-6 uger gamle grise, og der udvikledes specielle, kompakte smågrisestalde, hvor grisene var placeret i to-tre etager, med fuldperforeret gulv uden strøelse. Denne opstaldningsform er nu helt ude af billedet. Udviklingen fortsætter og går nu i retning mod "Multi-site"-systemet, hvor smågriseproduktionen af smittemæssige årsager sker i en vis geografisk afstand fra slagtesvineproduktionen. Slagtesvineproduktionen sker i de såkaldte FRATS-stalde (fra fravæning til slagting). Ifølge prognoser fra de Danske Slagterier, ventes 40% af grisene i "Multi-site"-systemet at gå i FRATS stalde i 2005, og i 2010 forventes tallet at øges til hele 80%. Det vil sige, at den traditionelle smågrise-/ungsvinestald udgår, og at stien ventilations- og varmemæssigt skal kunne håndtere grise fra under 10 til over 100 kg.

Der er en stigende bevågenhed over for såvel dyre- og arbejdsmiljø som det omgivende miljø. Der er således i dag minimumskrav med hensyn til stiareal pr. dyr og til anvendelse af rodemateriale. Til svin inden for vægtintervallet 85-110 kg skal der lovmæssigt være et stiareal på minimum 0,65 m², svarende til et staldareal på omkring 0,75 m², når gangarealerne regnes med. For svin med en gennemsnitsvægt på 110 kg og derover skal stiarealet være 1,0 m² eller mere. Hertil kommer, at der ikke fremover må bygges slagtesvinestalde med fuldspaltegulv, idet lovgivningen kræver, at mindst 1/3 af stiarealet skal være forsynet med fast gulv (i Sverige, hvor fuldspaltegulve har været forbudt siden 'halvfjerdserne, kræves der ved holddrift og dimensionering efter en vægt på 95 kg et samlet areal på 0,9 m², heraf 0,67 m² liggeareal). Med hensyn til anvendelse af rodemateriale er det indtil videre ikke nærmere defineret, hvad det dækker over, men det er vel sandsynligt, at der inden for en årrække vil komme et krav om, at rodematerialet skal være "meningsfyldt", dvs. ikke en bold eller et bildæk, men noget der kan omsættes (fortæres), og så er tanken ikke langt væk fra genindførelse af halmstrøelse, i hvert fald i Danmark, hvor der i princippet er halm nok. Disse forhold som alle på én eller anden måde påvirker ammoniakfordampningen, vil utvivlsomt komme til at præge udviklingen også de nærmeste ti år.

Fjerkræstalde

Potentialet for ammoniakfordampning i slagtekyllingestalde er stort, i det slagtekyllinger typisk produceres i stalde hvor slagtekyllingerne har mulighed for at rode i dybstrøelsen der dækker hele staldarealet. Det samme er tilfældet for æglæggende høns på dybstrøelse, i modsætning til traditionelle æglæggehuse med bure, hvor hønsene ikke har mulighed for at rode i gødningen. Udviklingen mod et mere dyrevenligt system med høns på gulv er således også en udvikling mod et større ammoniaktab på staldniveau.

Mink

Minkproduktion sker for størstedelens vedkommende torækkede åbne huse, hvor gødningen falder ned på et sandlag ofte kombineret med en gyllekumme. På grund af et højt proteinindhold i foderet og den specielle gødningshåndtering er der her en forholdsvis høj ammoniakfordampning. Mens minkene i tidligere udredninger kun indgår med et lille bidrag til den samlede ammoniakfordampning fra stalde, så viser en nærmere analyse at minkene tæller op imod 10 % af den samlede fordampning. Potentialet i at nedsætte ammoniakfordampningen ligger først og fremmest i fuld implementering af gyllerender, hvorved ammoniakfordampningen ca. kan halveres i forhold til opsamling på jord.

Litteratur:

Koerkamp, P.W.G.G., J.H.M. Metz, G.H. Uenk, V.R. Phillips, M.R. Holden, R.W. Sneath, J.L. Short, R.P. White, J. Hartung, J. Seedorf, M. Schroeder, K.H. Linkert S. Pedersen, H. Takai, J.O. Johnsen, and C.M. Wathes

Concentrations and Emissions of Ammonia in Livestock Buildings in Northern Europe. *Journal of Agricultural Engineering Research*. Volume 70, Number 1, Special Issues, pp 79-95, May 1998.

Pedersen, Søren og Strager, Jens

Stiudformningens indflydelse på slagtesvins tilbøjelighed til at svine i stien. Beretning nr. 2, 1979, Statens jordbrugstekniske Forsøg, Bygholm

Pedersen, Søren og Takai, Hisamitsu

Ammoniakfordampning fra stalde. Sjf-Orientering nr. 49, 1987, Statens jordbrugstekniske Forsøg, Bygholm

Pedersen, S., Takai, H. og Johnsen, J.O.

Ammoniak og støv i kvæg-, svine- og fjerkræstalde. (Delresultater fra EU-projekt PL 900 703, 1992-96), SH intern rapport nr. 49, 29p., 1995

Pedersen, S., Takai, H., Johnsen, J. and Birch, H.

Ammoniak og støv i kvæg-, svine og fjerkræstalde II. Delresultater fra EU-projekt PL 900703. *Ammonia and Dust in Cattle, pigs and poultry houses II. Subresults from EU-project PL 900703*. (in danish). National Institute of Animal Science, Denmark, Intern rapport Nr. 65, 54 pp., 1996

Pedersen, S.

Ammoniakemission fra stalde (*Ammonia Emission from Livestock Buildings*). Det Strategiske Miljøforskningsprogram Projekt ME-08-KISJF (1992-96). (in danish). National Institute of Animal Science, Denmark. Intern rapport Nr. 78, 21 pp., 1996

Pedersen, S., Takai, H., Johnsen, J.O. og Birk, H.

Field Survey of aerial pollutant emissions in Denmark. In: *Reduction of aerial pollutant Emissions in and from Livestock Buildings*., EU-Report No. 8. 1997.

Pedersen, S. and Sandbol, P. 2002
Ammonia Emission and Nitrogen Balances in Mink Houses
Biosystems Engineering, Vol. 82, No 4

Poulsen, H.D., Børsting, C.F., Rom, H.B. & Sommer, S. 2001
Kvælstof, fosfor og kalium i husdyrgødning – normtal 2000. DJF rapport nr. 36

File: Vandmiljøplan III febr 2003 25 februar 2003

Landbrugets Rådgivningscenter

Den 25-02-2003

Arne Grønkjær Hansen

Bilag nr. 2: Teknik til begrænsning af ammoniak emission fra kvægstalde - skrabere.

Beskrivelse af teknologien

I kvægstalde kan ammoniakfordampningen begrænses ved hyppigt at skrabe gyllen ud fra gødearealet, fordi kvæg flytter sig for skraberens i modsætning til svin. Der findes på det danske marked følgende gulv/skrabesystemer til kvægstalde

- Profilerede/rillede gulve med dræn og skraber
- Profileret gulv med fald og skraber
- Asfalt gulv med skraber og dræn

1. Profilerede/rillede gulve med dræn og skraber

Beskrivelse

Et rillet gulv består af præfabrikerede betonelementer, og det har en overflade som et spaltegulv. Rillerne er forsynet med dræn, og såvel trædeflader som riller bliver holdt rene ved hjælp af en specielt udviklet skraber med gummiblød. Rillerne, der svarer til spalteåbningen i et spaltegulvselement, skal overholde samme krav til dimensioner som beskrevet i danske anbefalinger for indretning af stalde (LBM, 2001).

På det danske marked er det firmaerne Perstrup Beton Industri og Mullerup Staldteknik, der har udviklet gulvet.

De valgte dimensioner er 265 mm trædeflade og 35 mm rillebredde. Dybden af riller er 30 mm. I Holland findes et tilsvarende gulv udviklet af Den Broer Beton og Brouwers Stalinrichtingen.

Her har man valgt trædeflader svarende til spaltegulve, det vil sige 125 mm "bjælker". I de hollandske stalde er der oftest gyllekanaler under gulvet, mens det danske system er baseret på, at gyllen skræbes til enden af gangarealet og ud i forbeholder eller eventuelt en tværkanal.

Principskitse af de to systemer vedlægges i bilag A og B.

Kapacitet

Gulvtypen reducerer ammoniakemissionen med ca. 50 %, (Swierstra og Smits, 1997/Swierstra og Braam, 1997) I forsøgsstalden skræbes der med timers interval.

Gulvtypen har kun været etableret i en dansk stald over efterår og vinter. Der findes derfor kun målinger ved lave temperaturer (7-9 grader) og ammoniakemissionen lå i området 0,01 kg pr. ko pr. dag. Der forventes således også en halvering af emissionen under danske forhold.

Udbredelse af teknologien på landsplan

Der er pt kun opført en stald med dette gulvsystem, men der er meget stor interesse for gulvet, og der forventes mange i de kommende år.

2. Profileret gulv med fald og skraber

Beskrivelse

Et profileret gulv med fald og skraber i midten er et præfabrikeret betonelementgulv med specielt udviklet skaber, der både renholder overfladen og ajledrænet i midten af gødearealet. Den profilerede overflade betyder, at skridsikkerheden er god, og dræneffekten øges. Der må derfor forventes en hurtigere afdræning af ajlen end for eksempel fra stalde med tilsvarende drænedede plads- støbte gulve eller gulve med støbeasfalt.

I Danmark har Thisted-Fjerritslev Cementvarefabrik udviklet gulvet i samarbejde med firmaet Lind Jensen's Maskinfabrik, der producerer skraberne. Gulvet har et fald på 2 cm fra siden til ajlerenden (130 cm).

Kapacitet

Faste in situ støbte gulve med fald mod midten af et skrabet areal er undersøgt i Holland og derfor veldokumenterede, (Braam et al 1997) og viser en halvering af emissionen fra gulve med fald mod midten af gangarealet. De hollandske undersøgelser er dog ikke foretaget på et præfabrikeret gulv, og man må derfor forvente varierende fald på gulvet. Præfabrikerede danske gulve med fald må således forventes at have en emission, der ligger mindst 50 % under niveauet for en stald med ringkanal.

Tabel 1. Hollandsk undersøgelse af ammoniakemission ved forskellig skrabehyppighed og fald på gulv (afstande til dræn).

Hyppighed skrab	Fald på gulv	Reduktion i emission
12	0 %	Reference (0)
96	0 %	5
12	3% mod side	21
96	3% mod side	26
12	3% mod midt	50
12	3% mod midt + spuling, 6 l/ko pr. dag	65

Kilde: Braam et al 1997

Betydning af håndværksmæssig kvalitet

Jo større areal i stalden, der er dækket med gødning, desto større emission. Derfor skulle man tro, at spaltegulve altid gav større emission end systemer med fast gulv, fordi der både er overfladen af gyllekanalen og betonbjælkernes fire flader. Hvis et fast gulv ikke er veldrænet, vil der opstå pytter af ajle, selv om der skrubes hyppigt ud. Dette er baggrunden for, at der i beretning 36 fra Danmarks JordbrugsForskning regnes med højere emission fra stalde med fast gulv, og den netop afsluttede FarmTest bekræfter dette. Det faste gulv med deltaskraber var plads-støbt, profileret, men afdræningen var ikke tilstrækkelig.

Netop afsluttede undersøgelser af Danmarks JordbrugsForskning og Landskontoret for Bygninger og Maskiener viser også langt større reduktioner, idet emissionen fra Thisted-

Fjerritslev Cementvarefabrik gulvet lå på mellem 0.01 og 0.02 kg NH₃ pr. ko pr. dag (5- 20 grader celcius), mens emissionen fra ringkanalstalden lå på mellem 0,01 og 0,13 kg pr. ko pr. dag (5-13 grader i staldtemperatur), se figur (Bilag C)

3. Asfalt gulv med skraber og dræn

Beskrivelse

Anvendelse af støbeasfalt har den fordel, at det er lettere at udlægge gulvet med et sikkert fald mod dræn. Asfalten har en god skridsikkerhed, der gør, at man kan lave gulvet med hel jævn overflade uden at gå på kompromis med skridsikkerheden.

Kapacitet

På baggrund af FarmTesten udført af Danmarks JordbrugsForskning og Landskontoret for Bygninger og Maskiner og Braam et al 1997 forventes en halvering af emissionen fra denne gulvtype i forhold til traditionelle stalde med ringkanalanlæg.

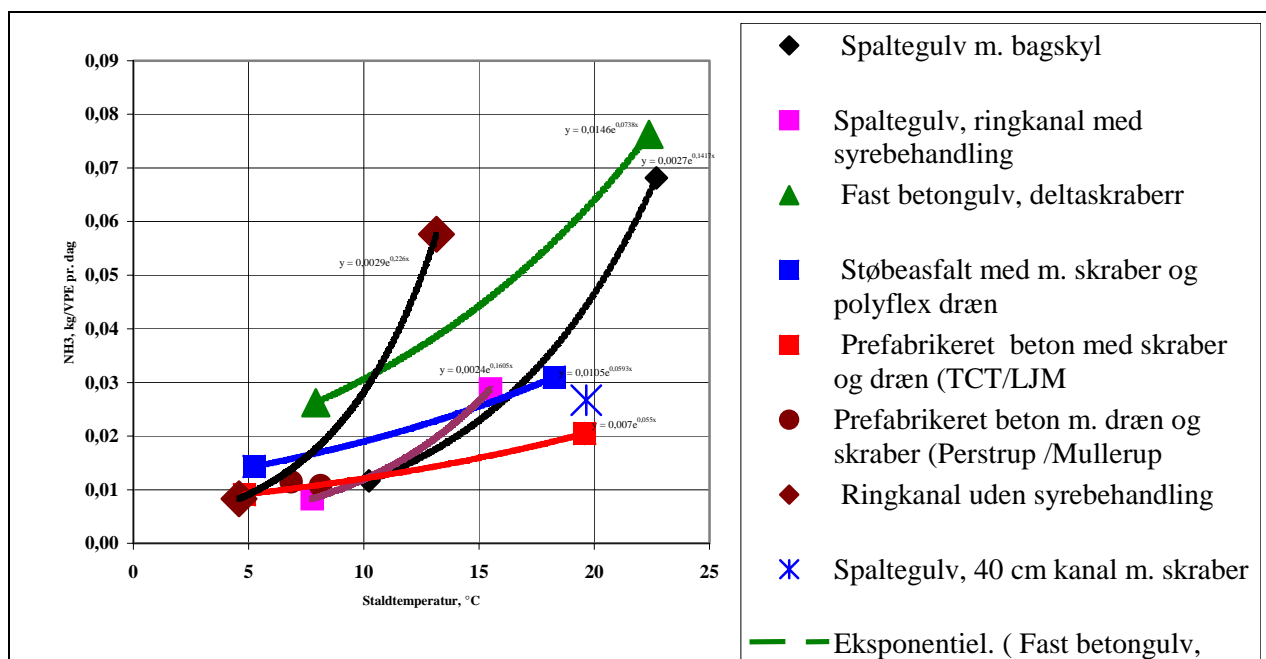
Udbredelse

Der findes meget få stalde af denne type i Danmark.

Fremtid

Der er en stigende interesse for fastgulvsystemer og for dyrevelfærd, hvorfor systemet må forventes at blive mere udbredt.

Kort beskrivelse af teknologiens hovedprincip(per). I beskrivelsen skal eventuelle positive og negative sideeffekter indgå (fx dyrevelfærdsaspekter, forøgelse eller begrænsning af lugt).



Figur 1 foreløbige resultater af FarmTest, (DJF/LBM 2003)

Litteraturliste

Bramm C. R. , J.J.M.H. Ketelaars and M.C.J. Smits, 1997 Effects of Floor design and Floor Cleaning on ammonia emission from cubicle houses for dairy cows. Netherland Journal of Agricultural Science 45 (1997 49-64)

Beretning nr. 36, Danmarks JordbrugsForskning.

Danske anbefalinger, Indretning af stalde til Kvæg. 2001 Landbrugets Rådgivningscenter
Foreløbige resultater fra FarmTest, Emissionsmålinger af kvægstalde. Danmarks JordbrugsForskning og Landbrugets Rådgivningscenter.

Landbrugets Rådgivningscenter

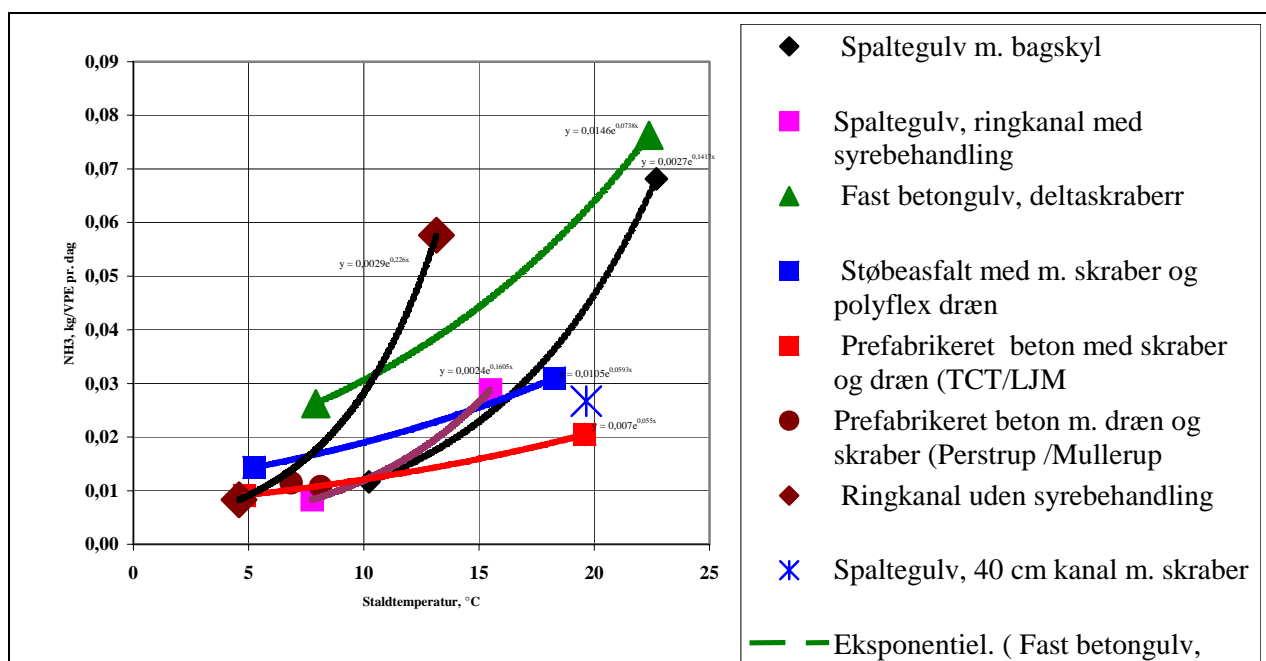
Den 25-02-2003

Arne Grønkjær Hansen

Bilag nr. 3: Reduktion af ammoniaktab i kvægstalde ved tilsætning af syre til gyllekanal.

1. Beskrivelse af teknologien

Ved tilsætning af svovlsyre sænkes pH til ca. 5.5 i gyllen mod normal pH på 7-8. Det er på denne måde muligt at binde ammonium og hæmme bakteriel nedbrydning af urin mv. til ammoniak. Syretilsætning kræver, at der sker en beluftning af gyllen og en kontrolleret tilsætning, der forhindrer opskumning eller svovlbrinteudvikling. Gyllen bliver mere homogen og lettere at få ud af stalden.



Figur 1 foreløbige resultater af FarmTest, (DJF/LBM 2003)

2. Kapacitet

Undersøgelser på svinestalde har vist reduktion i ammoniakfordampning på 70-80 %. I kvægstalde er der mindst lige så store reduktioner ved tilsætning i ringkanalanlæg, (se figur 1).

Ringkanalsystemet er det mest udbredte ved kostalde og der er således et stort potentiale for at nedsætte emissionen fra kvægbrug med denne metode. Der er i dag omkring 1000 kvægstalde med ringkanaler.

Ud over den opnåede effekt på ammoniakfordampningen viste markforsøg igennem 2 år (Landbonord, 2002) med forsuret gylle, at udnyttelsen af kvælstoffet forøges ca. 15 %

3. **Koncepter**

Staring Maskinfabrik har sammen med Kemira Miljø og AL-2 udviklet et gyllesepareringssystem, der er baseret på kemisk fældning af fosfor. Den forudgående forsuring af gyllen er medvirkende til en bedre fældning af fosfor.

4. **Udbredelse af teknologien på landsplan**

Teknikken er foreløbig kun under afprøvning i få besætninger med hhv. svin kvæg og mink.

5. **Historisk udvikling**

6. Der har tidligere været lavet forsøg med forsuring af gylle, men problemer med dosering og opskumning har gjort, at det først nu kommer på tale som en realistisk mulighed. Desuden har man i flere udenlandske forsøg koncentreret sig om organiske syrer, der er for dyre.

7. **Fremtid**

Det forventes at systemet vil få en meget stor udbredelse, som følge af den store reduktion i ammoniakfordampningen og den bedre udnyttelsesgrad i planteavl. Systemet er meget let at koble på eksisterende stalde, men udbredelsen her vil være afhængig af, om betonen kan holde til det. Der er teoretisk en risiko for at sulfat reagerer med stoffer i betonen, og der kan ske en udfældning af ettringit, som er meget ekspansiv (Rasmussen, 2003). I nye stalde kan dette imødegås ved at anvende Lavalkali Sulfatbestandig Cement. Den fremtidige udbredelse vil derfor være afhængig af resultaterne af de igangværende forsøg ved Ålborg Portland.

Litteraturliste

DJF/LBM 2003. Foreløbige resultater fra FarmTest, Emissionsmålinger af kvægstalde.

Danmarks JordbrugsForskning og Landbrugets Rådgivningscenter.

LUS, 2003 Reduktion af lugt og ammoniakemission Status på afprøvninger 2003

Rasmussen, Thorkild 2003 Forsuring af gylle – Eventuelle konsekvenser for betonen, Notat fra Ålborg Portland, januar 2003.

Landbonord. Planteavlsorientering nr. 07-448 Første resultater med forsuring og beluftning af gylle.

Landbonord, 2002 Bilag fra konference den 5. november

(http://www.landbonord.dk/info_og_nyt/konferencedag1.htm)

Danmarks JordbrugsForskning

Afdeling for Jordbrugsteknik
Den 31. januar 2003
Sven G. Sommer og Peter Kai

Bilag nr. 4: Staldseparation

1. Beskrivelse af teknologien

Det har vist sig vanskeligt at reducere lugt og ammonia emission fra eksisterende stalde. Ildelugtende organiske forbindelser dannes når fæces og urin blandes og lagres iltfrit, den primære kilde til lugt i stalde er således iltfri gylle, derfor vil adskillelse af ekskretion i fæces og urin reducere staldlugten væsentlig. Urea i urin er kilden til ammoniak; der vil således først fordampe ammoniak fra urin efter hydrolyse af urea til ammonium. Ønsker man at begrænse ammoniakfordampningen fra stalde skal urinen muges ud før urea hydrolyseres til ammonium. I stalden kan effektiv og hurtigt virkende gulvseparation derfor være nøglen til at reducere både lugt og ammoniakproblemer og som sidegevinst får man en fosfor- og kvælstofrig gødnings fraktion. Denne kan transporteres fra egne med for høj produktion af næringsstoffer til egne og til plantebrug med behov for næringsstoffer.

Staldseparation går mod den nuværende udvikling inden for separering af gødning, hvor gylle er råstoffet. Alternativet er at undgå, at fæces og urin blandes sammen med udvikling af lugt og ammoniak til følge. Metoder til at opnå dette omfatter fx de gammelkendte mekaniske udmugningssystemer i form af skrabe- og linespilsanlæg. Problemet med disse anlægstyper er imidlertid, at gødningskanalen ikke skrubes ren men, at der efterlades en lugtende og ammoniakafgivende gyllerest i kanalen hver gang anlægget har kørt. Ydermere er separeringen ikke så effektiv. Ajlefraktionen indeholder således relativt meget gødningstørstof, og samtidig er tørstofprocenten i gødningsfraktionen relativt lav.

En alternativ fremgangsmåde er at montere et transportbånd under spaltegulvet, og med jævne mellemrum ”rulle” gødningen ud af stalden. Monteres båndet med en vis sideværts hældning løber urinen væk fra bæltet, ned i en rende og hen i en lukket beholder. Urinen kan også hjælpes på vej ved med jævne mellemrum at suge ajlen ud af stalden. Den faste del, fæces og evt. strøelse, kan efterfølgende opsamles som fast gødning.

I dag udvikles gulvseparationsystemer efter konceptet et transport bånd til den faste fraktion og en gødningsrende med fald til urin. Det er dog ingen nyskabelse, idet teknikken har været anvendt i stalde med burhøns gennem mere end 30 år. I såvel USA som Holland arbejdes der endvidere på at undersøge og vurdere systemet i relation til anvendelsesmulighederne i svinstalde. Danske landmænd er ikke begejstrede for konceptet, da båndet kan give problemer. Det er dog muligt at udvikle robuste alternativer.

2. Kapacitet

Målinger viser at lugten er reduceret med ca. 50%, ved gulvseparering og udmugning af fæces og urin separat samt naturlig tørring af fæces (Kroodsma 1986).

Det er også vist at hyppig udmugning med skraber i kvægstalde kan reducere ammoniakudsendelsen fra med 50-65% (Braam *et al.* 1997).

Tabel 1 viser fordelingen af næringsstoffer mellem ajle fraktionen og fæces fraktionen. I den faste fraktion findes 66% af total kvælstof ekskretionen af dyr og 95% af fosfor ekskretionen. I ekskretionen fra danske slagtesvin findes ca. 87% af fosfor og 32% af total N i faeces fraktionen (Poulsen og Kristensen, 1997), så de hollandske målinger (Tabel 1) kan ikke umiddelbart overføres til danske forhold. Når de hollandske forskere finder at størstedelen af det samlede opsamlede kvælstof findes i den faste fraktion kan det skyldes ammoniakfordampning fra ajle fraktionen.

Foreløbige eksperimenter har vist, at det er muligt at producere fast gødning med et tørstofindhold på godt 50 pct. med bæltssystemet - altså væsentligt højere end de ca. 35 pct. tørstof, der typisk opnås ved dekantercentrifugering af rå svinegylle (Kempen. 2002). Udmugningshyppighed og - tidspunkt er dog vigtige parametre for at opnå et godt resultat, idet tørring på bæltet før udmugning øger tørstof indholdet (Kroodsma *et al.* 1998). Det er således vist, at udmugning én gang dagligt er passende. Hvis der er kortere tid mellem udmugninger kan gødningen ikke nå at tørre.

Tabel 1. Koncentrationen af næringsstoffer I fæces og urin opsamlet efter separation på bånd med filter net under spaltergulv (Kroodsma1986).

	Andel %	TS, %	Aske, % of DM	N-tot %	NH ₄ , %	P ₂ O ₅ , %	K ₂ O, %	CaO, %	MgO, %	Cu, ppm	pH
Ajle	65	1.92	63.10	0.34	0.35	0.05	0.62	0.04	0.02	2.5	9.1
Fast fraktion	35	32.5	25.7	1.24	0.34	1.64	0.85	1.45	0.48	189	

3. Koncepter

Det er muligt at udnytte at den faste fraktion har et højt energiindhold. F.eks. indeholder svinegødning ca. 20 MJ pr. kg tørstof. En god del af denne energi kan man hente ud af tørstoffet ved at producere biogas, brænde den faste fraktion i affaldsforbrændingsanlæg eller ved pyrolyse, dvs. en forgasning ved meget høj temperatur og uden ilt til stede.

Biogas anlæg vil kunne udnytte det høje energiindhold i den faste fraktion. Udgifterne til biogas produktion vil kunne reduceres fordi voluminet af gødning der skal forgøres bliver mindre, hvilket reducerer omkostningerne til anlægget og transport af gødningen.

Ved afbrænding og pyrolyse er restproduktet aske med et højt næringsstofindhold. Kunsten er at reducere tabet af kvælstof som vil blive udsendt som ammoniak, frit kvælstof eller kvælstofoxider ved energiproduktionen.

For at kunne afbrænde eller pyrolysere den faste fraktion skal dennes tørstofindhold være høj (>50-60%). Det høje tørstofindhold kan opnås ved kompostering og tørring med spildvarme. Derved uddrives en stor del af den faste fraktions kvælstofindhold som ammoniak, der kan opsamles med en ammoniak skraber. Forbehandlingen kan således reducere kvælstoftabet ved afbrænding og pyrolyse.

4. Udbredelse af teknologien på landsplan

Der findes os bekendt ikke stalde med golvseparation i Danmark.

5. Historisk udvikling

Anlæggene har ikke været anvendt i Danmark.

6. Fremtid

Fremtiden for disse anlæg vil afhænge af lovgivningen og mulighederne for at sælge de næringsstofrige slutprodukter.

Referencer

- Braam, C.R., Smits, M.J.C., Gunnink, H., and Swierstra D. 1997. Ammonia emission from a double-sloped floor in a cubicle house for dairy cows J. Agric. Engin. Res. 68, 375-386.
- Kempen T. van. 2002. RE-Cycle: a profitable swine production system with zero waste. Published ??.
- Kroodsma, W. (1986). Separation and removal of faeces and urine using filter nets under slatted floors in piggeries. *Journal of Agricultural Engineering Research*, **34**, 75–84.
- Kroodsma, W., N.W.M. Ogink, I.H.G. Satter, H.C. Willers. 1998. A technique for direct separation of pig excrements followed by on-farm treatment of the components. International conference on agricultural engineering, Oslo, August 1998, p. 213-214.
- Poulsen, H.D. og Kristensen, V.F. 1997. Normtal for husdyrgødning- En revurdering af danske normtal for husdyrgødningens indhold af kvælstof, fosfor og kalium. Beretning nr. 736. Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri, Danmarks Jordbrugsforskning. Side 108

Landsudvalget for Svin

Afdeling for stalde og produktionssystemer
Den 4. april 2003
Afd. leder Poul Pedersen

Bilag nr. 5: Svovlsyrebehandling af gylle i svinestalde

1. Beskrivelse af teknologien

Svovlsyrebehandling af gylle er en nyudviklet teknik baseret på tilsætning af svovlsyre til gyllen i fortanken samtidig med beluftning. Systemet er udviklet af landmand/opfinder Jens Østergård i Vendsyssel. Firmaet Staring Maskinfabrik A/S har videreudviklet og markedsfører nu systemet.

Ved tilsætning af ca. 5 kg svovlsyre pr. ton gylle og beluftning i fortanken reduceres pH i gylle til ca. 5,5 fra et niveau på 7-7,5. Ved så lavt pH kan ammoniak stort set ikke fordampe, fordi ligevægten mellem ammonium og ammoniak i gyllen forskydes markant.

Den forsurede gylle bruges efterfølgende til udskylning af gylle fra stalden. Antallet af daglige skylninger kan varieres afhængig af gyllens konsistens. Typisk skylles der mellem 4 og 12 gange dagligt. Den udskyllede gødning og urin behandles på ny i fortanken. I takt med produktion af gylle overpumpes forsuret gylle til lagertanken.



Figur 1 Tanken med svovlsyre kan rumme godt 5 tons koncentreret svovlsyre. Fra tanken kan svovlsyre doseres til bunden af fortanken, hvor også beluftningen finder sted

2. Kapacitet

Systemet er aktuelt under afprøvning i to svinestalde samt en kvægstald. De to slagtesvinebesætninger henholdsvis indrettet med drænet gulv og delvist spaltegulv. I den ene besætning med drænet gulv har systemet kørt ca. 8 måneder, mens det foreløbigt har været i drift ca. 3 måneder i besætningen med delvist spaltegulv.

Ammoniak

De første ammoniakmålinger fra afprøvningsstaldene er meget lovende. I besætningen med drænet gulv har systemet efter indkøring kørt stabilt over en længere periode. Målinger viser en reduktion i ammoniakkoncentration mellem 70 og 80 pct. Det betyder i praksis, at der stort set ikke sker fordampning af ammoniak fra gylleoverflader. Den ammoniakfordampning der kan måles i de svovlsyrebehandlede sektioner stammer derfor fra tilsvinet spaltegulv, inventar og grise.

I den anden slagtesvinebesætning med delvist spaltegulv er systemet under indkøring. Foreløbigt viser ammoniakmålingerne, at ammoniakniveauet som helhed ligger på et væsentlig lavere niveau end slagtesvinebesætningen med drænet gulv. Det tilskrives, at stalden er indrettet med delvist spaltegulv frem for drænet gulv. Det tyder foreløbigt på at ammoniakfordampningen kan reduceres i størrelsesordenen 50-60 pct. Når reduktionen er relativt lavere ved delvist spaltegulv end ved drænet gulv skyldes det, at fordampningen fra gylleoverfladen samlet set udgør en relativ beskedent del sammenlignet med fordampningen fra tilsvinet fast gulv, spaltegulv, inventar og grise.

Lugt

Der er ind til nu gennemført seks sæt lugtmålinger. Foreløbigt ser det ud til, at der højst opnås en beskedent reduktion i lugtemissionen. Det tyder således på, at reduktion i ammoniak og lugt desværre ikke følges ad. Desuden skal man være opmærksom på at lugtniveauet eventuelt kan forværres i tilfælde af driftsstop.

Funktion af gyllesystem

Generelt har det vist sig vanskelig at få gyllesystemet til at fungere specielt, hvis stalden er taget i brug, før svovlsyrebehandlingsanlægget sættes i gang. Det skyldes, at ubehandlet gylle kan blokere skyllerørene, der har en diameter på blot 110 mm. Derudover har det vist sig, at der ikke opnås nogen ”skylleeffekt”, når gyllen skylles ind i stalden; dels har 110 mm rørene en beskedent kapacitet, dels bliver skyllehastigheden lav, fordi der ”skylles”/fyldes gylle i adskillige gyllekummer samtidigt.

Gyllesystemets udformning med returskylning vil blive ændret i kommende anlæg. Den endelige og funktionssikre løsning er endnu ikke færdigudviklet.

Det skal også bemærkes at anlægget er relativt teknisk kompliceret. Det gælder dels styring af selve svovlsyretilsætningen og beluftningen, dels ventilsystemet der skal åbne og lukke for skyllerør og udløbsrør. Holdbarheden af denne teknik er ukendt, da det jo kræver afprøvning over mange år.

Arbejdsmiljø

En af betænkelighederne ved svovlsyrebehandling af gyllen er sikkerheden ved brug af koncentreret svovlsyre samt risikoen for svovlbrintefrigivelse i for høje doser.

Koncentreret svovlsyre er stærkt ætsende, og derfor må det ikke være muligt at komme i berøring med det. Hele svovlsyrebehandlingsanlægget er opbygget således, at det ikke er muligt at komme i kontakt med svovlsyren medmindre man bruger skærende værktøj. Desuden skal al service foretages af eksperter.

Den måske forøgede risiko for svovlbrinte ligger i, at koncentrationen af svovl - forudsætningen for svovlbrintedannelse – er væsentlig større ved svovlsyrebehandlet gylle end traditionel gylle. Beluftning af gyllen i fortanken er blandt andet for at modvirke risikoen for svovlbrintedannelse og -frigivelse. Desuden er det også kun en relativ lille mængde gylle, der befinder sig i stalden, hvilket reducerer risikoen. Ved de foretagne målinger ind til nu er der ikke på vist svovlbrinte med sporgasrør i stalden. Anlægget er desuden udstyret med svovlbrintealarm, der træder i kraft, hvis svovlbrintekoncentrationen overstiger 10 ppm.

Holdbarhed af beton

Svovlsyrebehandlings indflydelse på holdbarheden af beton samt andet berørt inventar, er ligeledes et punkt, der undersøges. En surhedsgrad på 5,5 giver dog ikke problemer for betonen. Det er derimod det høje indhold af sulfat ioner, der eventuelt kan skade visse betontyper. Dette undersøges ved, at betonelementer af forskellige betontyper udsættes for svovlsyrebehandlet gylle. Foreløbigt synes der ikke at være nogen påvirkning af de forskellige betontyper. Ind til videre anbefales det dog at anvende lav alkali cement, hvis man vil forberede sin nye stald til svovlsyrebehandlet gylle.

Konsistens af gylle

Det kan konstateres, at gyllen bliver meget letflydende ved svovlsyrebehandling og beluftning i fortanken. Det skyldes at en stor del af tørstoffet nedbrydes. Den letflydende gylle åbner op for mange nye muligheder for ændret og lettere håndtering af gyllen i stald, fortank, lagertank og ved udbringning. Men det betyder også at svovlsyrebehandlet svinegylle ikke danner flydelag.

Lager og mark

Målinger tyder desuden på, at den lave pH-værdi også kan fastholdes under lagring og udbringning af gyllen. Det er et interessant perspektiv i relation til gødskning. Derfor gennemfører LandboNord i indeværende år forsøg for at afklare ammoniakfordampning under lagring og ved udbringning af den svovlsyrebehandlede gylle. Det tyder på at ammoniakfordampning under lagring og udbringning reduceres markant.

Svovltildeling og forsuring af landbrugsjorden

Beregninger viser at der afhængig af afgrødevalg vil kunne ske svovltildeling til marken større end planternes behov. Ligeledes vil der ske en lidt hurtigere forsuring af landbrugsjorden end anvendelse af traditionel gylle, hvilket vil give en beskedent årlig ekstra kalkbehov.

3. Koncepter

Svovlsyrebehandling af gylle i fortanken er en helhedsløsning der reducerer fordampningen af ammoniak fra både stald, lager og under udbringning. Desuden har indledende undersøgelser vist at der formentlig kan opnås en effektiv og relativ billig separation af den svovlsyrebehandlede gylle ved kemisk fældning. Aktuelt arbejdes der på at færdigudvikle den metode.

4. Udbredelse af teknologien på landsplan

Foreløbigt er der installeret ca. 10 anlæg til svovlsyrebehandling af gylle fortrinsvist i Vensyssel. Det gælder både stalde til svin, kvæg og mink.

5. Historisk udvikling

Forsuring af gylle er forsøgt af mange firmaer og forskere verden over, men uden den fornødne succes. Det nye i denne metode er dels den måde syren tilsættes på, dels at den syrebehandlede gylle samtidig beluftes.

Derfor må metoden betragtes som nyudviklet selv om det er velkendt at de nævnte fordele kan opnås ved forsuring.

6. Fremtid

Det forventes, at de førnævnte problemer med udskylning af gylle løses. I så fald forventes svovlsyrebehandling at få en betydelig udbredelse ved nyanlæg. Desuden vil kommende afprøvninger afklare om systemet på relativ enkel vis kan etableres i eksisterende stalde eller ej. Hvis det viser sig muligt vil systemet få en væsentlig hurtigere udbredelse, bl.a. fordi mange af de øvrige ammoniakreducerende tiltag ikke kan etableres i eksisterende stalde.

7. Referencer

Landsudvalget for Svin 2003: Status: Afprøvninger systemer til reduktion af ammoniak og lugtmission fra svinestalde. Se www.landsudvalgetforsvin.dk

Landbonord 2002: Seminar om svovlsyrebehandling af gylle. Bilag til seminar 5. november 2002. Se www.landbonord.dk

Landsudvalget for Svin

Afdeling for stalde og produktionssystemer
Den 19. februar 2003
Afd. leder Poul Pedersen

Bilag nr. 6: Køling af gylle i svinestalde

1. Beskrivelse af teknologien

En række undersøgelser har vist at reduceret gylletemperatur reducerer ammoniak- og lugtemission. En lavere gylletemperatur kan opnås på flere måder, men de to mest oplagte er at vælge staldsystemer med lav staldtemperatur, der indirekte også sænker gylletemperaturen eller foretage en direkte køling af gyllen.

Historisk er gyllen blevet kølet på mange måder. I en undersøgelse Landsudvalget for Svin gennemførte i midten af 1990'erne blev gyllen i en fuldspaltestald kølet ved at placere kølerør på bunden af gyllekummen. Rørene var tilsluttet en varmepumpe. Der blev kun opnået en relativ beskedent reduktion i ammoniakfordampningen, hvilket tilskrives en kraftig temperaturmæssig lagdeling i gyllekummen. Med en temperatur på ca. 5 grader i kølerørene var gylletemperaturen ca. 10 grader i bunden af gyllekummen. I toppen var temperaturen imidlertid fortsat tæt på staldtemperaturen. Det var uheldigt i og med at det er temperaturen i overfladen, der har afgørende betydning for emissionen af ammoniak og lugt.

I en senere hollandsk undersøgelse afprøvede man køleelementer, der flød i gyllens overflade. Disse blev kølet med et grundvandssystem og afhængig af staldafsnit blev der opnået en reduktion af ammoniakfordampningen mellem 50 og 70 pct. Imidlertid havde dette system negative konsekvenser for gyllesystemets funktion.

En nyere svensk afprøvning nedstøbte man køleslanger i betonen under linespilsanlæg. Fordelen ved dette system er dels undgår det den temperaturmæssige lagdeling i gyllekummen, dels giver det ingen gener for gyllesystemets funktion. Denne metode afprøves aktuelt af Landsudvalget for Svin i dels en slagtesvinestald, dels en drægtighedsstald. Systemet er indrettet således, at gyllen fjernes med linespilsanlæg, der trækker gyllen hen til et rør, der leder gyllen til bund af en fortank, se billede 1, der viser indretningen i drægtighedsstalden.



Billede 1



Billede 2

Stalden er indrettet med to identiske sektioner. I den ene sektion er der nedstøbt seks 25 mm PEL-slanger i gyllekanalens bund, se billede 2. Køleslangerne er forbundet med en varmepumpe, der køler gyllen i drægtighedsstalden og afgiver varmen som gulvvarme under pattegrisehulerne i farestalden. Graden af køling bestemmes ud fra varmebehovet i farestalden.

2. Kapacitet

Køling kombineret med linespilsanlæg tegner lovende. Ud fra de foreløbige resultater vurderes det at der kan opnås en reduktion på 20-50 pct. i ammoniakfordampning sammenlignet med linespilsanlæg uden køling. Graden af køling vil i de fleste systemer dog blive bestemt ud fra varmebehovet. Den største reduktion må derfor forventes at blive i vinterperioden. De igangværende afprøvninger skal dog afklare variationen over året.

En økonomisk realistisk løsning forudsætter, at varmen udnyttes. Aktuelt ser regnestykket fornuftigt ud, idet varme produceret med varmepumpe koster ca. 17 øre pr. kWh, hvor varme produceret med oliefyr koster ca. 25 øre pr. kWh med de aktuelle prisrelationer på henholdsvis el og olie.

3. Koncepter

Systemet forventes kun at have effekt for fordampningen fra staldrummet, idet gylletemperaturen i lageret i overvejende grad afhænger udetemperaturen og ikke den tilførte gylles temperatur.

4. Udbredelse af teknologien på landsplan

I Danmark er der solgt i størrelsesordenen 8000 varmepumper til Landbrug ifølge en vurdering fra en fabrikant af varmepumper. Hvor mange der fortsat er drift er uvist. De fleste varmepumper køler enten på staldluften, på afkastluften eller mælken i malkekvægsbesætninger. Et ukendt men betydelig del optager også varme fra rør lagt ned i gyllen, men ind til videre er det kun i få stalde med nedstøbte køleslanger i gyllekanaler under linespilsanlæg.

5. Historisk udvikling

Se beskrivelse under punkt 1.

6. Fremtid

Den beskrevne metode med nedstøbning af køleslanger kombineret med skrabe-/linespilsanlæg forventes kun at få en relativ beskeden udbredelse. Dels kræves der relativt lange gyllekanaler for at linespilsanlæg er økonomisk favorable, dels kræves det at varmen fra varmepumpen kan udnyttes og erstatte varme produceret med olie. Indenfor svineproduktion vil det specielt blive stalde til drægtige søer og slagtesvin, der kan komme i betragtning.

7. Referencer

Landsudvalget for Svin, 2003: Status: Afprøvninger systemer til reduktion af ammoniak og lugtemission fra svinestalde. Se www.landsudvalgetforsvin.dk

Anderson, Mats, 1995: Cooling of manure in manure culverts. Specialmeddeland 218
Sveriges Lantbruksuniversitet, JBT. Lund 1995

Beurskens Vormans, M.P., m.fl., 1997: Vermindering van ammoniakemissie door mestkoeling bij gespeende biggen. Proefverslag nummer P4.23.

den Brok, G.M., m.fl., 1997: Ammonia emission and costs of a few housing systems. Proefverslag nummer P1.169.

Pedersen, P., 1997: Køling af gylle i slagtesvinestalde med fuldspaltegulv. Medd. nr. 357 Den rullende Afprøvning

Danmarks JordbrugsForskning

Afdeling for Jordbrugsteknik

Hisamitsu Takai,

Landbrugets Rådgivningscenter

Arne Grønkjær Hansen, Landskontoret

Den 25-02-2003

Bilag nr 7: Luftvasker/skrubber til rensning af staldluft for ammoniak

1. Beskrivelse af teknologien

En almindelig luftvasker består af en vaskesøjle med våde fyldlegemer af uorganiske materialer, som konstant holdes fugtige med f.eks. svovlsyre opløsning. Luften passerer op igennem vaskesøjlen, hvor ammoniak absorberes i væsken.

Selvom der i industrien findes stor viden omkring luftvaskere, kan teknologien ikke anvendes direkte til anvendelse i stalde. Dette skyldes følgende specifikke forhold:

- Ammoniak koncentrationer i staldluft er meget lavere end de almindelig kendte luftvaskeres arbejdsområde.
- Ventilationsluft indeholder organisk støv og mange forskellige stoffer i lave koncentrationer, som stiller specielle krav til driftsmæssige forhold.
- Luftvaskeren skal fungere effektivt med variable luftmængder, der styres af et ventilationssystem.
- Der skal renses relativ store luftmængder.

2. Kapacitet

Det skønnes, at over 90% af svine- og fjerkræstalde i Danmark ventileres af mekaniske ventilationsanlæg, som blæser afkastningsluft gennem skorsten ud i det fri.

En luftrenser der kan rense afkastningsluften vil derfor være en effektiv teknisk løsning til reducere af ammoniakemission fra disse stalde. Derimod er kvægstalde typisk naturligt ventilerede, hvorfor det ikke er muligt at rense luften fra disse.

Luftvasker og ozonanlæg er mulige teknologier til en sådan anvendelse. Nærværende beskrivelse omfatter kun luftvasker, idet det vurderes, at teknologien ikke vil medføre nye forhold, der kan give anledning til nye arbejdsmiljøproblemer eller miljøbelastninger.

De seneste opgørelser viser, at det årlige kvælstoftab via afgangsluft fra svine- og fjerkræstalde udgør ca. 18.600 tons., hvilket er svarende til ca. 32% af det samlede kvælstoftab fra husdyrgødning. Hvis luftvasker har en gennemsnitlig effektivitet på

50%, vil kvælstof-tab til det omgivende miljø nedsætte med $18.600 \times 0,9 \times 0,5 = 8.370$ tons om år.

3. Koncepter

I 2003 blev der introduceret to forskellige typer luftvaskere på det danske marked. Den ene er et decentralt anlæg (syrescrubber), som kan installeres ved ventilations skorsten. Og, den anden er et centrale anlæg, hvortil skal ventilationsluften skal samles og renses biologisk.

Decentral luftvasker:

Det anlæg der blev introduceret på det danske marked i 2003 er fra Scan Airclean Aps, Odense. Anlægget er en kemisk luftrensere, og består af luftrensere, som placeres i taget i stedet for de ventilatorer, der normalt benyttes til afkastningsluften, og et teknik rum samt beholdeer til svovlsyre og til restprodukt, som er svovlholdig ammonium-gødning. Foreløbige resultater fra undersøgelser gennemført af Scan Airclean Aps og Landsudvalget for Svin tyder på at mere end 80% af ammoniak og op til 65% lugt i afkastningsluften kan fjernes.

Central luftvasker:

Fordelen med et centralt anlæg er, at der kun skal styres et anlæg for hele staldanlægget, og dermed mulighed for at anvende avancerede og dyrere systemer til styring af rensningsprocessen.

Det system der er introduceret af Skov A/S, Roslev, i samarbejde med bl.a. Landsudvalget for Svin, er et biologisk luftrensningsanlæg. Afgangsluften fra de enkelte staldsektioner samles i en fælles kanal, der fører luften til rensningsenheden. I rensningsenheden, passerer afgangsluften et filter, hvorved der dannes grobund for bakterier, der nedbryder såvel ammoniak som lugtstoffer.

Foreløbige resultater fra undersøgelser i fuldskalaanlægget tyder på at ammoniak og lugt koncentrationer kan reduceres op til 80%. Anlægget har også vist evne til at fjerne mere end 90% af støvet i afgangsluften.

Ved stalde til slagtekyllinger vil den biologisk luftrensning ikke være så velegnet som syrescrubere, fordi der er meget store forskelle i ventilationsgrad og emission gennem kyllingernes vækstperiode, samt tom-perioder, hvor bakterierne i filteret ikke tilføres næring.

4. Udbredelse af teknologien på landsplan

Anvendelse af luftvasker til rensning af staldluft for ammoniak er meget ny; men teknologien har længe været kendt og anvendt i andre industrier.

5. Historisk udvikling

De første luftvaskere til svinestalde blev taget i brug i Holland i halvfjerdsere. Til trods for at anlægget påviste evner til at fjerne lugt og ammoniak, har det ikke fået større udbredelse. Investerings- og driftsomkostningerne var for store. Undersøgelser der blev gennemført af Statens Byggeforskningsinstitut, viste tilsvarende resultat. Årsagen til de store omkostninger er, at de store luftmængder som ventileres fra stalde, skulle igennem luftvaskerne. Anlæggene skulle derfor være store og de krævede relativt stort energiforbrug på grund af tryktab over vaskesøjlen.

6. Fremtid

Der er tekniske muligheder for at "vaske" ammoniak i afgangsluften fra stalde; men der findes endnu ikke et system som har påvist driftsmæssige og økonomiske forhold over længer periode. Der er behov for at belyse miljømæssige konsekvenser, både negative og positive, ved indføring af luftvasker i husdyrproduktions systemet i Danmark. Endvidere bør systemer med mere simple biofiltre undersøges. Disse systemer har en langt større udbredelse i udlandet, men etableres først og fremmest med henblik på reduktion af lugten, hvorimod effektiviteten overfor ammoniak er meget varierende og afhængig af filtermaterialet.

Danmarks JordbrugsForskning

Afdeling for Jordbrugsteknik
Den 5. februar 2003
Henrik B. Møller

Bilag nr. 8: Mekaniske-fysiske separatorer og kemisk fældning

1. Beskrivelse af teknologien

Specialisering af landbrugsproduktionen har regionalt medført stor koncentration af husdyr, og der er derfor områder, hvor det ikke er muligt at opfylde kravene om harmoni mellem produktion af kvælstof og fosfor i husdyrgødningen og afgrødernes næringsstofbehov. Harmonireglerne sikrer, at der generelt ikke sker overgødskning med kvælstof, men med de nuværende regler, kan der fortsat ske en betydelig overgødskning med fosfor. Separation overfører en del af husdyrgødningens næringsstoffer i en tørstof- og næringsstoffrig fraktioner og en betydeligt større, næringsstoffattig væskefraktion. Derved bliver der økonomi i at fjerne en stor andel næringsstoffer ved transport af den tørstoffrige fraktion, og det enkelte brug kan derved afhængigt af teknologiens effektivitet delvis ”afkoble” den lokale harmoni mellem husdyr- og planteproduktion. Der findes en hel række mekaniske-fysiske metoder til separation af gylle, der spænder fra meget simple teknikker som sigter, skruepresser og sibånd, hvor der sker en meget begrænset opkoncentrering, til mere effektive metoder som dekantercentrifuger (Møller et al. 2000; Møller et al. 2002). Kemisk behandling i kombination med mekanisk-fysisk separation er en metode til at øge udskillelsen af næringsstoffer til den faste fraktion.

Reduktion af tørstof i den tynde gylle vil endvidere mindske husdyrgødningens lugt (Zhang and Westerman, 1997) og der vil være et potentiale for at reducere ammoniak fordampningen.

Simple teknikker

Der findes en hel række simple teknikker, der er karakteriseret ved at gyllen sigtes gennem en hulstørrelse på 0,5-3 mm. Sigtingen i sig selv giver en fraktion med et forholdsvis lavt tørstofindhold og der er derfor oftest et behov for en yderligere afvanding som kan opnås ved anvendelse af mekanisk presning, hvor de mest anvendte metoder er skruepresse eller sibåndspresse. Møller et al. 2000 undersøgte effektiviteten af en række simple teknikker. Effektiviteten af en skruepresse afhænger af gylletypen og øges med tørstofindholdet, men opkoncentreringen af næringsstoffer er oftest beskednen (Møller mfl. 2002). Ved at kombinere visse af de simple teknikker med kemisk fældning kan der opnås en høj effektivitet, hvilket beskrives senere. Energiforbruget ved anvendelse af skruepresser mm. er lavt, typisk 0,5 kwh/ton gylle.

Dekanter centrifuge

Dekanter centrifuger virker ved, at gylle udsættes for en stor centrifugal kraft i en tromle der roterer med høj hastighed, typisk 4000 rpm, hvorved gyllens partikler sedimenterer i tromlens periferi og løbende kan fjernes med en skrue der roterer. En dekantercentrifuge producerer en tørstoffrig fraktion, der indeholder størstedelen af gyllens fosfor, organisk kvælstof, svovl m.m., og en ”væskefraktion”, der indeholder størstedelen af gyllens ammoniumkvælstof og kalium (Møller mfl. 2002). Dekantercentrifugen er en velafprøvet teknik der i mange år har været anvendt til spildevandsrensning såvel i industrien, som på kommunale rensningsanlæg,

og de seneste år er der opnået erfaring med centrifugering af gylle (Møller et al. 2002). Energiforbruget ved anvendelse af en dekantercentrifuge er beskedent, typisk 3 kwh/ton gylle. Omkostningen ved anvendelse af en dekanter centrifuge afhænger af mængden af gylle der behandles, og der skal behandles store mængder gylle for at udnytte kapaciteten og reducere udgiften pr. behandlet enhed (Møller 2001; Møller et al. 2000). Dette indebærer, at behandlingsudgiften på små og mellemstore brug vil være stor. Det er imidlertid muligt at anvende mobile separatorer, som betjener flere landbrug, hvorved behandlingsudgiften for de mindre brug kan reduceres. Der er en del erfaringer i Holland med anvendelse af mobile dekantercentrifuger, og DanmarksJordbrugsForskning afprøver i løbet af 2003 en mobil dekantercentrifuge.

Kemisk fældning

Anvendelse af kemiske tilsætningsstoffer til forbedring af separations effektiviteten af gylle er forholdsvis nyt, selvom det er almindelig anvendt metode til rensning af kommunalt og industrielt spildevand (Zhang & Westerman, 1997). Kemisk fældning opnås ved tilsætning af kemikalier der ændrer partiklernes tilstand, hvorved det bliver muligt at fraseparere en større andel (Zhang & Westerman, 1997; Westerman & Bicudo, 1998). De hyppigst anvendte kemikalier til fosfor separation er aluminium ($Al_2(SO_4)_3$), jernchlorid ($FeCl_3$), jernsulfat ($Fe_2(SO_4)_3$) og kalk ($Ca(OH)_2$). Ved anvendelse af kemikalierne koagulerer partiklerne og til yderligere sammenhæftning af de dannede kolloider i større flokke tilsættes ofte en polymer (Westerman & Bicudo, 1998).

Ansager Staldrens og Kemira markedsfører en separationsenhed til kemisk fældning og afvanding af gylle. DanmarksJordbrugsForskning afprøvede i 2002 anlægget der markedsføres af AnsagerStaldrens (AnsagerSepTec). I anlægget anvendes aluminium og en kation polymer (Møller, 2002). AnsagerSepTec består af 3 flokkulerings kamre med omrøring og tilsætning af kemikalier. Tørstoffet koagulerer og flokkulerer i kamrene og fjernes og afvandes med en sibåndspresse. Sammensætningen af den anvendte polymer blev af konkurrence hensyn ikke oplyst af fabrikanten.

De anvendte produkter, polymer og fældningsmiddel, er velkendte produkter, der anvendes overalt i verden til slambehandling på renseanlæg. Hvis kemisk fældning skal anvendes til husdyrgødning bør der stilles krav om dokumentation af bionedbrydelig og giftighed af de anvendte polymerer.

2. Kapacitet

Ved at producere en lille tørstof- og næringsstoffrig fraktion, der indeholder størstedelen af gyllens fosfor er det muligt ud fra en økonomisk synsvinkel at transportere næringsstofferne over større afstande. Effektiviteten ved anvendelse af hhv. skruepresse, dekantercentrifuge og kemisk fældning er vist i tabel 1.

Effektiviteten på opkoncentreringen af næringsstoffer med de simple, mekaniske separatorer, som buesigter, skruepresser m.m., er ringe, typisk <15% P og <9% N og effektiviteten er meget afhængig af tørstofindholdet i gyllen.

Effektiviteten på opkoncentreringen af næringsstoffer med dekantercentrifuger er høj for fosfor (50-80%), og organisk kvælstof (50-80%) men for total kvælstof er effektiviteten ringe (11-28%). De hidtidige undersøgelser har vist at effektiviteten er variabel mellem forskellige gylletyper (Møller et al. 2002), afgangning i biogasanlæg medfører således en forbedret effekt på fosfor men en reduceret effekt på kvælstof.

Effektiviteten på opkoncentreringen af næringsstoffer ved kemisk fældning er høj for fosfor (89%) og organisk kvælstof, men beskedent for total kvælstof (40%). Der foreligger imidlertid

indtil videre kun resultater for effektiviteten ved separation af svinegylle (Møller et al. 2002) og effektiviteten af kvæggylle og afgasset gylle er ikke dokumenteret.

Tabel 1. Separationseffektivitet med forskellige typer mekanisk-fysisk separation og kemisk fældning. Effektiviteten er defineret som den procentvise andel af komponenten der overføres til den faste fraktion (Møller mfl. 2002). ¹Resultater ved test af en hel række gylletyper (slagtesvin, kvæg og afgasset gylle). ²Resultater fra test af en gylletype (slagtesvin) med AnsagerSepTec.

	Separationseffektivitet %		
	Skruepresse ¹	Dekanter centrifuge ¹	Kemisk fældning ²
Volumen	3-5	5-21	15
Tørstof	17-32	45-63	89
Total N	5.1-9.3	11-28	40
Organisk N	(7-15)	50-80	86
Fosfor	7.5-15	52-80	89

Gylleseparation med dekantercentrifuger og ved kemisk fældning kan have en betydelig effekt på P-udnyttelsen og nogen effekt på N-udnyttelsen. P udnyttelsen kan forbedres, fordi en øget formidling af fosfor fra husdyrbrugere til planteavlere kan finde sted, idet transportomkostningerne af den koncentrerede fosforfraktion reduceres.

Ammoniakfordampningen kan reduceres under udbringning af den flydende fraktion, som følge af bedre infiltration af gyllen. Potentialet for at øge den samlede kvælstofudnyttelse af begge gødningsfraktioner er dog begrænset, eftersom det er vanskeligt at opnå en høj udnyttelse af kvælstoffet i den faste fraktion, ligesom lagringen af denne fraktion kan give anledning til kvælstoftab. Sørensen (2002) har fundet at den samlede kvælstofudnyttelse kan øges svagt, forudsat at øgede lagringstab kan undgås.

3. Koncepter

Mekanisk-fysisk separation kan anvendes enten alene eller som for- eller efter behandling i kombinerede processer. Funki Manura og Greenfarm Energy anvender således en dekanter centrifuge som hhv for- og efter behandling.

4. Udbredelse af teknologien på landsplan

Simpel mekanisk separation som skruepresse eller lignende anvendes i meget begrænset omfang og anvendes så vidt vides udelukkende på 2 biogasfællesanlæg.

Dekanter centrifuger anvendes på 2 biogasanlæg, hvor det ene er et gårdanlæg og det andet et fælles anlæg. Derudover anvender Greenfarm Energy og Funki dekanter centrifuger på deres anlæg. Greenfarm Energy har foreløbigt 2 anlæg i drift og yderligere 2 anlæg under etablering medens Funki hidtil har etableret et anlæg i Danmark.

Kemisk fældning anvendes i dag ved 3 svineproducenter.

Den største barriere mod en større udbygning med dekantercentrifuger og kemisk fældning er primært, at det er vanskeligt at skabe et afsætningsmarked for den fosfor rige faste fraktion.

5. Historisk udvikling

Dekantercentrifugen er en velafprøvet teknik der i mange år har været anvendt til spildevandsrensning såvel i industrien, som på kommunale rensningsanlæg, men først de seneste år er der opnået erfaring med centrifugering af gylle og opmærksomhed omkring de positive miljøeffekter, der vil kunne opnås med teknologien. Den første kommercielle dekanter blev etableret i forbindelse med et biogasanlæg på en stor svinebedrift i 2000. Anvendelse af kemiske tilsætningsstoffer er en almindelig anvendt metode til rensning af kommunalt og industrielt spildevand, men anvendelse til husdyrgødning er forholdsvist nyt. Ansager Staldrens etablerede det første anlæg i 2002.

6. Fremtid

Det forventes, at et stigende antal svineproducenter vil anvende mekanisk og kemisk fældning til separation af husdyrgødningens fosfor. Udbygnings hastigheden vil dog afhænge af flere faktorer herunder lovgivningsmæssige forhold samt hvorvidt man med fodringsmæssige tiltag kan reducere fosforudledningen tilstrækkeligt

7. Referencer

- Møller, H.B., 2002. Separation af slagtesvinegylle med Ansager SepTec gylleseparator. (Separation of pig manure with Ansager SepTec separator). Danish Institute of Agricultural Sciences. Internal Report No. 159.
- Møller, H.B., Lund, I., Sommer, S.G., 2000. Solid-liquid separation of livestock slurry: efficiency and cost. *Bioresource Technol* 74, 223–229.
- Møller, H.B., Sommer, S.G., Ahring, B.K. 2002. Separation efficiency and particle size distribution in relation to manure type and storage conditions. *Bioresource Technol* 85, 189–196.
- Sørensen, P. 2002. Udnyttelse af næringsstoffraktioner fra separationsprodukter. Indlæg på efterårskonferencen 2002. Danmarks JordbrugsForskni
- Westerman, P.W., Bicudo, J.R., 1998. Tangential flow separation and chemical enhancement to recover swine manure solids and phosphorus. ASAE meeting presentation No. 984114.
- Zhang, R.H., Lei, F., 1998. Chemical treatment of animal manure for solid liquid separation. *Trans ASAE* 41 (4), 1103–1108.
- Zhang, R.H., Westerman, P.W., 1997. Solid-liquid separation of animal manure for odor control and nutrient management. *Appl Eng Agric* 13 (5), 657–664.

Landbrugets Rådgivningscenter

Landskontoret for Bygninger og maskiner
Den 21. februar 2003
Jørgen Hinge

Bilag nr. 9: Membranfiltrering som komponent ved gylleseparering

1. Beskrivelse af teknologien

Den mest kendte teknik i forbindelse med gylleseparering er omvendt osmose. Princippet i omvendt osmose er (stærkt forenklet) at adskille to væsker med en semipermeabel membran – dvs. en membran, hvor vand og andre helt små molekyler kan passere igennem, mens større molekyler tilbageholdes. Ved at tryksætte den side med den ”urene” væske (her: gyllen) kan man tvinge vand igennem membranen, hvorved næringsstoffer mv. opkoncentreres på tryksiden.

De indtil nu kendte teknikker til membranfiltrering kan ikke – eller kun vanskeligt og med dårlige resultater – stå alene i forbindelse med gylleseparering. Årsagen hertil er, at gyllens partikler og organiske forbindelser hurtigt vil blokere membranen. Dette kan overvindes ved at kombinere filtreringen med andre teknikker.

2. Kapacitet

Da membranfiltrering som ovenfor nævnt kun anvendes i kombination med andre teknikker i forbindelse med separering af gylle, beskrives kapaciteten for membranfiltreringsanlæg ikke særskilt her: der henvises til afsnittet om koncepter til separering af gylle.

3. Koncepter

Der henvises til afsnittet om koncepter til separering af gylle.

4. Udbredelse af teknologien på landsplan

Firmaet Bioscan har etableret to fuldskala separeringsanlæg med membranfiltrering) i drift i Danmark (på Fyn); de har været ude af drift i et par år, men det ene er nu i drift igen. Ansager Staldrens Aps. har et forsøgsanlæg, der omfatter keramiske filtre og omvendt osmose, stående på deres virksomhed i Vestjylland, men anlægget er os bekendt ikke i drift.

5. Historisk udvikling

I forbindelse med biogasfællesanlægget i Lintrup blev der omkring 1990 etableret det første fuldskala separeringsanlæg med omvendt osmose. Anlægget blev imidlertid ikke bragt til at fungere tilfredsstillende, og driften blev derfor indstillet. Firmaet Bioscan A/S arbejdede videre med teknologien op gennem 90-erne og etablerede to gårdanlæg på Fyn. Andre firmaer, der har arbejdet med filtreringsanlæg til gylleseparering er Fuoso A/S og Ansager Staldrens Aps, men det har i Danmark alene været pilot/forsøgs-anlægs niveau.

6. Fremtid

Ingen af de koncepter til gylleseparering, der pt. markedsføres aktivt på det danske marked indbefatter membranfiltrering. Det er imidlertid muligt, at Bioscan A/S og/eller Ansager Staldrens Aps i fremtiden vil sælge anlæg i Danmark, ligesom der kan komme nye koncepter til, der gør brug af membranfiltrering.

Danmarks JordbrugsForskning

Afdeling for Jordbrugsteknik

Den 5. februar 2003

Henrik B. Møller

Bilag nr. 10: Destillation og stripning

1. Beskrivelse af teknologien

Ammoniak stripning fra gylle i kombination med scrubning eller indampning i kombination med kondensering er de hyppigst anvendte metoder til fjernelse af kvælstof fra gylle.

N-stripning

Stripning af ammoniak fra gylle foregår ved, at der blæses atmosfærisk luft igennem en kolonne der overrisles med gylle. Ammoniak ligevægten i en vandig opløsning er temperatur og pH afhængig. Hvis pH justeringer er nødvendige er der behov for tilsætning af store mængder base pga. den store bufferkapacitet i gylle. I Danmark har ammoniak stripning været afprøvet på Fangel biogas ved temperaturer mellem 40-50°C. I denne test blev kun 13-25% af ammonium kvælstoffet fjernet (Kruger, 1997). Bonmati & Flotats (2001) har vist, at det i laboratoriet er muligt at fjerne næsten al ammonium kvælstof i afgasset gylle uden pH justeringer, hvis temperaturen er tilstrækkelig høj, medens det i rågylle er nødvendigt med pH justeringer.

Det afstrippede ammoniak kan efterfølgende fanges i en syre scrubber.

N-destillation

Ved at hæve temperaturen i gylle vil ammoniak fordampe. Hastigheden hvormed ammoniakken fordamper afhænger af gyllens overflade og temperaturen. Funki Manura og Greenfarm Energy anvender destillations princippet. Funki Manura sikrer en effektiv N-fjernelse ved at hæve temperaturen til 100°C og pumpe gyllen over en hedeflade.

2. Kapacitet

Ved stripning og destillation produceres der en ammonium opløsning med en koncentration på niveau med handelsgødning. Gyllens organiske kvælstof og en mindre andel af gyllens ammonium kvælstof bliver ikke fjernet fra gyllen. Effektiviteten af processen afhænger af behandlingen, dvs temperatur, pH justering, luftmængder, overflade mm. og vil i bedste tilfælde være ca. 70% af total N. Eftersom stripning og destillation næsten altid er en delproces i et kombineret anlæg, vil en stor del af det kvælstof der er tilbage i gyllen være tilstede i form af koncentrat fra de øvrige processer. Udnyttelsen i marken af den koncentrerede ammonium opløsning opsamlet i luft scrubber har hidtil været noget skuffende og det har vist sig, at en forsuring er nødvendig for at undgå ammoniak fordampning og sikre en høj kvælstof udnyttelse (Knudsen, 2002).

3. Koncepter

Stripning og destillation anvendes primært som en delproces i kombinerede anlæg. Firmaerne Funki Manura, Bioscan, Dansk Biogas og Greenfarm Energy anvender destillation som et behandlingstrin i den samlede proces.

4. Udbredelse af teknologien på landsplan

Greenfarm Energy, Funki og Dansk Biogas anvender destillation på deres anlæg. Greenfarm Energy har foreløbigt 2 anlæg i drift og yderligere 2 anlæg under etablering medens Funki hidtil har etableret et anlæg i Danmark. Dansk Biogas har etableret adskillige biogasanlæg men kun et anlæg er indtil videre indrettet til kvælstof fjernelse med destillation. BioScan anvender stripping på deres anlæg.

5. Historisk udvikling

Kvælstof fjernelse ved stripping og destillation er en velafprøvet teknik, der i mange år har været anvendt i industrien.

6. Fremtid

Kvælstoffjernelse ved stripping er som oftest en delproces i kombinerede separationsteknikker og en øget udbredelse vil derfor primært finde sted i takt med en øget udbredelse af anlæg fra Greenfarm Energy, Funki Manura etc.

7. Referencer

- Bonmati, A and Flotats, X 2001 Ammonia air stripping from pig slurry: influence of previous mesophilic anaerobic digestion.
- Knudsen, L 2002. Perspektiver i forhold til gødningsudnyttelse. Bilag til emnedag om teknik i landbruget.
- Krüger (1997). Opkoncentrering af næringsstoffer i afgasset biomasse. Centrifuge- og stripper/scrubber anlæg. Krüger A/S, Århus, Denmark.

Landbrugets Rådgivningscenter

Landskontoret for Bygninger og Maskiner / Landskontoret
for Planteavl

Den 25. februar 2003

Jørgen Hinge / Torkild Birkmose

Bilag nr. 11: Koncepter til gylleseparering

1. Beskrivelse af teknologien

Koncepter til separering af gylle omfatter alt lige fra enkle teknikker baseret på en et-trins mekanisk separering (f. eks. i en skruepresse eller dekantercentrifuge) til komplicerede anlæg, hvor en række enkeltteknikker er kombineret.

I dette afsnit behandles imidlertid alene koncepter, der er sammensat af flere teknikker og falder ind under definitionen på højteknologiske anlæg (jf. Bekendtgørelse om husdyrhold og arealkrav). Enkeltteknikker og koncepter under den lavteknologiske definition behandles i andre afsnit.

Beskrivelsen af de forskellige koncepter tager udgangspunkt i de koncepter, der markedsføres/præsenteres af de forskellige firmaer, og koncepterne benævnes derfor med firmaernes navne. For hver af koncepterne er en kort beskrivelse af delprocesserne angivet. Af tabel 1 fremgår, hvilke produkter der fremkommer ved separeringen.

Funki Manura

Koncept: MANURA 2000

En dekantercentrifuge separerer gyllen i et fast fosforholdigt produkt (kaldet "humus") og et flydende rejekt. Rejektet behandles i selve MAURA 2000 enheden ved en proces kaldet mekanisk vanddampkompression med efterfølgende udskillelse af kvælstof. Herved fremkommer en koncentreret N-fraktion, rensede vand samt en NPK-fraktion, der indeholder de resterende næringsstoffer, salte mv. Det rensede vand efterpoleres evt. i en ionbytter, afhængigt af, hvilke kvalitetskrav, der stilles til vandet.

Funki Manura har i 2003 markedsført en revideret/forenklet udgave, MANURA COMPACT; der er endnu ikke anlæg i drift.

Green Farm Energy

Anlægget er konstrueret til foruden gylle at behandle andet organisk materiale for landbruget. Dette andet materiale gennemgår inden sammenblanding med gylle en termokemisk forbehandling. Efter sammenblanding behandles i en kombineret hygiejniserings og ammoniakstripping. Herefter sker en traditionel biogasudråkning, og den afgassede gylle separeres i en dekantercentrifuge, hvorved der fremkommer et fast P-produkt og en væskefraktion. Ved en yderligere ammoniakstripping med svovlsyre-fældning dannes en NS-fraktion og rejektvand.

Echberg Manutech

Gyllen beluftes, hvorved temperaturen stiger til 60-70 grader under frigivelse af ammonium. Herefter behandles gyllen batchvis under vacuum i et ”evakueringsmodul”, hvorved yderligere ammonium frigives. Den ammoniumholdige luft fra beluftningstank og evakueringsmodul vaskes herefter i en scrubber, hvorved der produceres en vandig N-fraktion. Gyllen ledes fra evakueringsmodulet til en mekanisk separator, hvor gyllen separeres i et fosforholdigt tørstofprodukt og en gyllevæske, der indeholder de resterende næringsstoffer, salte mv.

Dansk Biogas

Gyllen afgasses i et ”traditionelt biogasanlæg”. Den afgassede gylle separeres i en dekantercentrifuge hvorved der fremkommer et fosforholdigt tørstofprodukt og en væskefraktion. Væskefraktionen inddampes herefter under vacuum med varme fra biogasproduktionen. Herved fremkommer et N-koncentrat samt et restprodukt med de resterende næringsstoffer, salte mv.

Firma / koncept	Produkter	Beskrivelse	Tørstofindhold (%)	N / P – indhold (kg/ton)
Funkia Manura MANURA 2000	”Humus” (Tørstoffraktion)	Som fast møj/kompost fra dekanter	20-28	5-7 / 4-6
	N-fraktion	Klar væske	0	114,0 / 0
	NPK-fraktion	Som ajle	10	8,7 / 0,8
	Renset vand	Som vand	0	0,5 / 0
Green Farm Energy	P-koncentrat			
	N-fraktion	Klar væske	0	250 / 0
	Restfraktion	som ajle		
Echberg Manutech	Tørstoffraktion	Som fast møj/kompost		
	N-fraktion	Klar væske		
	Restfraktion	Som (tynd) ajle		
Dansk Biogas	Tørstoffraktion	Som fast møj/kompost fra dekanter		
	N-fraktion	Klar væske		
	Restfraktion	Som (tynd) ajle		

Tabel 1. Produkter fra 4 højteknologiske anlægskoncepter. Farverne er udtryk for, at der er tale om produkter med nogenlunde ens karakteristika. Det rensede vand fra MANURA 2000 anlægget og P-koncentratet fra Green Farm Energy falder uden for disse grupper. For de produkter, hvor indholdet af tørstof, kvælstof og fosfor er kendt, er dette angivet.

Herudover er der et par andre koncepter, hvor firmaerne bag endnu ikke har etableret hverken pilot- eller forsøgsanlæg, eller de markedsførere ikke anlæg i Danmark pt.

1.1 Potentielle positive sideeffekter ved højteknologisk separering.

Opkoncentrering og adskillelse af husdyrgødningens forskellige næringsstoffer giver mulighed for en bedre fordeling og mere præcis dosering af disse. En forbedret udnyttelse betyder mindre tab til omgivelserne. Potentialet herfor er beskrevet under punkt 2.

Produkterne fra højteknologisk separering er af meget forskellig karakter. Nogle af produkterne er stort set lugtfrie, andre skal opbevares og transporteres i lukkede beholdere pga. lugtgener og risiko for ammoniakfordampning. Generelt vil der være et betydeligt potentiale for reduktion af lugtgener i forbindelse med opbevaring, transport og udbringning af produkter fra gylleseparering sammenholdt med dagens standarder for gyllehåndtering.

I alle ovennævnte koncepter indgår en behandling, der sikrer tilintetgørelse af smittekim ved tryk- og/eller varmebehandling

Det vil være muligt at spare gylletransport, specielt hvis mængden af husdyrgødning reduceres ved separeringen gennem fraskillelse af ”rent” vand. Men også selv om der ikke produceres rent vand, kan der spares transport, hvis der kan udsprede en stor mængde ”tynd” fraktion i relativ nærhed af gyllebeholderen. Den sparede transport vil have en gunstig effekt, dels ved mindre slid på vejene og dels ved færre køreskader (og deraf forøget udbytte) i marken i forbindelse med udbringning.

Udledning af drivhusgasser. I nogle af koncepterne indgår biogasproduktion. Foruden den substitution, der herved sker af fossile brændsler (og dermed sparet CO₂-udledning) betyder opsamling og afbrænding af biogassen en reduktion i udledningen af metan, der også er en aggressiv drivhusgas. Såfremt der opnås en forbedret næringsstofudnyttelse, vil der i princippet spares en tilsvarende mængde handelsgødning. Energiforbruget (og den deraf afledte CO₂-udledning) til fremstilling og transport heraf vil således også spares.

1.2. Potentielle negative sideeffekter ved højteknologisk separering

Der er i mange tilfælde tale om dyr teknologi, hvilket igen betyder, at der ofte vil være betydelige størrelsesøkonomiske fordele ved f. eks. at etablere centrale fællesanlæg. Dette kan indebære forøget transport.

Nogle anlægskoncepter har et meget betydeligt energiforbrug. I det omfang dette forbrug ikke kan dækkes ved en egenproduktion af biogas, vil separeringen principielt medføre en forøget udledning af CO₂ fra energifremstillingen.

2. Kapacitet

I det følgende er der gjort et overslag over, hvor stor en reduktion af henholdsvis kvælstof- og fosfortab, som separering af gylle med såkaldt højteknologisk udstyr til gylleseparering giver anledning til.

Beregningerne er foretaget med udgangspunkt i et anlæg fra Funki Manura A/S – et såkaldt Manura 2000-anlæg. Anlægget er valgt på baggrund af, at det er det bedst beskrevne og separeringsprodukterne er bedst dokumenterede med hensyn til næringsstofudnyttelse.

De andre anlæg, der er beskrevet under pkt 1 adskiller sig på væsentlige områder fra Manura 2000, og kan således ikke sammenlignes direkte dertil. Men kendetegnende for de nævnte typer er, at dokumentation for næringsstofsammensætning og -udnyttelse er ringe.

Kvælstof

I tabel 2 er foretaget en beregning af det samlede kvælstoftab i stald, lager og mark efter udbringning af ubehandlet svinegylle og fraktioner fra Manura 2000.

Tabel 2. Det samlede kvælstoftab i stald, lager og mark efter udbringning af ubehandlet svinegylle og fraktioner fra Manura 2000.

Behandling	Fraktion	Pct. af N	Staldtab, % 1)	Lagertab, %	Marktab, % 4)	Samlet tab	Kg pr. ha 9)
Ubehandlet	Gylle	100	15	2 ²⁾	25 ⁵⁾	38	60
Manura 2000	Fiber	18	15	15 ³⁾	45 ⁶⁾	60	
	N-konc.	66	15	0	10 ⁷⁾	24	
	NPK-konc.	15	15	0	40 ⁸⁾	49	
	<u>Vand</u>	<u>1</u>	<u>15</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>15</u>	
	I alt	100				34	54

1) Manura 2000 har ingen indvirkning i stalden. Staldtabet er fastsat som for fuldspaltegulve, Damgaard *et al.*, 2001

2) Damgaard *et al.*, 2001

3) Lagertabet for fiber kan være lavere, hvis lagringstid og kompostering er minimal. Omvendt kan det være større, hvis lagringstiden er lang og/eller der sker omfattende kompostering.

4) Generelt er marktabet fastsat som den andel af kvælstoffet, som ikke umiddelbart udnyttes i marken. Det er forudsat, at der ikke sker en opbygning af jordens kvælstofpulje.

5) Der regnes med 65 pct. førsteårsvirkning og 10 pct. eftervirkning, Oversigt over Landsforsøgene, 2001

6) Der regnes med 40 pct. førsteårsvirkning og 15 pct. eftervirkning, Kilde til førsteårsvirkning: Danmarks JordbrugsForskning. Eftervirkning er anslået.

7) Der regnes skønsmæssigt med 10 pct. ammoniakfordampning i gennemsnit: 20 pct. i vintersæd og 0 pct. i vårsæd (nedfældet/placeret). Halv anvendelse i hver afgrøde.

8) Der regnes med 50 pct. førsteårsvirkning og 10 pct. eftervirkning. Kilde til førsteårsvirkning: Oversigt over Landsforsøgene, 1999. Eftervirkning er anslået.

9) Kg pr. ha pr. år ved 1,4 DE pr. ha i slagtesvinegylle

Det fremgår af tabellen, at det samlede kvælstoftab skønsmæssigt reduceres fra 60 kg pr. ha pr. år til 54 kg pr. ha pr. år ved en fuld produktion af slagtesvin og udbringning af husdyrgødningen herfra.

Kvælstoftabet i stald og lager er i form af ammoniak og størstedelen af tabet i marken er ammoniak. Derfor vil reduktionen af kvælstoftab fortrinsvist være i form af ammoniak.

Skønnet er forbundet med væsentlig usikkerhed på grund af usikkerhed på de anvendte beregningsfaktorer. Andre typer separeringsanlæg af typen højteknologisk kan have en reduktion af kvælstof, som er større eller mindre end det anførte.

Fosfor

Udnyttelsen af fosfor er først og fremmest et spørgsmål om fordeling. Hvis der over en årrække tilføres den samme mængde fosfor med husdyrgødning (og handelsgødning), som afgrøderne bortfører (balance), antager man, at fosforen i husdyrgødning udnyttes 100 pct. Hvis der derimod tilføres dobbelt så meget, som afgrøderne fjerner, er udnyttelsen kun 50 pct.

I kraft af, at separeringsteknologi opkoncentrerer fosforen i én fraktion, opnås betydelig bedre muligheder for at overføre fosfor i husdyrgødning fra arealer, som ellers ville blive overforsynet med fosfor til arealer, som ellers ville blive gødsket med fosfor i handelsgødning. Der bliver således mulighed for at overføre fosfor i husdyrgødning over et langt større geografisk område, og overførsel til andre landsdele eller til udlandet bliver

muligt. Hvis denne mulighed udnyttes fuldt ud, kan overforsyning med fosfor til landbrugsjorden undgås, og der kan opnås fosforbalance.

I tabel 3 er vist fosforbalancen ved fuld produktion af søer, slagtesvin eller en kombination. Balancen er vist for tre forskellige udbyttene og ved fosfornorm i husdyrgødning, og ved det niveau for fosfor i husdyrgødningen, som Landsudvalget for Svin anser for værende muligt.

Tabel 3. Fosforoverskud (kg P pr. ha pr. år) ved fuld produktion af søer, slagtesvin eller en kombination.

	Normtal for fosfor i husdyrgødning ¹⁾			Muligt ²⁾		
	Søer	Slagtesvin	Kombination	Søer	Slagtesvin	Kombination
Lavt udbytte ³⁾	24	16	19	10	2	6
Mellem udbytte ⁴⁾	19	11	14	5	-3	1
Højt udbytte ⁵⁾	14	6	9	0	-8	-4

1) Damgaard *et al.*, 2001

2) I kraft af fasefodring, brug af fordøjelige fosfortyper, fytase mv. Landsudvalget for Svin, 2002

3) Der regnes med 20 kg bortført P i afgrøder pr. år

4) Der regnes med 25 kg bortført P i afgrøder pr. år

5) Der regnes med 30 kg bortført P i afgrøder pr. år

Tabel 3 viser, at gylleseparering kan reducere fosforoverskuddet 6-24 kg pr. ha pr. år regnet ved normtal for fosforindholdet i husdyrgødning. Reduktionen er betinget af en optimal omfordeling af fosfor, således at fosforoverskud undgås. Det skal imidlertid pointeres, at separering i sig selv ikke sikrer en tilstrækkelig overførsel af næringsstoffer. Overførslen og dermed reduktionen af fosforoverskuddet, er betinget af, at der reelt er et marked for separeringsprodukterne. Erfaringen viser, at dette marked er lille.

Ved at reducere fosforindholdet i foderet til svinene til det lavest mulige niveau reduceres fosformængden i husdyrgødningen betydeligt. Derved reduceres fosforoverskuddet i marken, og den mulige yderligere reduktion af fosforoverskuddet ved gylleseparering falder til under 10 kg pr. ha pr. år.

3. Koncepter

De anlæg, der er beskrevet i dette afsnit er i sig selv hele koncepter, der principielt kan indpasses i sammenhæng med de fleste bedrifter. Det vil dog formentligt være sådan, at efterhånden som koncepterne modnes og implementeres, vil der ske en afsmitning/inddragelse af andre af bedriftens funktioner. Som eksempler herpå kan nævnes

- genanvendelse af rensed vand til rengøring mv. i stald
- genanvendelse af rensed vand til hyppig udskylning af gyllekanaler (reduktion af ammoniakfordampning)
- optimering af anvendelse af næringsstoffer (nye systemer til opbevaring og udbringning af produkter fra separeringen)
- videreforarbejdning/raffinerings af produkter fra separeringen

4. Udbredelse af teknologien på landsplan

Vi har kendskab til, at der pt er følgende anlæg i drift:

- Ét Bioscan anlæg på Fyn (Kommercielt)
- Ét Funki MANURA 2000 anlæg på Mors (Kommercielt)

- Ét Green Farm Energy anlæg ved Hadsten (Forsøgs-/demonstrationsanlæg) samt yderligere ét under indkøring ved Mariager (Kommercielt)
- Ét Echberg Manutech anlæg ved Langå (Forsøgs-/demonstrationsanlæg)
- Ét Dansk Biogas inddampningsanlæg ved Tarm (Forsøgs-/demonstrations-anlæg)

Anlæggene skønnes tilsammen at behandle 80-90.000 tons gylle årligt

5. Historisk udvikling

Udover Bioscan-anlægget, der er etableret i 1996, er alle ovennævnte anlæg etableret efter år 2000

6. Fremtid

Det er særdeles vanskeligt at forudsige, hvor mange højteknologiske gyllesepareringsanlæg, der vil blive etableret i de kommende år. Det afhænger ikke mindst af lovgivningen på området. Med de nye love/bekendtgørelser, der allerede er kommet i løbet af 2002 er der på flere banet vej for en udbygning, men der er fortsat væsentlige barrierer som f. eks. afsætning af produkterne fra separeringen.

Med den nuværende lovgivning er vort bud på udbygning med højteknologiske separeringsanlæg følgende

2003: 0-5 anlæg

2004: 0-5 anlæg

2005-2010: 2-10 anlæg/år

Der vil givet blive udviklet nye koncepter, og nogle af de eksisterende vil formentligt falde fra.

Danmarks JordbrugsForskning

Afdeling for Jordbrugsteknik
Den 31. januar 2003
Peter Kai og Sven G. Sommer

Bilag nr. 12: Oparbejdning af fast fraktion fra separering ved afbrænding og pyrolyse

1. Beskrivelse af teknologien

Ved separation af gylle eller ved kildeseperation i stalden produceres en fast, tørstofrig fraktion af gødning, der kan transporteres til landbrugsejendomme med behov for plantenæringsstoffer. Det har ikke været muligt at få en ordentlig betaling for de næringsalte, der bliver eksporteret i den faste fraktion. Årsagerne hertil kan være mange, men formentlig vil man kunne øge værdien ved en videre-forarbejdning af gødningen til en mineralsk gødning.

En forarbejdning kan bestå i en reduktion af gødningens volumen og masse. Denne reduktion kan opnås ved at brænde det organiske materiale og udnytte asken som gødning. Ved traditionel afbrænding vil gødningens indhold af kvælstof gå tabt, derfor er det vigtigt at reducere kvælstofindholdet mest muligt før forbrændingen. Ved pyrolyse vil kvælstoffet hovedsageligt blive udsendt som ammoniak, som efterfølgende kan tilbageholdes ved hjælp af en scrubber.

Samtidig med at gødningens volumen reduceres produceres energi. Som bekendt kan energiindhold frigøres ved hhv. en anaerob omsætning (biogasproduktion), eller ved en oxidation (forbrænding).

En effektiv forbrænding er mulig på større centrale kraftværker, hvor partikler og kvælstofoxider kan tilbageholdes. Det er imidlertid vanskeligt at forbrænde biomasse med så højt vandindhold som er normalt kendetegnende for fiberfraktionen fra separation, derfor er det ofte afgørende at tørstofindholdet øges til over 50%.

Som beskrevet i bilaget vedr. separation kan den faste fraktion fra et kildeseperationsanlæg tørres inde i stalden, hvorved tørstofindholdet kan forøges til omkring 50%. Ved dekantercentrifugering kan der opnås et tørstofindhold af fiberfraktionen på ca. 35% og ved øvrige filtreringsmetoder er tørstofindholdet af fiberfraktionen lavere. Det er imidlertid muligt at øge tørstofindholdet ved kompostering og tørring. Til tørring kan spildvarme fra kraftvarme produktion eller anden industriel produktion benyttes. Ved kompostering og tørring uddrives en stor del af den faste fraktions kvælstofindhold som ammoniak, der kan opsamles med en ammoniakscrubber. Forbehandlingen kan således reducere kvælstoftabet ved afbrænding.

Ved pyrolyse omsættes gødningens organiske stof til gasser, bl.a. ammoniak der kan fjernes fra gassen før denne benyttes til energifremstilling ved forbrænding i f.eks. en gasturbine.

2. Kapacitet

Det er beregnet af ¹Møller m.fl. (2003) at bruttoenergiindholdet i gylle er 15-16 MJ/kg TS (TS=Tørstof indholdet i biomassen). Anaerob omsætning i biogasanlæg frigør 50-80% af biomassens energiindhold i form af metan, medens forbrænding frigør hele energiindholdet. Alt andet lige vil forbrændingen derfor kunne give en større energiproduktion end biogasproduktion.

Hvis produktgassen fra pyrolyse ledes til en gasturbine med en el-effektivitet på 40 pct. anslås det, at der kan produceres ca. 130 kWh strøm og ca. 160 kWh varme af den mængde tørstof, som kan findes i én m³ gylle (med 6,6 pct. tørstof). En del af varmen og den producerede gas skal dog anvendes internt på procesanlægget (5-10%), så det er ikke al varmen, som kan afsættes som fjernvarme. Til sammenligning bidrager biogasproduktion med 40-60 kWh strøm pr. m³ gylle ud af en samlet energiproduktion på 100-150 kWh pr. m³ gylle. Der kommer således omtrent dobbelt så meget strøm ud af en forgasning af gødningstørstoffet som ved biogasfremstilling ud fra den samme mængde gylle.

En del af komponenterne i gyllen vil efter pyrolyse findes i den faste fraktion andre som kvælstof, svovl, klorid og kulstof vil fordampe. Som nævnt vil man tilbageholde kvælstof i en ammoniakscrubber. Gyllens indhold af aske er 15-20%. I asken vil calcium indholdet være ca. 11,5%, fosforindholdet 13,3% og magnesium indholdet 5,8%.

3. Koncepter

Se bilag vedrørende staldseparation.

4. Udbredelse af teknologien på landsplan

Afbrænding af gødningstørstof

Der forbrændes ikke husdyrgødning i Danmark. Det skyldes bl. a. ønsket om at anvende gødningens indhold af kvælstof så optimalt som muligt.

Pyrolyse

I flere lande gennemføres der laboratorieskala- og/eller demonstrationsskalaforsøg med pyrolyse af forskellige former for biomasse, bl.a. halm og træflis. I USA arbejdes der endvidere med pyrolyse af gødningstørstof fra svinestalde. På baggrund af laboratorieskalaforsøgene planlægges der opstillet større demonstrationsanlæg med henblik på at opnå driftserfaringer over tid med større anlæg.

5. Historisk udvikling

Der er tale om en ny teknologi, der ikke benyttes i praksis.

Pyrolyse er ikke en ukendt teknologi. Bygas bliver således produceret ved pyrolyse af kul, ligesom de danske biler under anden verdenskrig kørte på generatorgas produceret på baggrund af træ.

Skriv om hvorfor pyrolyse ikke er mere udbredt. Rapport fra energistyrelsen.

6. Fremtid

Der er store perspektiver ved en praktisk anvendelse af pyrolyseteknologien (strøm, varme, flydende brændstof). Der er dog mange uafklarede forhold, hvorfor pyrolyse af svinegødningstørstof formodentlig ikke vil være moden til anvendelse i praksis de første 5-10 år.

Referencer

- Møller, H.B., Sommer, S.G. & Ahring B. K. 2003. Theoretical and ultimate gas potential of manure, straw and solid fraction of manure. Biomass & Bioenergy. In preparation.
- Kempen, T. van. 2002. RE-Cycle: a profitable swine production system with zero waste. Published ??.

Forslag til økonomiberegning ved pyrolyse

Et af de store spørgsmål er naturligvis økonomien. Endnu er der kun tale om laboratorieforsøg af systemets delelementer. Der er endnu ikke opført et samlet demonstrationsanlæg i USA, hvorfor det naturligvis er vanskeligt at komme med sikre bud på den økonomiske ramme for et samlet anlæg.

De amerikanske forskere vurderer, at pyrolyseanlæg vil have en størrelse (Kempen, 2002), som kræver en anseelig tilhørende svineproduktion. Det anslås således, at et fuldskala-anlæg vil have en kapacitet på mindst 250 ton pr. dag. Dette svarer rundt regnet til den daglige produktion af gødningstørstof fra ca. 650.000 slagtesvin, som af hensyn til omkostningerne til transport af gødningen, bør være lokaliseret tæt på pyrolyseanlægget. Dette synes imidlertid ikke urealistisk visse steder i Danmark, fx på Mors eller Als. Eventuelt kan gødning fra svin erstattes af anden biomasse i form af fx gødning fra slagtekyllingeproduktion, træflis eller husholdningsaffald.

Projektdeltagernes bedste bud lyder på, at RE-Cycle systemet under amerikanske forhold vil være forbundet med en økonomi, der spænder mellem balance mellem indtægter og udgifter samt et overskud på 63 kr. (givet en dollarkurs på 7,5) pr. slagtesvinestiplads pr. år.

I dette regnestykke har man imidlertid ikke medregnet sparede omkostninger til opbevaring og udbringning af gylle samt sparet jordkøb. Størrelsen af disse afhænger blandt andet af, om der i forvejen er opbevaringskapacitet på ejendommen, samt om svineproduktionen har tilstrækkelige jordarealer til rådighed.

Beregningerne er baseret på amerikanske forhold, som på en række områder afviger fra danske forhold. En overslagsberegning baseret på forventninger under danske forhold resulterer i en break-even pris på henholdsvis mindre end 2 kr. pr. liter ethanol eller mindre end 30 øre pr. kWh strøm under forudsætning af, at biomassen afhentes gratis hos landmændene, og at der ikke er indtægter fra salg af overskudsvarme i form af fjernvarme. Til sammenligning koster det godt 3 kr. at producere en liter benzin. Da energiindholdet i en liter benzin er 1,5 gange højere end energiindholdet i en liter ethanol, må literprisen på ethanol alene ud fra en energimæssig betragtning således ikke overstige ca. 2 kr. pr. liter. Da afgiften pr. liter imidlertid er ens for hhv. benzin og ethanol, må produktionsprisen på ethanol altså nødvendigvis være lavere end 2 kr. for at sidestille energikilderne set med forbrugernes øjne.

I ovenstående regnestykke er der ikke medregnet salg af fjernvarme, hvilket især ved produktion af strøm vil kunne bidrage væsentligt til dækningsbidraget. Kombinationen af pyrolyse- og kraftvarmeanlæg umiddelbart synes således mest interessant under danske forhold.

Danmarks JordbrugsForskning

Afdeling for Jordbrugsteknik

Den 5. februar 2003

Sven G. Sommer

Bilag nr. 13: Reduktion af ammoniaktab fra gyllebeholdere

1. Beskrivelse af teknologien

Et af tiltagene til reduktion af ammoniakfordampning fra gyllebeholdere er at begrænse luftstrømningerne lige over gyllen. De teknologiske muligheder for reduktion af ammoniakfordampning fra lagret gylle hvor transporten i luften hæmmes kan deles følgende 3 kategorier:

- Flydelag, halm, leca der flyder på gyllens overflade og røres op i gyllen ved omrøring i forbindelse med udbringning af gylle
- Flydedug, der flyder på overfladen af gylle
- Fast overdækning som betonlåg og teltkonstruktioner

Alternativt kunne gyllen forsures. Denne behandling vil blive omtalt i bilaget effekt af tilsætning af additiver til gylle.

Flydelag - naturligt flydelag, lecasten eller halm

Kvæggylle indeholder som regel strå fra strøelse og foder. Dette bevirker at der på hovedparten af kvægbrug er dækkende flydelag på gyllen (COWI 2000). De naturlige flydelag dannes spontant og normalt kort tid efter lagringens påbegyndelse. Der er dog eksempler på, at det naturlige flydelag kan forsvinde i kortere eller længere perioder for derefter igen at opstå. Især kan naturlige flydelag synke til bunds i løbet af vinteren. Flydelagene holdes formentlig oppe af metan, der tilbageholdes på overfladen af strå og partikler i gyllen. Metanproduktionen er lav om vinteren som følge af lave temperaturer, derfor er mængden af tilbageholdt metan lav og flydelaget kan synke til bunds. Ved lave temperaturer er ammoniak fordampningen imidlertid lav, og nedsynkningen får ikke samme betydning for ammoniaktabets størrelse som nedsynkning i løbet af sommerperioden ville have haft. Det er uklart, hvordan tilsætning af forskellige tilsætningsstoffer til gyllen i stalden påvirker det naturlige flydelag.

På svinegylle dannes ikke naturlig flydelag i samme udstrækning som på kvæggylle, derfor vil det være nødvendigt at tilføre ekstra flydelag til svinegylle f.eks. i form af halm (20 cm) eller leca nødder (10 cm). Halmen kan tilføres ved at blæse halmen ud over gyllen med en strøelsesmaskine. Halmen udlægges i gyllebeholderen efter tømning, derpå tilføres gylle så halmen bindes til et tæt lag. I perioder med megen blæst er det ofte umuligt at benytte denne teknik, medmindre det er naboens gylle man ønsker at overdække. Et 20 cm tykt halmflydelag opnås ved tilførsel ca. 10 kg halm pr. m² gylleoverflade (Jens Johnsen Høy, Landskontoret for Bygninger og Maskiner). Erfaringer tyder på, at leca nødder kan skade udbringningsudstyret, mange landmænd ønsker derfor ikke at benytte denne overdækningsteknik

For at opnå en homogen gylleblanding ved udbringning vil flydelaget normalt blive nedbrudt ved omrøring i forbindelse med udbringningen. Kvæggylle behøver ikke at omrøres så kraftigt som svinegylle, da der ikke dannes bundfald i kvæggylle. Svinegylle danner hurtigere bundfald en kvæggylle og skal derfor omrøres flere gange gennem den

periode hvor gyllebeholderen tømmes. Praksis for, hvor effektivt gyllen omrøres i forbindelse med udbringning er dog meget forskellig fra bedrift til bedrift.

Flydedug

Flydedug er en pvc-overdækning der flyder på gyllens overflade. Der har vist sig problemer ved flydedug, bl.a. er der eksempler på at de kan kænre eller synke i forbindelse med omrøring. Imidlertid vurderes det, at anvendelse af flydeduge på mindre beholdere (10-15 m diameter) kan være en overdækningsform, som kan fungere i praksis og som kan være prismæssigt attraktiv i forhold til betonoverdækning eller telt. Der er derfor behov for udvikling af flydeduge, således at de uden større besvær helt eller delvis kan trækkes væk i forbindelse med omrøring af gyllen. Der er ligeledes behov for udvikling af flydedugene, så det bliver muligt at pumpe uforurennet regnvand fra flydedugen. Ved anvendelse af flydedug er der, som ved teltoverdækning, behov for åbninger eller rørstudse i dugen, så metan kan bortledes. Ellers vil dugen løftes op af gstrykket, hvilket vil reducere dugens dækningsevne betydeligt. Dugen må ikke kunne kænre som følge af nedbør eller vindpåvirkning

Teltoverdækning

Teltoverdækning vil sikre, at fordampning af ammoniak fra gyllelagret er minimal (der er dog altid et hul i teltdugen så den dannede metan kan slippe ud). Teltoverdækning af gyllebeholdere kan dog give anledning til praktiske problemer i forbindelse med omrøring. Bundfald skal røres op for at sikre en præcis dosering af gyllen i marken. Omrøringens effektivitet kontrolleres normalt visuelt, hvilket har vist sig vanskeligt i gyllelagret under teltoverbygning, da der er mørkt under teltdugen. Den visuelle kontrol gennem en åbning i teltdugen giver desuden et dårligt arbejdsmiljø, da luften under teltdugen har et højt indhold af ildelugtende gasser og ammoniak. Der kan således vise sig behov for udvikling af sensor til kontrol af opblanding af gylle i forbindelse med omrøring, så den visuelle kontrol kan udelades.

Overdækning med telt etc. vil reducere mængden af nedbør med ca. 400 mm svarende til en fyldningskapacitet på 0,4 m. Overdækning vil også medføre at bølgegang i store lagre elimineres. Det vil groft anslået give en ekstra fyldningskapacitet på 0,25 m. I alt vil telt, flydedug etc. give en ekstra kapacitet på 0,65 m i forhold til overdækning med flydelag. Driftteknisk vil de andre overdækninger også give en reduceret bølgegang, men effekten er svær at vurdere

Betonoverdækning

Betonlåg har et udluftningsstuds så metan kan ledes fra beholderen, svarende til udluftningsshullet i teltoverdækning og flydeduge. Betonlåg vil også reducere mængden af nedbør og øge kapaciteten af gyllelagret.

Sideeffekter

Effektiv overdækning af gyllelagre vil reducere lugtgener. Gener i form af lugt skyldes fordampning af ildelugtende gasser, begrænsning af udsendelse af gassen ammoniak ved etablering af fysiske barriere må derfor også antages at begrænse lugtgener. Lugtreduktionen vil formentlig være lige stor uanset typen af overdækning der vælges. Det er ligeledes nævnt at teltkonstruktioner og betonlåg vil reducere mængden af nedbør, der opsamles i gyllen, hvilket vil øge kapaciteten til lagring af gylle.

Flydelag, halm og leca danner en porøst iltrig overflade på den lagrede gylle. Det er vist at metan der udsendes fra gylleoverfladen bliver oxideret ved passagen gennem dette porøse lag. Som følge af oxidationen er metan-udsendelsen 40 % lavere fra gylle overdækket med et porøst lag end fra gylle uden overdækning (Sommer et al. 2000).

Ulempen ved overdækning af lagret gylle med teltkonstruktioner eller flydedug er bl.a. at omrøring bliver besværliggjort. Overdækning med lecasten giver problemer med tilstopning i pumper og fordeler af gylle ved udbringning af gylle.

2. Kapacitet

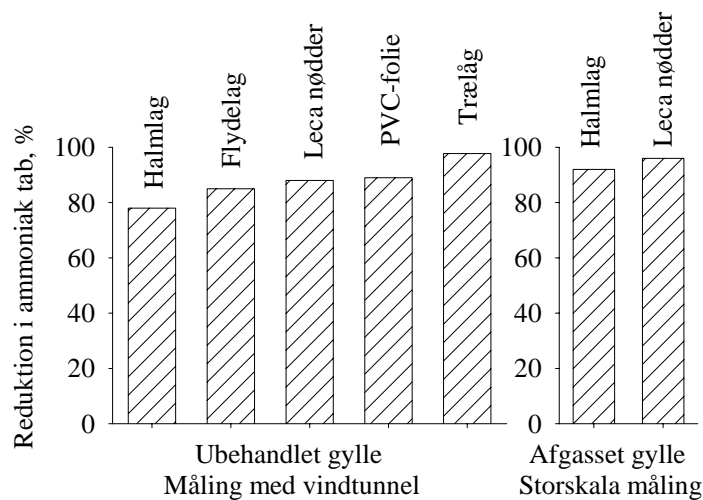
Det er fra forsøgs gyllebeholdere målt, at ammoniakfordampningen fra udækket kvæg- og svinegylle over året varierer fra 1 til 12 g NH₃-N m⁻² dag⁻¹ (Sommer et al. 1993), svarende til henholdsvis 6 og 9% af total-N indholdet i kvæg og svinegylle (Tabel 1). Ved afgang i biogasanlæg bliver gyllen mere basisk og indholdet af ammonium stiger. Derfor er potentialet for ammoniakfordampning i afgasset gylle højt i forhold til tabspotentialer i ubehandlet gylle. Som følge af nedbrydning af det organiske materiale dannes normalt ikke flydelag på afgasset gylle. Målinger i praksis har derfor vist, at ammoniakfordampningen fra afgasset gylle over året kan variere fra 0,2 til 30 g NH₃-N m⁻² dag⁻¹, svarende til en årlig fordampning på ca. 21% af total-N indholdet i lagret afgasset gylle (Sommer, 1997).

Tabel 1. Faktorer for ammoniakfordampning for gylle og ajle under lagring af stald. Det er vurderet, at der ikke sker denitrifikation fra lagre indeholdende flydende gødninger (Poulsen et al. 2001).

Husdyrtype	Gødning	Fordampningsfaktor	
		NH ₃ -N i pct. af NH ₄ -N ab stald	NH ₃ -N i pct. af total-N ab stald
Svin	Teltkonstruktion, betonlåg el. lign	1	1
	Gylle med flydelag el. lign.	3± 1	2± 1
	Gylle uden flydelag	15± 5	9± 5
Kvæg	Teltkonstruktion, betonlåg el. lign	1	1
	Gylle med flydelag el. lign.	2± 1	2± 1
	Gylle uden flydelag	9± 3	6± 3
Afgasset gy	Teltkonstruktion, betonlåg el. lign	1	1
	Gylle med flydelag el. lign.	6± 2	4± 2
	Gylle uden flydelag	28± 5	21± 5

Anm. Det antages at gylletanken er 4 m dyb.

Ammoniaktabet fra gyllebeholderne reduceres betydeligt hvis gyllen er overdækket af et veletableret flydelag bestående af halm, leca eller af naturligt flydelag (Tabel 1 og figur 1). Udsendelsen af ammoniak fra gyllelagre overdækket med PVC folie og låg er ubetydelig, da der skal være hul i denne type overdækning er tabet sat til 1%.



Figur 1. Ammoniakfordampning fra gyllelagre med forskellig overdækning af gyllen. A) fordampningen fra kvæg og svinegylle er målt med vindtunneler (Bode, 1991; Sommer et al., 1993) og B) fordampningen fra afgasset gylle målt med en meteorologisk massebalanceteknik (Sommer, 1997)

3. Koncepter

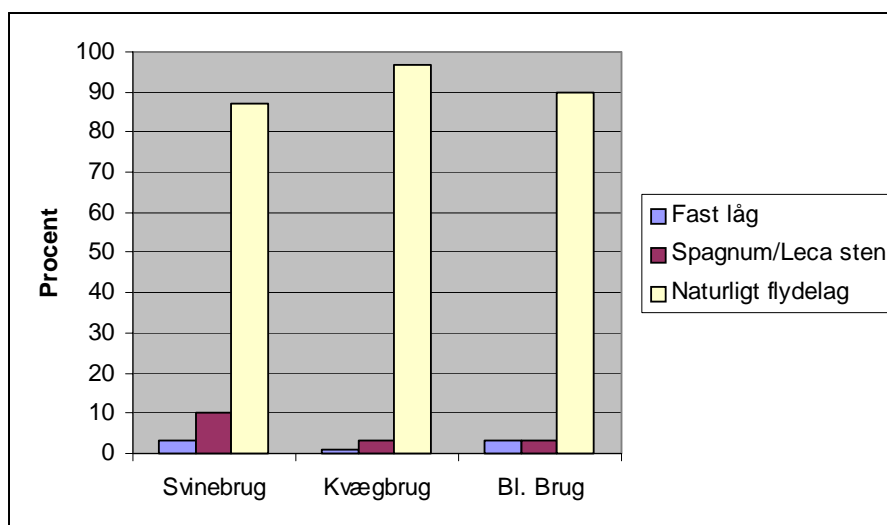
Gylle indgår i produktionssystemer hvor staldene har spaltegulv og ekskretion udsluses i form af en opslæmning af fæces og urin. Gyllen vil kunne benyttes i biogasproduktion. Især på svinebrug er der økonomi i biogasproduktion, fordi man kan benytte den producerede varme i svine produktionen.

Som nævnt er der normalt naturligt flydelag på lagret kvæggylle. Separation af kvæggylle med henblik på især at fjerne fosfor fra ejendommen vil reducere gødningens potentiale for at danne flydelag, og det vil derfor ofte være nødvendigt med andre tiltag til overdækning.

4. Udbredelse af teknologien på landsplan

Som det fremgår af figur 2, er naturligt flydelag den alt overvejende overdækningstype for alle typer brug. Den eneste anden type overdækning, der spiller en nævneværdig rolle, er spagnum/Leca sten hos svinebrug. Dette kan skyldes, at gødning fra svinestalde har et lavt tørstofindhold, hvilket gør det vanskeligt at danne naturligt flydelag.

Kvæggylle indeholder som regel strå fra strøelse og foder. Dette bevirker at der på hovedparten af kvægbrug er dækkende flydelag på gyllen. En undersøgele af ingeniørfirmaet COWI (COWI 2000) viste at langt hovedparten af de undersøgte kvægbrugene opfyldte bekendtgørelsens krav om tæt overdækning, dvs. næsten firefemtedele, mens knap en femtedel havde mindre mangler.



Figur 2. Fordeling af forskellige typer overdækning (COWI 2000)

Cowis undersøgelse (COWI 2000) viste endvidere, at det kun er knap halvdelen af svinebrugene, der overholder bekendtgørelsens krav om tæt flydelag eller anden tæt overdækning. Ca. en fjerdedel har mindre mangler, knap en femtedel af de undersøgte brug havde alvorlige mangler i overdækningen, mens overdækningen var næsten eller totalt fraværende hos de sidste tiendedel.

5. Historisk udvikling

Gyllehåndteringssystemer blev indført i 1960-1970'erne og i slutningen af 1980'erne blev ca. 60 % af husdyrgødningen i Danmark håndteret som gylle. Indtil slutningen af 1980'erne blev ammoniakfordampning fra gyllebeholdere ikke opfattet som et problem og udover de flydelag der dannedes naturligt blev der ikke gjort en ekstra indsats for at reducere ammoniaktabet fra lagret gylle. Fra 1990'erne var det et krav at lagret gylle skulle have en overdækning i form af flydelag, telte eller lignende.

6. Fremtid

Det forventes at et stigende antal svineproducenter vil etablere anden overdækning end "flydelag" på gyllebeholderne.

7. Referencer

- Bless, H.-G., Beinhauer R. og Sattelmacher B. 1991. Ammonia emission from slurry applied to wheat stubble and rape in North Germany. *J. Agric. Sci. Camb.* 117, 225-231.
- Bode, M.J.C. 1991. Odour and ammonia emissions from manure storage. I *Odour and ammonia emissions from livestock farming* (Redaktører Nielsen V.C., Voorburg J.H. og L'Hermite P.) Elsevier Applied Science London and New York. Pp. 59-66.
- COWI 2000. Overdækning af gyllebeholdere og kommunernes tilsyn hermed. Skov- og Naturstyrelsen. Undersøgelserapport. Pp 45.
- Sommer, S.G. Christensen, B.T. Nielsen, N.E. and Schjørring, J.K. 1993. Ammonia volatilization during storage of cattle and pig slurry: Effect of surface cover. *J. Agric. Sci. Camb.* 121, 63-71.
- Sommer, S.G. 1997. Ammonia volatilization from farm tanks containing anaerobically digested animal slurry. *Atmos. Environ.* 31, 863-868.

Sommer, S.G., Petersen, S.O. og Søgaard, H.T. 2000. Greenhouse gas emission from stored livestock slurry. *J. Environ. Qual.* 29. 744-751.

Danmarks JordbrugsForskning

Afdeling for Jordbrugsteknik
Den 31. januar 2003
Sven G. Sommer og Martin N. Hansen

Bilag nr. 14: Ammoniakfordampning og udsivning af næringsstoffer ved opbevaring af fast husdyrgødning

1. Beskrivelse af teknologien

Fast husdyrgødning opdeles normalt i staldgødning og dybstrøelse (og evt. den faste fraktion der opstår i forbindelse med gylleseparering), idet opbevaringen, næringsstofindholdet og lagringstab af de forskellige typer er væsentlig forskelligt.

Fast staldgødning består af en blanding af fæces og urin samt strå fra dyrenes sengeleje. Staldgødning opsamles i en grebning bag dyrene og bliver derfra, normalt 1 til 2 gange dagligt, bragt på lager. Fast staldgødning produceres i bindestalde, som pga. et højt arbejdsforbrug bliver stadig mindre udbredte. Produktionen af fast staldgødning må derfor forventes at falde i fremtiden. Dybstrøelse er et fast materiale, der består af strøelse, hvori fæces, urin og vand er blevet opsamlet. Strøelsesmængden er normalt tilstrækkelig til, at der ikke er afløb af urin fra stalden.

På ejendommen oplagres fast staldgødning på møddingsted med befæstet bund og opsamling af møddingsvand. Møddingsvand skal ledes til lager, der enten vil være en gylle- eller en beholder (Se Bekendtgørelse om erhvervsmæssigt dyrehold, husdyrgødning, ensilage m.v. BEK nr 604 af 15/07/2002). Ifølge nævnte bekendtgørelse må kompost med et tørstofindhold på mindst 30 pct. dog oplagres i marken, såfremt oplaget er overdækket med kompostdug eller lufttæt materiale.

2. Kapacitet

Fra lagre af fast husdyrgødning kan kvælstof gå tabt ved udsendelse til atmosfæren som ammoniak eller som lattergas eller frit kvælstof. Udvaskning af kvælstof og fosfor kan også medføre tab af næringsstoffer til omgivelserne.

2.1 Ammoniakfordampningstab fra lagre af fast husdyrgødning

I stakke af fast staldgødning fra svinestalde og dybstrøelse kan betingelserne for kompostering være opfyldt. Ved kompostering stiger temperaturen i gødningsstakken til over 60°C som følge af iltforbrugende mikrobiel omsætning af organiske forbindelser. Når luften inde i stakken opvarmes udvides den, stiger opad og strømmer ud i den fri luft. Som kompensation for luften, der siver ud af stakken, strømmer luft ind ved bunden af stakken (Fernandes *et al.* 1994). Derved tilføres ilt, som holder komposteringsprocessen i gang. Omsætningsprocesserne ved kompostering får pH til at stige, hvilket øger ammoniums flygtighed (omdannelse til ammoniak), en proces der yderligere fremmes af de høje temperaturer. Dele af ammoniumindholdet i stakken vil derfor kunne blive omdannet til ammoniak der kan transporteres opad og ud af stakken.

Fra lagre af fast svinegødning er der målt tab på ca. 2,5 kg NH₃-N pr. tons gødning svarende til 25% af det totale kvælstofindhold i gødningen, og fra dybstrøelse er der målt tilsvarende tab af ammoniak

(Petersen *et al.* 1998; Karlsson og Jeppson 1995, Sommer 2001). Nye Engelske undersøgelser viser at tabet af ammoniak fra lagret dybstrøelse kan været lavt (Balsdon *et al.* 2000), det har ikke været muligt at afgøre hvorfor de Engelske tab er lave; men strøelses niveau og stakkens størrelse kan være en medvirkende årsag.

Staldgødning fra kvæg er typisk et relativt klægt materiale, der næsten flyder ud under lagring og som følge heraf er muligheden for luftcirkulation i lagret kvæggødning ringe. Derfor har man ikke kunnet påvise kompostering, dvs. temperaturstigninger, i hovedparten af de stakke med kvæggødning, der er indgået i svenske og danske undersøgelser (Forshell, 1993, Petersen *et al.* 1998). Ammoniakfordampningen fra lagre af fast kvæggødning er i en enkelt undersøgelse målt til mellem 0,2-0,3 kg NH₃-N pr. tons gødning svarende til 5% af total kvælstofindholdet (Petersen *et al.*, 1998). Det forholdsvis lave ammoniaktab kan som nævnt skyldes at kvæggødningen ikke komposterer (Tabel 1). Tabet målt af Petersen *et al.* (1998) kan også have været lavt, fordi opfyldningen af lageret skete på en gang og ikke ved gradvist at fylde frisk gødning ovenpå gødningsstakken som i praksis.

Tabet af ammoniak fra staldgødning med højt halmindhold varierer afhængig af mængden af halm, der er blevet strøet i stalden, fordi halm øger kulstof/kvælstof forholdet i strøelsen. Er forholdet højt vil mikroorganismer i dybstrøelsen omsætte ammonium til organisk kvælstof og ammoniaktabet reduceres (Maeda og Matsuda, 1997; Kirchman og Witter, 1989; Møller *et al.* 2000). Omvendt vil et højere halmindhold også fremme komposteringsprocessen i lagre af fast husdyrgødning, hvilket øger potentialet for ammoniakfordampning. Effekten af at øge halmindholdet i fast husdyrgødning er derfor ikke entydig.

Der foreligger ikke veldokumenterede undersøgelser af ammoniakfordampningen ved lagring af fjerkrægødning. Estimerne givet i tabel 1 er således grove skøn. Det samme gør sig gældende for heste, får og pelsdyr.

Tabel 1. Emissionsfaktorer for fast staldgødning og dybstrøelse under lagring eller kompostering i mere end 100 dage ab stald.

Husdyrtype	Gødning	Emissionsfaktor		
		NH ₃ -N i pct. af total-N ab stald	Denitrifikation i pct. af total-N ab stald	Total N tab i pct. af total-N ab stald
Kvæg	Fast staldgødning	5 ± 5	10	15
	Dybstrøelse	25 ± 10	5	30
Svin	Fast staldgødning	25 ± 10	15	40
	Dybstrøelse	25 ± 10	15	40
Søer	Dybstrøelse	25 ± 10	15	40
Høns	Fjerkrægødning	5	?	15?
	Dybstrøelse	10	?	10?
Slagtekyllinger, ænder og	Dybstrøelse	15	?	25?
Heste og får	Dybstrøelse	5	?	15?
Pelsdyr	Fast staldgødning	15	?	25?

Anm. Bemærk at en del fast gødning køres direkte i marken (Tabel 1).

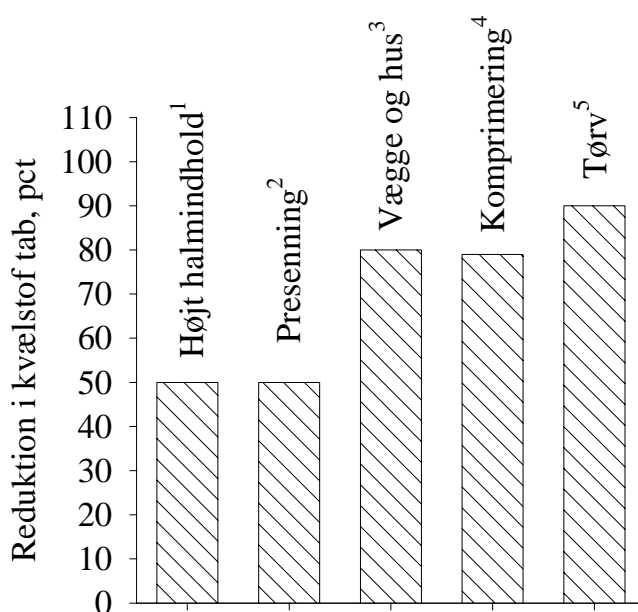
2.2 Tab af kvælstof ved denitrifikation i lagre af fast husdyrgødning

Ved opsætning af gødningsstakke kan der være mindre mængder af nitrat tilstede i gødningen. Nitraten dannes ved oxidation af ammonium ved nitrificerende mikroorganismer (nitrifikation) og er betinget af aerobe (ilttrige) tilstande i stakken. I forbindelse med komposteringens store iltforbrug dannes der anaerobe (iltfrie) tilstande i lageret, hvilket muliggør, at den dannede nitrat kan omsættes til frit kvælstof og lattergas via denitrificerende mikroorganismer (denitrifikation) (Pedersen et al., 1998; Sommer 2001). De nitrificerende mikroorganismer er imidlertid generelt følsomme for høje temperaturer (Hellman et al., 1997). Derfor dannes der ikke nitrat i selve komposteringsfasen, og som følge heraf tabes kvælstof ikke ved denitrifikation i denne fase.

Efter afkølingen af kompoststakken kan man forvente at både nitrifikation og denitrifikation vil finde sted. Det må antages, at begge processer kan forløbe parallelt i kompoststakkene, idet der samtidig vil være områder, der er henholdsvis ilttrige eller iltfattige (Petersen et al., 1998). Størrelsen af denitrifikationstab vil afhænge af ammoniumindholdet, vandindholdet i stakken som følge af nedbør og tætheden af stakken. Der er målt denitrifikations tab fra 0-33% af kvælstofindholdet i lagret dybstrøelse fra kvæg og svin samt fast staldgødning fra svin (Petersen et al. 1998; Sommer 2001; Osada et al. 2001). Det er ikke lykkedes at identificere, hvilke faktorer, der har forårsaget den store variation i denitrifikationen, derfor er denitrifikationstab af lagre af fast staldgødning og svinedybstrøelse sat til at udgøre 15% af det totale kvælstofindhold ved start (Tabel 1).

I fast staldgødning fra kvæg er der målt et denitrifikationstab på ca. 10% og et ammoniaktab på 5% (Petersen et al. 1998). I Iversen og Dorhp-Petersen (1948) undersøgelser var det samlede gasformige kvælstoftab også ca. 15% af total kvælstofindholdet i lagret fra staldgødning, hvor 75% af indholdet stammede fra kvægstalde. Der er således overensstemmelse mellem undersøgelserne fra 1948 og 1998.

Denitrifikationstab fra andre husdyr er vurderet på baggrund af det målte denitrifikationstab fra lagre af gødning fra kvæg og svin, der ligger således ikke undersøgelser til grund for de anslåede tab (bør der så ikke stå spørgsmålstegn i tabel 1).



Figur 1. *Potentialet for reduktion i ammoniakfordampningen fra dybstrøelse 1, Kirchmann og Witter (1989); 2, Sommer (2001). 3, Karlsson og Jeppsson, (1995); 4, Lammers et al. (1997) og fra fast staldgødning fra kvæg 5, Karlsson, (1996);*

2.3 Teknik til begrænsning af kvælstoftab fra fast staldgødning

2.3.1 Komprimering

Reduceres luftbevægelsen gennem gødningen falder tilførslen af ilt til de iltforbrugende og varmeproducerende mikroorganismer, dvs. mikroorganismernes aktivitet begrænses. Et resultat af den mindskede aktivitet er, at temperaturudviklingen i lagret hæmmes. Ved at sænke temperaturen reduceres gødningens ammoniaktabspotentiale og ved at hæmme luftbevægelsen mindskes transporten af ammoniak ud af stakken. Luftbevægelsen gennem stakken kan begrænses ved komprimering og overdækning af stakken. I en tysk undersøgelse (Lammers et al., 1997) blev lagret dybstrøelse fra slagtesvin komprimeret fra en vægtfylde på 450 kg m^{-3} til 700 kg m^{-3} . Behandlingen reducerede temperaturen i komposten fra 60°C til ca. 25°C , hvilket viser, at komprimeringen havde reduceret luftcirkulationen i stakken og derved den mikrobielle aktivitet. Den samlede effekt af behandlingen var en reduktion i ammoniakfordampningen fra 27% til 5% af total-N (Fig. 1). I en dansk undersøgelse (Sommer 2001) blev dybstrøelse komprimeret med en frontlæsser fra en vægtfylde på 400 kg m^{-3} til en vægtfylde på 490 kg m^{-3} , derved reduceredes kvælstoftabet fra ca. 30% til 15% af total-N. Komprimeringen af stakke af fast husdyrgødning kan ske ved at overkøre stakken med traktor eller gummiged som det sker i forbindelse med ensilering af græs. Overkørsel af stakke af fast husdyrgødning vil dog normalt kun være muligt for husdyrgødningstyper med et højt tørstofindhold som eksempelvis dybstrøelse. Overkørsel vil dog, hvor muligt, være en mere praktisk og billigere løsning end overdækning af lageret med plastic eller lignende.

2.3.2 Overdækning

Overdækning af lagret fast kvæggødning med et lag bestående af ca. 30 cm halm eller ca. 15 cm tørv er vist, at kunne reducerede ammoniakfordampningen til mindre end 10% af fordampningen fra et lager af fast kvæggødning uden overdækning (Karlsson 1996). Halm har en vis absorptionskapacitet for ammoniak, man kan derfor forvente en mindre effekt ved halmoverdækning af svinegødning og dybstrøelse, der har et relativt højere potentiale for ammoniakfordampning end fast kvæggødning, idet den højere ammoniakfordampning må formodes at overstige halmens bindingskapacitet. Tørv har en større absorptionskapacitet for ammoniak end halm og er derfor mere effektiv til at reducere ammoniakfordampningen. Alternativt til disse afdækninger kan overdækning med presenning reducere ammoniaktabet til ca. 50% af tabet fra udækket komposterende dybstrøelse (Sommer et al. 2001) Overdækningen med et lufttæt materiale vil hindre luftstrømning og ilttilgang til husdyrgødningen, hvorved husdyrgødningen bliver iltfri (anarob). De anarobe forhold betyder at husdyrgødningens pH falder og at komposteringsudviklingen hæmmes, hvilket reducerer ammoniakfordampningen. Effektiv reduktion af ammoniakfordampningen kræver dog at overdækningen udføres effektivt og at overdækningen finder sted straks efter lageret er etableret.

2.3.3 Vægge

Placeringen af staldgødningen i lagre med vægge mindsker ligeledes cirkulation af luft gennem stakken og hæmmer derved komposterings processen. Ammoniakfordampningen fra fast svinegødning placeret i et lager med vægge til tre sider og tag blev i en svensk undersøgelse reduceret til ca. 20% af ammoniakfordampningen fra en markstak med fast svinegødning (Karlsson 1996). Rapporten angiver ikke temperaturen i stakken; men ved et forsøg på Askov forsøgsstation steg

temperaturen ikke i fast staldgødning, der var placeret i et lager omgivet af vægge. I Askov undersøgelsen steg temperaturen i lageret til over 60°C, da gødningen efterfølgende blev placeret i en markstak (Søren Husted, ikke publiceret). Undersøgelserne tyder altså på at næringsstoffet under lagring af fast husdyrgødning kan reduceres, hvis husdyrgødningen under lagringen placeres i ikke benyttede køresiloer til ensilage eller tilsvarende.

2.4 Udvaskning af næringsstoffer fra lagre af fast husdyrgødning

Udsivning af møddingsvand vil reducere den faste gødningens indhold af næringsstoffer.

Møddingsvandet går normalt ikke tabt, idet den skal opsamles og ledes til enten ajle- eller gyllebeholderen. Udsivningen er afhængig af husdyrgødningens tørstofindhold og mængden af nedbør, der afsættes på lageret. Udvaskningen må derfor i høj grad formodes at afhænge af om lagringen finder sted med eller uden overdækning.

Fra fast staldgødning udgør udsivningen af kvælstof som minimum 3% af det totale kvælstofindhold, idet dette tab er målt fra et overdækket møddingshus (Iversen og Dorph Petersen 1948). Fra en udækket mødding er tabet målt til at udgøre ca. 5% af total kvælstofindholdet (Iversen og Dorph Petersen 1948; Pedersen et al. 1998). Fra lagre af dybstrøelse udgør udsivning med møddingsvand 1-3% af det total kvælstofindhold (Sommer 2001, Petersen et. al. 1998, Karlsson og Jeppson, 1995). Udsivningen af kvælstof fra dybstrøelse fastsættes derfor til ca. 2% af totalkvælstofindholdet (Tabel 2).

Mængden af P i møddingsvandet udgjorde under 2,5% af det oprindelige P-indhold i lagre af fast husdyrgødning i undersøgelserne af Iversen og Dorph-Petersen (1948) og Sommer (2001). Fosfordrivaskningen er lav, fordi P-forbindelser i gødning er tungt opløselige, og derfor tilbageholdes i gødningen. Kaliumforbindelserne i husdyrgødning er derimod letopløselige, hvilket resulterede i at 11-15% af dybstrøelsens oprindelige indhold af kalium blev udvasket fra dybstrøelse i undersøgelsen af Sommer (2001) og 10-37% blev udvasket fra fast staldgødning i undersøgelserne af Iversen og Dorph-Petersen (1948). Det antages derfor, at der udvaskes ca. 20% af kaliumindholdet i fast staldgødning under lagring. Mængden af tørstof der blev udvasket fra fast staldgødning var ca. 3% i undersøgelserne af Iversen og Dorph-Petersen (1948).

Tabel 2. Udsivning i procent af oprindelig indhold af kvælstof, fosfor og kalium og tørstof fra fast staldgødning og dybstrøelse

	N	P	K	TS
Fast kvæggødning	5	2,5	20	3
Fast svinogødning og dybstrøelse	2	2,5	15	3

Overdækning med et vandtæt materiale vil begrænse udvaskningen af møddingsvand og dermed tabet af næringsstoffer fra lagre af fast husdyrgødning idet overdækningen vil hindre nedbør afsættes på lageret.

Lagring af gødningen på befæstede arealer med afløb til tætte beholdere (gylle eller ajle) vil sikre mod udsivning eller udledning af opløste næringsstoffer til det omgivende miljø.

3. Koncepter

I forbindelse med separation af gylle produceres en fast fraktion. Såfremt separationen giver en fast fraktion med mere end ca. 20-30% tørstof er det sandsynligt at denne fraktion vil begynde at kompostere. Derved vil en væsentlig andel af gødningens ammoniumindhold

fordampe som ammoniak og en betydelig del af det organiske tørstof vil blive omsat til kuldioxid og i en vis grad til metan.

Kompostering kan udnyttes til at reducere gødningens indhold af ammoniak, idet man enten gennemfører komposteringen i et lukket rum med ventilation og ammoniak fjernes fra ventilationsluften ved scrubning. Luftflowet behøver ikke at være så kraftigt som ved ventilation af stalde, hvilket reducerer omkostningerne til ammoniakfjernelsen. Alternativet kan gødningen komposteres i en maskine med omrøring og lufttilførsel, og med en ammoniakscrubber til at fange ammoniakken i afgangsluften.

Kompostering vil øge gødningens tørstofindhold fordi vand fordamper fra gødningen og der vil ske en reduktion af organisk tørstof, derved reduceres omkostningerne til transport af materialet. Ved at reducere gødningens indhold af vand vil det blive teknisk muligt og økonomisk fordelagtigt at benytte gødningen til varmeproduktion ved en forbrænding eller ved pyrolyse (Bilag). Mængden af næringsstoffer der kan gå tabt vil være lille, fordi en stor del af gødningens kvælstof er stribbet af ved kompostering og de øvrige næringsstoffer i gødningen vil blive tilbage i asken.

For at undgå produktion af store mængder metan er det vigtigt at komposteringen styres ved at tilføre gødningen tilstrækkeligt med ilt.

4. Udbredelse af teknologien på landsplan

Dybstrøelse udgør i dag ca. 13% af husdyrgødningen. Ca. 6 % af svinegødningen håndteres som dybstrøelse og 21 % af kvæggødningen (Poulsen, 2001).

Separation af gylle producerer som nævnt en fast fraktion, som vil have karakter af fast staldgødning. Det er således muligt at der de næste 10 år vil blive behov for at kunne håndtere denne gødningstype.

5. Historisk udvikling

Se bilag om ajle.

6. Fremtid

Det må antages, at dybstrøelse kan komme til at udgøre en større andel af gødningen, fordi forbrugere i stigende grad efterspørger produkter fra dyrevenlige produktionssystemer.

Fast staldgødning og ajle produceret i traditionelle stalde forventes at ville udgøre en meget lille del af husdyrgødningen fremover, og det må formodes, at ajle på langt de fleste gårde overføres til gyllebeholdere.

Referencer

- Balsdon, S.L., Williams, J.R., Southwood, N.J., Chadwick, D.R., Pain, B.F. og Chambers, B.J. 2000. Ammonia fluxes from solid and liquid manure management systems for beef cattle and pigs. I (eds. Sangiorgi, F.), *Proceedings of the 9th International Conference on the FAO ESCORENA network on recycling of agricultural, municipal and industrial residues in agriculture. General Theme: Technology Transfer*. PP 115-120,
- Forshell, L.P. 1993. Composting of cattle and pig manure. *J. Vet. Med. B.* 40, 634-640.
- Fernandes L., Zhan W., Patni N.K. og Jui P.Y. (1994) Temperature distribution and variation in passively aerated static compost piles. *Bioresour. Technol.* 48, 257-263.

- Iversen, K. og Dorph-Petersen 1948. Forsøg med staldgødningens opbevaring og anvendelse. Tidsskrif for planteavl, 52, 69-109.
- Karlsson, S. 1996. Åtgärder för att minska ammoniakfordampningerna vid lagring av stallgödsel. JTI-rapport 228. Jordbrukstekniska institutet Uppsala, Sverige. Pp 55.
- Karlsson, S. og Jeppson K.-H. 1995. Djupströbädd i stall och mellanlager. JTI-rapport 204. Jordbrukstekniska institutet Uppsala, Sverige. Pp 120.
- Kirchmann, H. og Witter, E. 1989. Ammonia volatilization during aerobic and anaerobic anure decomposition. Plant Soil. 115, 35-41.
- Lammers, P.S., Römer, G. og Boeker, P. 1997. Amount and limitation of ammonia volatilization from stored solid manure. I *Ammonia and odour volatilization from animal production facilities* (Red. Voermans J.A.M. og G.J. Monteny). Proceeding papers from Vinkeloord, The Netherlands. EurAgEng, NVTL, Rosmalen, The Netherlands. Pp 43-48.
- Maeda, T. og Matsuda, J. 1997. Ammonia volatilization from composting livestock manure. I *Ammonia and odour volatilization from animal production facilities* (Red. Voermans J.A.M. og G.J. Monteny). Proceeding papers from Vinkeloord, The Netherlands. EurAgEng, NVTL, Rosmalen, The Netherlands. Pp 145-153.
- Møller, H.B., Sommer, S.G. and Andersen B.H. and 2000. Nitrogen mass balance in deep litter during pig fattening cycle and composting. J. Agric. Sci. Camb. 135, 287-296.
- Osada, T., Sommer, S.G., Dahl, P., Rom, H.B. 2001. Gaseous emission and changes in nutrient composition during deep litter composting. Acta Agriculturae Scandinavica, Section B, Soil and Plant Science. 51, 137-142
- Petersen, S.O., Lind A.-M. og Sommer S.G. 1998. Nitrogen and organic matter losses during storage of cattle and pig manure. J. Agric. Sci. Camb. 130, 69-79.
- Poulsen, H.D.. 2001. Husdyrgødningens indhold af kvælstof, fosfor og kalium-Normtal. Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri, Danmarks JordbrugsForskning, Beretning nr. 736. 165 sider.
- Sommer, S.G. 2001. Effect of composting on nutrient loss and nitrogen availability of cattle deep litter. European Journal of Agronomy, 14/2, 123-133.

Danmarks JordbrugsForskning

Afdeling for Jordbrugsteknik

Den 5. februar 2003

Sven G. Sommer

Bilag nr. 15: Reduktion af ammoniaktab fra ajlebeholdere

1. Beskrivelse af teknologien

I ældre stalde bliver fast gødning opsamlet i grebningen bag dyrene og derfra bragt på lager. Urin, vaskevand, opløst fæces og lidt strå blev udledt gennem afløb fra grebningen og opsamlet i en ajle beholder. Ajle er således en blanding af urin, opløst fæces, spildt drikkevand og vaskevand.

Det har i mange år været et krav at ajle skulle opbevares i en beholder med fast låg, typisk et betonlåg med udluftning til metangasser. Imidlertid er det muligt at begrænse ammoniakfordampning med de samme tiltag som benyttes til begrænsning af ammoniakfordampningen fra lagre gylle (Se Bekendtgørelse om erhvervsmæssigt dyrehold, husdyrgødning, ensilage m.v. BEK nr 604 af 15/07/2002).

2. Kapacitet

Ajle har et højt pH og et højt ammonium indhold, ammoniaktabs potentialet er derfor stort, hvilket bl.a. ses af de gamle Askov forsøg, hvor Iversen (1925) fandt at 49% af kvælstofindhold i en lille ajlebeholder uden overdækning var tabt efter 8 mdr. opbevaring. Karlsson (1996) har målt et tab på 20-30 g NH₃-N m⁻² dag⁻¹ fra ajle uden overdækning. Den svenske undersøgelse (Karlsson 1996) fandt sted fra april til juni og der blev foretaget 3 målinger. De tabsrater, der blev målt i Karlssons (1996) undersøgelse, svarer til størrelsen af ammoniaktabet fra afgasset gylle i løbet af forsommeren i undersøgelsen af Sommer (1997), hvilket skyldes at pH og ammoniumindhold er højt i både ajle og afgasset gylle. Det antages derfor, at den procentuelle ammoniakfordampning fra ajle uden overdækning svarer til tabet fra afgasset gylle. I ajle findes hovedparten af kvælstofindholdet som ammonium, tabet i pct. af totalkvælstofindholdet er derfor af samme størrelse som tabet i pct. af ammoniumindholdet, det årlige ammoniak tab fra ajle uden overdækning er således anslået til ca. 30% af ammonium- og total-N indholdet (Tabel 1).

I en svensk undersøgelse af lagret ajle reducerede et lag halm på 8 cm ammoniaktabet fra lagret ajle med 60-70%, et 10 cm tykt lag lecasten reducerede tabet med mere end 80% og et låg reducerede tabet med mere end 90% af tabet fra en fri ajleoverflade (Karlsson, 1996). Øges halmlaget til 20 cm antages ammoniaktabet fra lagret ajle at blive reduceret med mere end 80% af tabet fra ajle uden overdækning, svarende til reduktionen ved at dække gylle med et 20 cm lag halm (Tabel 1).

Tabel 1. Faktorer for ammoniakfordampning for ajle under lagring ab stald. Det er vurderet, at der ikke sker denitrifikation fra lagre indeholdende flydende gødninger.

Husdyrtype	Gødning	Fordampningsfaktor
------------	---------	--------------------

		NH ₃ -N i pct. af NH ₄ -N ab stald	NH ₃ -N i pct. af total-N ab stald
Ajle	Ajle med låg	2± 1	2± 1
	Ajle overdækket med halm el. .	6± 2	6± 2
	Ajle uden overdækning	30± 5	30± 5

3. Koncepter

Der er ikke et specielt koncept knyttet til ajle.

4. Udbredelse af teknologien på landsplan

Poulsen et al. (2001) oplyser at der i år 2000 blev der udmuget ca. 5% af den samlede gødningsmængde i form af ajle (4% af kvælstofmængden).

5. Historisk udvikling

Før indførelsen af spaltegulvsstalde og gyllesystemer blev en husdyrgødning håndteret som fast gødning og ajle.

Det blev på baggrund af en omnibus undersøgelse ved Lassen (1991) estimeret, at 20% af den samlede gødnings-N mængde blev håndteret som ajle og fast staldgødning i 1988 (Sommer 1994).

Denne mængde er faldet meget med etablering af nye staldsystemer og som nævnt har Poulsen et al. beregnet at der som ajle håndteres ca. 4 % af den samlede mængde kvælstof i husdyrgødning.

6. Fremtid

Det forventes at de traditionelle systemer med grebning og produktion af ajle vil forsvinde fremover. Imidlertid er det muligt at staldsystemer med separation af gødningen i stalden vinder indpas, og det vil medføre at man igen vil skulle håndtere en urinfraktion iblandet lidt opløst fæces. Evt. vil urinfraktionen blive forarbejdet til et fast produkt ved tørring eller udfældning.

Referencer

- Iversen K. 1925. Undersøgelser vedrørende ajlens opbevaring. Tidsskr. Planteavl. 31, 149-168.
- Karlsson, S. 1996. Åtgärder för att minska ammoniakfordampningerna vid lagring av stallgödsel. JTI-rapport 228. Jordbrukstekniska institutet Uppsala, Sverige. Pp 55.
- Lassen, P. 1001. Landbrugs-Omnibus, 10ha+., Efterår 1991. Husdyrgødning. Udgivet af AIM research A/S., København.
- Poulsen, H.D.. 2001. Husdyrgødningsens indhold af kvælstof, fosfor og kalium-Normtal. Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri, Danmarks JordbrugsForskning, Beretning nr. 736. 165 sider.
- Sommer, S.G. 1994. Ammoniak-fordampning i Danmark. Vand & Jord, nr. 5, 210-214.
- Sommer, S.G. 1997. Ammonia volatilization from farm tanks containing anaerobically digested animal slurry. Atmos. Environ. 31, 863-868.

Fødevareøkonomisk Institut
Afdelingen for Jordbrugets Driftsøkonomi (FØI)
Kurt Hjort-Gregersen (FØI)

Danmarks JordbrugsForskning
Afd. for Jordbrugsteknik
Henrik B. Møller og S.G. Sommer (DJF)

10. februar 2003

Bilag nr. 16: Reduktion af næringsstofftab ved biogasanlæg, primært biogasfællesanlæg

1. Beskrivelse af teknologien.

Et biogasanlæg modtager og behandler husdyrgødning fra landbruget med henblik på produktion af biogas. Der skelnes mellem to hovedtyper af anlæg, gård og fællesanlæg. Grænserne er flydende, men gårdanlæg placeres oftest ved en husdyrproducerende landbrugsbedrift, hvorimod fællesanlæg ofte placeres centralt i forhold til en række landbrugsbedrifter, som er tilsluttet. En afgørende forskel er, at varmeproduktionen for fællesanlægs vedkommende er tilsluttet den kollektive varmforsyning.

Fællesanlæg er mest veldokumenterede mht. effekter for næringsstoffudnyttelse og miljø. Og resultaterne herfra kan ikke uden videre antages også at gælde for gårdbiogasanlæg, idet sammensætningen af den tilførte biomasse som oftest er grundlæggende forskellig. Resultaterne i nærværende fremstilling er baseret på erfaringerne fra fællesanlæg.

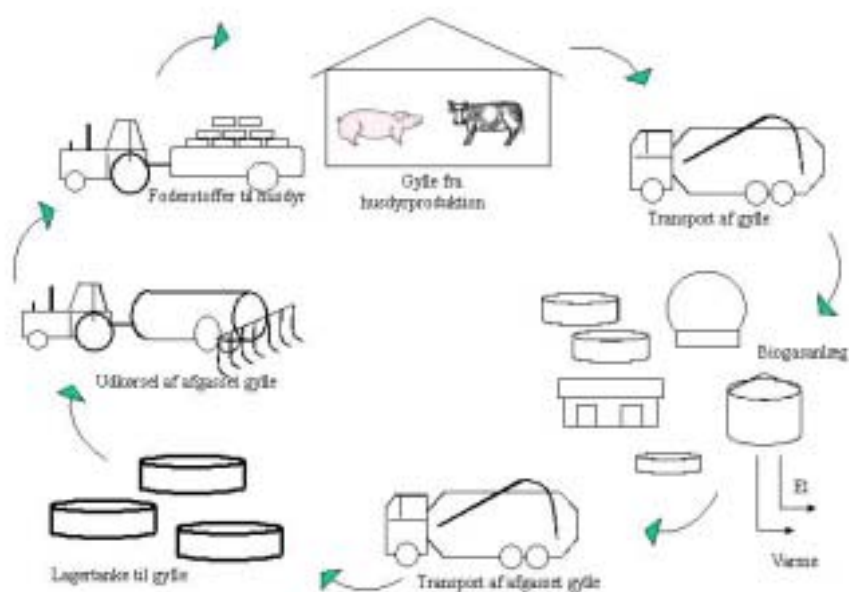
Ved fællesanlæg transporteres husdyrgødning fra et antal landbrugsbedrifter og organisk affald fra fødevarerindustri og husholdninger i lukkede lastvognsslamsugere til biogasanlægget. I biogasanlægget foregår en opblanding af materialerne, der foretages en hygiejnisering, og det udrådnes under iltfri forhold i 12-25 dage. Under udrådningprocessen frigives biogas, der sælges eller anvendes i et kraft varmeanlæg til produktion af el og varme, som sælges til kollektive forsyningsnet. Det færdigudrådne materiale transporteres igen med lastbil retur til landmændene, hvor det opbevares i gyllelagertanke, enten ved gårdene, eller decentralt i området, alt efter hvor den skal anvendes som gødning.

Tilsætningen af affald sker primært for at øge biogasproduktionen, men også fordi der almindeligvis opnås et behandlingsgebyr for modtagelse af affaldet.

Biogasfællesanlæggets hovedfunktion er således at producere energi, men samtidig recirkuleres organisk affald fra samfundet, der anvendes som gødning sammen med landbrugets egen husdyrgødning. Anlæggene omfatter hygiejniseringstrin, hvor biomassen udsættes for 70 °C i en time eller tilsvarende. Fra 1. maj 2003 kræves pasteurisering for anlæg der anvender affald af animalsk oprindelse. I biogasprocessen sker der en omsætning af organisk materiale, hvorved en del af de lugtstoffer fjernes, som ellers findes meget generende

ved udkørsel af konventionel gylle. Den afgassede biomasse er endvidere mere homogen, så den er lettere at håndtere, den kan deklarerer næringsstofmæssigt, hvorved den er lettere at afsætte til planteavlere eller andre, der har jord nok.

Anvendelsen af organisk affald medfører måske, at området belastes med yderligere næringsstoffer. Det afhænger af hvorledes dette affald ellers ville blive afsat. Det er tidligere vurderet (Nielsen et al. 2002), at størstedelen af affaldet under alle omstændigheder ville blive udbragt på landbrugsjord, men naturligvis ikke nødvendigvis i de mest husdyrtætte områder.



Figur 1. Skitse over biogasanlæggets forretningskoncept

Transporten af gylle og affald medfører øget lastvognstransport i lokalområdet, hvilket øger sliddet på lokale veje, giver øgede trafikgener og en risiko for flere trafikuheld.

2. kapacitet.

Ved forgæring i et biogasanlæg omsættes organiske forbindelser af mikroorganismer og et af produkterne er metan. Ved omsætning af proteiner i gylle vil en del af kvælstofindholdet i proteinerne blive anvendt af mikroorganismene og en del vil blive omsat til opløst organiske N-forbindelser og uorganisk ammonium. Det forventes derfor at indholdet af kvælstof i organiske forbindelser vil blive reduceret og der vil ske en øgning i indholdet af ammonium. Ianotti et al. (1979) undersøgte omsætningen af "ren gylle" i en laboratorium-reaktor og fandt en betydelig stigning i ammonium indholdet (43%) og et tilsvarende fald i det organiske kvælstofindhold (tabel 1). Imidlertid tilføres gyllen der skal forgæres også meget let omsætteligt kulstof i form af affald, og det kan antages at det ammonium der er blevet frigivet ved omsætning af organisk kvælstof bliver "genbrugt" af mikroorganismer ved omsætning af kulstoffet i gyllen tilsat affald, hvorved ammonium bliver til organisk kvælstof igen. Om der sker en netto øgning af ammoniumindholdet vil afhænge af mange forhold, men de væsentligste er formentlig mængden af omsætteligt kulstof i forhold til kvælstofindholdet og opholdstiden i reaktoren.

Tabel 1. Ammonium indhold i ubehandlet gylle og gylle forgæret i laboratorieforsøg (Ianotti et al. 1979)

	Før biogasbehandling	Efter biogasbehandling	Ændring
	g/kg		
Total N	3,8	3,9	-2%
NH ₄ -N	2,1	3,0	43%
Org. N	1,7	0,9	-47%

Således viser analyser af prøver af gylle iblandet affald, der er udtaget på biogasanlæg henholdsvis før og efter forgæring, at stigningen i ammonium indholdet i gyllen er beskedent ca. 6% (Tabel 2). I undersøgelsen blev der ikke målt total-kvælstof indhold i gyllen. I en anden undersøgelse blev total kvælstof og ammoniumindhold i ubehandlet kvæggylle og forgæret gylle iblandet organisk affald bestemt (Tabel 3). Denne undersøgelse viste, at ammonium kvælstof i pct. af total kvælstof var meget større i afgasset gylle som i ubehandlet kvæggylle. Når andelen er højere i forgæret gylle kan det skyldes effekten af forgæringen; men det kan også skyldes at det tilsatte affald har et højt indhold af ammonium eller at en andel af den anvendte gylle var svinegylle, der typisk har et højere ammoniumindhold end kvæggylle, som det ses af sammensætningen af gyllen fra et biogasanlæg der behandlede svinegylle og affald (Tabel 2). Således er det ikke i praksis vist at ammonium indholdet stiger så meget som i undersøgelse af Ianottis et al. (1979).

Tabel 2. Ammonium indhold i ubehandlet (gylle iblandet organisk affald) og afgasset gylle fra biogas anlæg (Sommer og Husted 1995).

		Ammonium, g N per liter
Linkogas	Ubehandlet	2,74
Linkogas	Forgæret	2,98
Sinding	Ubehandlet	2,41
Sinding	Forgæret	2,34
Ribe	Ubehandlet	2,11
Ribe	Forgæret	2,07
Gennemsnit	Ubehandlet	2,38
Gennemsnit	Forgæret	2,52

Det ville være interessant at få afklaret hvor meget forgæring øger ammonium procentdelen i en velkontrolleret undersøgelse, hvor der udtages prøver af gyllen iblandet affald som tilføres biogasanlægget og af den forgærede gylle.

Tabel 3. Ammonium indhold i ubehandlet kvæggylle og afgasset gylle fra biogas anlæg (Rubæk et al. 1996, Møller et al. 2002, Poulsen et al. 2001)

		Ammonium, G N per kg	Total kvælstof, g N per kg	Ammonium andel af totalkvælstof
Lintrup (gennemsnit)	Primært kvæg	3,95	5,43	0,73
Filskov	Primært kvæg	2,4	3,3	0,72
Gennemsnit	Primært kvæg	3,2	4,4	0,73
Kvæggylle		4,01	6,69	0,60
Fangel	Primært svin	4,0	5,0	0,80
Hegndal	Primært svin	3,1	3,8	0,81
Gennemsnit	Primært svin			0,81
Svinegylle		4,24	5,66	0,75

Det fremgår af tabel 3 at der er en tendens til at ammonium andelen stiger mere på anlæg der primært behandler kvæggylle end på anlæg der primært behandler svinegylle. I gennemsnit er ammonium andelen steget fra 0,6 til 0,73 (17% stigning) for anlæg der overvejende behandler kvæggylle, medens ammonium andelen er steget fra 0,75 til 0,81 (7% stigning) i anlæg der overvejende behandler svinegylle. Disse beregninger skal dog tages med forbehold eftersom den nøjagtige sammensætning af gyllen og affaldet der tilføres anlæggene ikke er kendt. Det tyder dog på at der opnås en større ændring i kvæggylle end i svinegylle, og det må derfor forventes at afgang vil have den største effekt på kvælstofudnyttelsen for kvæggylle.

Næringsstofudnyttelse.

I (Nielsen et al. 2002) er det vurderet at biogassfælle anlæg bidrager til en forbedret næringsstofudnyttelse og reduceret kvælstofudvaskning. Vurderingen gælder for et relativt stort modelanlæg under en række specifikke forudsætninger, herunder at anlægget behandler 550 m³ biomasse pr. dag hvoraf 20 % udgøres af organisk affald (Tabel 4). Det forudsættes endvidere, at 75 % af dette affald i referencesituationen ville blive udbragt på landbrugsjord. I situationen med biogassfælle anlæg, er der således yderligere næringsstoffer der skal håndteres. Ligeledes er der en meget positiv forventning til stigningen i ammonium kvælstofandelen i biomassen uanset om den anvendte gylle er fra svin eller fra kvæg.

Tabel 4. Årlige mængder af gylle og affald, uden og med biogassfælles anlæg.

Mængder, m ³ pr. år		Kvæggylles	Svinegylle	Industriaffald	I alt m ³ pr. år
Uden biogassanlæg		80.300	80.300	30.113	190.713
Med biogassanlæg		80.300	80.300	40.150	200.750
Difference		0	0	10.038	10.038

Næringsstofudnyttelsen i biogassituationen skal vurderes i forhold til referencen, og det er således forskellen der udgør effekten.

De forudsatte ændringer i udnyttelsen af næringsstoffer fremgår af tabel 5

Tabel 5 Udnyttelse af næringsstoffer uden og med biogassfælles anlæg

Pct.	Org.-N	NH ₄ -N	P	K
Rå gylle og affald	30	90	75	80
Afgasset biomasse	20	90	85	90

Det bemærkes, at udnyttelsen af org.-N er lavere ved afgasset biomasse. Det skyldes mineraliseringen af organisk materiale under biogasprocessen, og deraf følgende forskydning fra org.-N til NH₄-N under biogasprocessen. Den resterende org.-N fraktion er svært nedbrydelig. Udnyttelsen af P og K forudsættes øget på grund af fordelings-effekten.

Tabel 6 viser de udnyttede næringsstoffer i handelsgødningsekvivalenter produceret i biogasanlæg der behandler de i tabel 4 beskrevne mængder gylle og affald.

Ton (ækv.h.g.) pr. år	Total N	Org.-N	NH ₄ -N	P	K
Uden biogasanlæg	697	129	568	195	495
Med biogasanlæg	879	40	840	238	566
Difference	183	-89	272	43	71

Tabel 6 viser at driften af biogafællesanlægget medfører en samlet forbedring af næringsstofudnyttelsen, svarende til handelsgødningsekvivalenter: 183 ton N, 43 ton P og 71 ton K. Udtrykkes tallene pr. ton behandlet biomasse bliver de tilsvarende tal: 0,91 kg N, 0,21 kg P og 0,35 kg K.

Det er i denne beregnet antaget at en stor del organisk kvælstof i affald og gylle er omsat til uorganisk kvælstof. Ændring i ammoniakfordampning er ikke kvantificeret i (Tafdrup, personlig kommunikation).

Kvælstofudvaskning.

Tabel 7. Reduktion i kvælstofudvaskning

	Mængde	Effekt på udvaskning	Effekt pr. m ³	Årlig reduceret Udvasning: kg N
Gylle	160.600	Reduceres	0,11	17.666
Affald: 75% på landbrugsjord i reference.	30.113	Reduceres	0,49	14.755
Affald: 25 % forbrændes i reference	10.038	Øges.	-0,9	-9.034
I alt	200.750			23.387
I alt pr. m ³ biomasse behandlet				0,116

Det fremgår af tabel 7 at der sker en samlet reduktion af kvælstofudvaskningen på godt 23 tons N, svarende til knap 0,12 kg pr. m³ behandlet biomasse. De 25 % af affaldet, der i referencesituationen ville gå til affaldsforbrænding bidrager isoleret set til en øget udvaskning på godt 9 tons N. Men det mere end opvejes altså af udvaskningsreduktionen der hidrører fra gyllen og det affald, der under alle omstændigheder ville være udspredd på landbrugsjord.

3. Koncepter.

Biogafællesanlægget kan opfattes som et selvstændigt koncept, der kan skydes ind mellem stald og markanvendelsen af husdyrgødning. Erfaringsmæssigt har der næsten udelukkende været tale om husdyrgødning i form af gylle, fordi der så har kunnet anvendes et enstrengt

transportsystem, idet slutproduktet ligeledes er flydende. Det afgassede produkt er homogen og letflydende, og dermed særdeles velegnet til moderne præcisionsudstyr til udkørsel af gylle.

Anvendelse af moderne separationsteknologi kan dog meget vel medføre, at anlæggene i fremtiden vil modtage tørstoffraktioner fra separeret rågylle. De tilbageværende flydende fraktioner vil uden yderligere behandling kunne anvendes på oprindelsesstedet eller eksporteres.

4. Udbredelse af teknologien på landsplan

Der findes i dag 20 biogasfællesanlæg og 50-55 gårdbiogasanlæg i drift på landsplan. De findes fortrinsvist i relativt husdyrtætte områder i Jylland, dog er der endnu ingen fællesanlæg i de mest husdyrintensive områder. Der findes to mindre fællesanlæg på Sjælland, et på Lolland, tre på Fyn og resten dvs. 14 findes i Jylland. Gårdbiogasanlæggene findes fortrinsvist i nord, midt og Vestjylland. Danske biogasanlæg behandlede i 2001 1,7 mio. m³ biomasse, heraf 1,4 mio. m³ husdyrgødning, heraf behandlede fællesanlæggene ca. 1,2 mio. m³ husdyrgødning og gårdanlæggene 0,2 mio. m³. Biogasbehandlingen af gylle udgør en meget lille del af den samlede produktion af husdyrgødning i Danmark, hvorimod andelen af organisk affald givet er langt større, men den samlede mængde kendes ikke.

5. Historisk udvikling

Det første biogasfællesanlæg blev etableret i 1984, som det første af tre nordjyske anlæg, der blev etableret i perioden 84 – 87. Tanken med disse anlæg var, at de skulle forsyne et lokalsamfund med vedvarende energi. Det var først med vandmiljøplanen i midten af 1980'erne, at de landbrugsmæssige aspekter blev aktuelle. Der blev stillet krav om en vis lagertankkapacitet, og harmonireglerne blev indført. Mange landmænd indså dengang, at biogasfællesanlæg kunne lette deres tilpasning til de nye regler.

Biogasselskabet kunne foretage investeringerne i lagertanke, og transportsystemet kunne lette overførslen af overskudsgylle. Det viste sig at være en økonomisk attraktiv og fleksibel løsning, som mange deltagende landmænd har været tilfredse med. Planlægningen af de fleste store biogasfællesanlæg blev påbegyndt sidst i firserne og etableret i perioden 1989-95. Fra 1995 skulle lagertankkapaciteten ifølge lovgivningen være fuldt udbygget. Efter dette faldt udbygningstakten med denne type anlæg betydeligt. Der blev så etableret en række såkaldte barmarksværker, dvs. etablering af biogasanlæg i et område, hvor der ikke hidtil har været kollektiv varmforsyning, hvor der derfor også skal etableres et nyt fjernvarmenet. Ved etablering af barmarksværk, var det igen energiforsyningen, der var det centrale for initiativtagerne, der for en stor dels vedkommende var varmemeforbrugere. Siden 1998 er der ikke etableret nye biogasfællesanlæg. Der har været, og er fortsat initiativgrupper, der arbejder med planer for realisering af projekter, bl. a. i de mest husdyrintensive områder, Als, Bjerre Herred, Mors og Thy, hvor forudsætningerne for etablering af anlæg, i hvert fald når det gælder forsyningen med husdyrgødning, ikke findes bedre i Danmark. Medvirkende til stagnationen i antallet af anlæg er, at der med elreformen fra 1999 blev skabt tvivl om de fremtidige afregningsvilkår for biogasproduceret elektricitet, en usikkerhed, der endnu ikke er afklaret.

Men der er interesse for nye anlæg blandt landmændene, ikke mindst på grund af mulighederne for separering af gylle i forbindelse med biogasfællesanlægget, og den deraf

følgende mulighed for at afsætte overskydende næringsstoffer, og dermed opnå lempelser fra lovgivningens areal og harmonikrav.

6. Fremtid.

Ved igangværende udredningsarbejde under Miljøministeriet og Økonomi og Erhvervsministeriet [2] vedr. biogassens fremtidige rolle i den nationale klimapolitik og rammebetingelserne i den forbindelse, har Energistyrelsen foretaget nogle skøn for den fremtidige udbygning med biogasanlæg. Tabel 8 viser Energistyrelsens skøn for en fremtidig udvikling over en 10 årig periode.

Tabel 8. Skøn for udvikling i behandlet biomasse mængde (Kilde: Energistyrelsen)

Mio. m ³ pr. år	Behandlet mængde i 2001	Yderligere mængde over 0 - 10 år	Behandlet mængde i alt efter 10 år
Husdyrgødning+ mavetarmindehold	1,4	4,3	5,7
Organisk industriaffald	0,3	0,7	1
I alt	1,7	5	6,7

Det vurderes således, at der er et betydeligt potentiale for udbygning med biogasanlæg i Danmark.

Især udgør mængden af husdyrgødning en særdeles rigelig ressource. En samlet vurdering af effekten af en sådan udbygning på udnyttelsen af næringsstoffer og kvælstofudvaskning vil kræve et noget mere detaljeret kendskab til mængde og sammensætningen af den biomasse, der i givet fald vil blive anvendt, og fordelingen mellem biogassælle anlæg og gårdbiogassælle anlæg. En opskalering af effekterne med udgangspunkt i tabel 6 og 7 kan derfor antages at udgøre de maksimalt opnåelige effekter. I praksis vil de sandsynligvis være noget mindre, eftersom effekten fra gårdbiogassælle anlæg generelt vurderes at være mindre end ved fællesanlæg, idet der ikke sker en sammenblanding af kvæg og svinegylle, ligesom der som oftest anvendes andre affaldstyper. Desuden kan selve affaldets andel af den samlede behandlede mængde forventes at være lavere i fremtiden.

Tabel 9. Maksimal effekt på næringsstofudnyttelse og kvælstofudvaskning i 2001 og ved udbygning over 10 år

Der behandles i alt hhv. 1,7 og 6,7 mio. m³ biomasse, jvnf. Tabel 8.

Ton (ækv.h.g.) pr. år	Total N	Org.-N	NH ₄ -N	P	K
Forbedret udnyttelse 2001	1550	-750	2300	360	600
Forbedret udnyttelse efter 10 år	6100	-2950	9050	1400	2350
Reduceret udvaskning 2001	200				
Reduceret udvaskning efter 10 år	777				

Den forbedrede næringsstofudnyttelse og reduktionen af udvaskningen er imidlertid kun en del af de miljøeffekter, der er afledt af biogassælle anlæggenes drift. Der produceres vedvarende energi, hvorved udledningen af drivhusgasser reduceres. Anlæggenes medvirker i betydeligt omfang til genanvendelsen af organisk affald, der foretages en hygiejniserings og der opnås reducerede lugtgener ved udkørsel. Der er således tale om en vifte af miljøeffekter af både energi og landbrugsmæssige interesse.

Den udbygning, der er skitseret i tabel 8, og de beregnede maksimale effekter på næringsstoffer forudsætter imidlertid, at også de beskrevne mængder organisk affald kan fremskaffes. En hidtil upåagtet ressource i den henseende, er affald af animalsk oprindelse, der tidligere blev forarbejdet til kød-benmel og anvendt til fodringsformål, en anvendelse der nu ikke længere er tilladt. Der er tale om en mængdemæssigt stor ressource, men anvendelsen i biogasanlæg vil kræve en teknisk tilpasning af anlægskoncepterne, som formentlig også medfører øgede omkostninger for anlæggene.

Desuden er de fremtidige rammebetingelser for en udbygning ikke endeligt fastlagt. I (Nielsen et al. 2002) blev det vurderet, at afregningsvilkår som hidtil er en forudsætning for rentabel drift af anlæggene. Hvis afregningsvilkårene for elektricitet ændres i nedadgående retning vil det blive mere end vanskeligt at opnå den skitserede udvikling.

Referencer:

- Nielsen L.H. et. al. 2002. Samfundsøkonomiske analyser af biogafællesanlæg – med tekniske og selskabsøkonomiske baggrundsanalyser, Rapport nr. 136, Fødevarøkonomisk Institut 2002.
- Ianotti, E.L., Porter, J.H., Fischer, J.R. og Sievers D.M. 1979. Changes in swine manure during anaerobic digestion. *Dev. Ind. Microbiol.*, 20 (49) 519-529.
- Møller, H.B., Sommer, S.G., Ahring, B.K. 2002. Separation efficiency and particle size distribution in relation to manure type and storage conditions. *Bioresource Technol* 85, 189–196.
- Rubæk, G.H., Henriksen, K., Petersen, J., Rasmussen, B., and Sommer, S.G. 1996. Effects of application technique and anaerobic digestion on gaseous nitrogen loss from animal slurry applied to ryegrass (*Lolium perenne*). *J. Agric. Sci.* 126, 481-492.
- Sommer, S.G. and Husted, S. 1995a. Chemical composition of the buffer system in livestock and biogas plant digested slurry. *J. Agric. Sci.* 124, 45-53.
- Poulsen, H.D. Børsting, C.F, Rom H.B., Sommer, S.G. (2001). Kvælstof, fosfor og kalium i husdyrgødning – normtal 2000. (Nitrogen, phosphor and potassium in manure – norms 2000) DIAS Rapport, Nr. 36. Danmarks JordbrugsForskning, Viborg, Denmark.
- Tafdrup S., Energistyrelsen

Beregning: Ændring af ammoniumandel ved nedbrydning af 30 pct. af organisk N i et biogasanlæg (Torkild Birkmose)

	Total-N	NH ₄ -N	Org. N	NH ₄ -andel	Ændring, %
Kvæggylle	6,7	4,0	2,7	60	
Afgasset kvæggylle	6,7	4,8	1,9	72	20
Svinegylle	5,7	4,2	1,5	74	
Afgasset svinegylle	5,7	4,7	1,0	82	11