



Metanemission fra danske biogasanlæg

Klimaeffekt af metanlækager på biogasanlæg

Metanemission fra danske biogasanlæg

Klimaeffekt af metanlækager på biogasanlæg

Martin Nørregaard Hansen, Kasper Stefanik og Søren G. Rasmussen
AgroTech

INDHOLD

1. Sammenfatning.....	5
2. Baggrund	5
3. Hvad er drivhusgasser	5
4. Danmarks nationale udledning af drivhusgasser	6
5. Landbrugets udledning af drivhusgasser.....	7
6. Klimaeffekten ved afgang af biomasser	8
7. Klimaeffekten af metanlækage på biogasanlæg	9
Konklusion og perspektivering	10
Litteratur	11

1. SAMMENFATNING

Lækager på biogasanlæg fører til uønsket udledning af drivhusgassen metan. Der er derfor gennemført en undersøgelse af, hvor stort lækagetabet er, og hvordan det kan reduceres. Undersøgelsen blev gennemført ved identifikation af lækager og kvantificering af metantabet fra de identificerede lækager på ni danske biogasanlæg. Undersøgelsen fandt en række lækager som førte til udledning af metan. Det samlede metantab via lækager udgjorde i gennemsnit 4,2 % af den samlede metanproduktion på de undersøgte biogasanlæg.

Det målte lækagetab er sammenholdt med tidligere vurderinger af biogasproduktionens positive klimaeffekt. Undersøgelsen viste, at lækagetabet reducerer biogasproduktionens positive klimaeffekt fra ca. 40 til 31 kg CO₂ ækvivalenter per tons gylle afgasset.

Mange af de identificerede lækager kan repareres og udbedres forholdsvist nemt og omkostningsneutralt. Undersøgelse af metantabet på biogasanlæggene efter anlægsejere var blevet orienteret om omfanget og tilstedeværelsen af identificerede lækager viste, at reparation af identificerede lækager reducerede det gennemsnitlige metantab fra 4,2 til 0,8 % af den samlede metanproduktion. Det lavere lækagetab efter identificering og reparation af lækager på anlæggene reducerede markant lækagetabets effekt på afgangens positive klimaeffekt. Lækagetabet efter identifikation og reparation af identificerede lækager blev beregnet til at reducere biogasproduktionens positive klimaeffekt fra ca. 40 til 38 kg CO₂ ækvivalenter per tons gylle afgasset.

2. BAGGRUND

Danmark har en politisk målsætning om at øge produktionen af biogas med henblik på at reducere afhængigheden af fossile brændsler og reducere udledningen af drivhusgasser. I Grøn Vækstplanen fra 2009 er det således besluttet, at 50 % af husdyrgødningen i Danmark i 2020 skal anvendes til energiformål. Hovedparten af denne energiproduktion forventes at skulle produceres på biogasanlæg.

Afgasning af biomasser på biogasanlæg er velegnet til at reducere udledningen af klimagasser, da afgangningen producerer biogas, som kan erstatte brugen af fossile brændsler til el og opvarmning. Afgasningen påvirker derudover den udledning af drivhusgasser, der finder sted ved lagring og udbringning af gylle. Produktionen og udnyttelsen af biogas kan dog medføre uønsket udledning af drivhusgassen metan eksempelvis via utætheder (lækager) på biogasanlæg, hvilket reducerer afgangens positive klimaeffekt. Denne problemstilling vil blive nærmere beskrevet i det følgende.

3. HVAD ER DRIVHUSGASSER

En drivhusgas er en gas, der har evnen til at opfange og udsende en del af den langbølgede varmestråling, mens den tillader den største del af den kortbølgede varmestråling at passere. Drivhusgasser i atmosfæren kan derfor opfange og tilbagestråle en del af jordens varmeenergi. Dermed bliver jordens atmosfære og overflade varmere, end den ville være uden en atmosfære indeholdende drivhusgasser.

Der eksisterer en række forskellige drivhusgasser i atmosfæren, hvor de vigtigste er kuldioxid (CO₂), metan (CH₄), lattergas (N₂O) og halocarboner som HFC'er, PFC'er og SF₆.

De vigtigste drivhusgasser

- Kuldioxid (CO₂): Dannes ved forbrænding af organisk materiale. En stor del stammer fra forbrænding af fossile brændsler
- Metan (CH₄): Dannes ved nedbrydning af organiske materialer i iltfattige miljøer: Dannes bl.a. i husdyrs fordøjelsessystem, ved risdyrkning og i moser, samt ved afgangning af organisk biomasse i biogasanlæg.
- Lattergas (N₂O): Dannes ved nedbrydning og forbrænding af bio-materialer og ved omsætning af kvælstofholdige materialer (bl.a. husdyr- og kunstgødning) i landbrugsjord.
- Halocarboner etc. (bl.a. freon, HFC, SF₆ og CFC gasser): Menneskeskabte drivhusgasser som bl.a. bruges i forbindelse i køleindustrien og i rengøringsmidler.

Klimapåvirkningen er ikke ens for de enkelte drivhusgasser. Klimaeffekten af drivhusgassen lattergas i atmosfæren er eksempelvis væsentligt højere end effekten af drivhusgassen CO₂. For at kunne beregne den samlede klimaeffekt af de forskellige gasser i atmosfæren omregnes klimaeffekten af de forskellige drivhusgasser til CO₂-ækvivalenter. Omregningsfaktoren (global warming potential) afhænger af de enkelte gassers levetid i atmosfæren (IPCC, 2007), men i praksis benyttes normalt en gennemsnitlig levetid på 100 år. Omregningsfaktorerne ændres løbende på baggrund af IPCC opgørelser (assessment reports). I Tabel 1 vises den seneste opgørelser over vægtningen mellem de forskellige drivhusgasser.

Tabel 1. CO₂ ækvivalent omregningsfaktorer (Global warming potential (GWP)) af de mest relevante drivhusgasser i henhold til IPCC 4. assessment report (IPCC, 2007). GWP benyttes til at beregne den samlede klimaeffekt af forskellige drivhusgasser som CO₂ ækvivalenter.

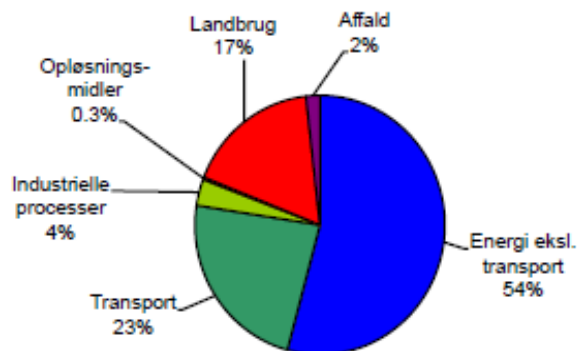
Drivhusgas	CO ₂ ækvivalent omregningsfaktor i henhold til IPCC 4. assessment report (anvendes under Kyoto-protokolens 2. forpligtelsesperiode 2013-2020).
Kuldioxid (CO ₂)	1
Metan (CH ₄)	25
Lattergas (N ₂ O)	298

Regnet efter vægt og over en 100-årig periode er drivhusgasserne metan og lattergas således henholdsvis 25 og 298 mere aktive drivhusgasser end kuldioxid (CO₂).

Den samlede udledning af CO₂ overstiger betydeligt udledningen af andre drivhusgasser. CO₂ er derfor den vigtigste drivhusgas i Danmark og bidrog i 2011 med 78 % af den samlede nationale udledning, efterfulgt af lattergas med 10,7 % og metan med 9,8 %, mens halocarboner som HFC'er, PFC'er og SF₆ i 2011 udgjorde ca. 1,5 % af de totale emissioner (Nielsen et al., 2013).

4. DANMARKS NATIONALE UDLEDNING AF DRIVHUSGASSER

Danmarks samlede udledning af drivhusgasser udgjorde i 2011 ca. 60 mio. tons CO₂-ækvivalenter. Hovedparten (77 %) stammede fra udnyttelse af fossile brændsler i forbindelse med transport og energiproduktion. Derudover bidrog landbruget med ca. 17 %, mens der er et mindre bidrag fra affaldsudnyttelsen og industrielle processer (Figur 1).

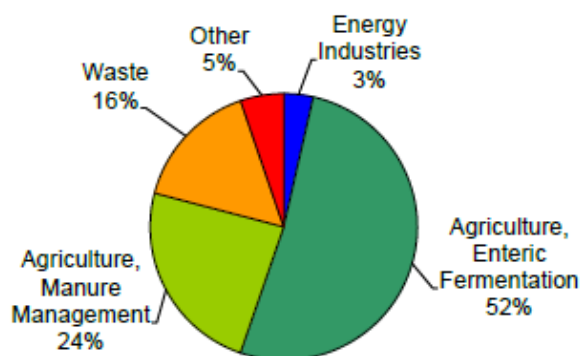


Figur 1. Danske drivhusgasemissioner. Bidrag til total emission af drivhusgasemission fra hovedsektorer for 2011 (Nielsen et al., 2013).

5. LANDBRUGETS UDLEDNING AF DRIVHUSGASSER

Landbrugssektoren bidrog i 2011 med ca. 17 % af den totale danske drivhusgasemission i CO₂-ækvivalenter. Landbruget bidrager kun i begrænset omfang til den nationale udledning af CO₂, men er den vigtigste sektor hvad angår emissioner af drivhusgasserne lattergas og metan (Figur 2). I 2011 bidrog landbruget således med 91 % af den totale emission af lattergas og 76 % af den totale danske emission af metan (Nielsen et al., 2013). Dyrkning af jord kan desuden reducere jordens organiske indhold, hvilket fører til udledning af CO₂.

Landbrugets udledning af metan er primært relateret til dannelsen af metan i husdyrenes fordøjelsessystem (enteric fermentation), samt udledning af metan ved lagring af husdyrgødning (manure management). I 2011 udgjorde udledningen af metan fra husdyrs fordøjelsessystemer således 52 % af landbrugets samlede metanudledning, mens metanudledningen fra husdyrgødning og affald udgjorde henholdsvis 24 og 16 % (Figur 2. Kilder til emission af metan (CH₄) i Danmark i 2011 (Figur 2)).



Figur 2. Kilder til emission af metan (CH₄) i Danmark i 2011 (Nielsen et al., 2013).

Da husdyrgødning og affald er vigtige kilder til udledning af drivhusgasser, er der interesse for teknologier der kan reducere denne udledning. Afgasning af biomasse er en af de teknologier der har potentiale for at reducere udledningen af metan fra såvel husdyrgødning som affald. Dette er beskrevet nærmere i det følgende afsnit.

6. KLIMAEFFEKTEN VED AFGASNING AF BIOMASSER

I forbindelse med afgasning af gylle og andre organiske biomasser produceres der metan (biogas), hvis energipotentialer kan udnyttes til el- og varmeproduktion. Afgasning kan derfor benyttes til at substituere energi, som ellers ville være blevet produceret ved afbrænding af fossile energikilder som kul, olie eller naturgas. Denne substitution reducerer derfor den CO₂ produktion som ellers ville være udledt ved afbrænding af de fossile brændsler.

Udover substitution af fossile energikilder påvirker afgasningen af husdyrgødning også den udledning af metan der finder sted i forbindelse med husdyrgødningens lagring og efterfølgende udnyttelse som gødning i planteproduktionen. Afgasningen reducerer husdyrgødningens indhold af omsættelige organiske (volatile solids) forbindelser, hvilket begrænser udledningen af metan fra eksempelvis gyllelagre, samt udledningen af lattergas fra den udbragte gylle (Sommer et al., 2001).

Afgasning har således en række positive effekter på udledningen af drivhusgasser, men har også en række negative effekter. Afgasning af biomasse medfører bl.a. ekstra energiforbrug til håndtering og transport af organiske biomasser til og fra biogasanlæg, samt til håndtering og transport af biomasse på biogasanlægget (Miljøstyrelsen, 2014). Tilsvarende vil evt. brug af energiafgrødebio-masse øge energiforbruget til dyrkning, gødskning og håndtering af energiafgrøden.

Udover dette kan afgasning føre til uønsket udledning af metan fra biogasanlæg. Dette sker bl.a. i form af udledning af uforbrændt metan fra de gasmotorer der omdanner biogassen til elektricitet og varmeenergi. Udledningen af metan fra biogasmotorer afhænger i høj grad af gasmotorernes indstilling og type, men opgøres normalt til at udgøre mellem 1,5 og 3 % af den mængde metan der produceres på biogasanlægget. Miljøministeriet har i en vurdering af virkningerne for biogasprojekter vurderet, at emissionerne af uforbrændte kulbrinter fra gasmotorer på biogasanlæg udgør 0,30 kg CO₂ ækvivalenter per Nm³ metan (Miljøstyrelsen, 2014). Dette tab svarer til ca. 1,8 % af biogasanlæggets samlede metanproduktion.

Biogasproduktionens samlede klimaeffekt er søgt klarlagt gennem en række danske og udenlandske undersøgelser (Clemens et al., 2006; Miljøstyrelsen, 2014; Olesen et al. 2013, Sommer et al. 2001; Fødevarestyrelsen 2008; Tafrup S. 1993). Undersøgelserne er gennemført som modelstudier, der søger at indregne drivhusgaseffekten af biogasproduktionens forskellige aspekter. De enkelte undersøgelser afviger i den samlede beregning af biogasproduktionens samlede drivhusgaseffekt, hvilket bl.a. skyldtes benyttelse af forskellige forudsætninger, samt i hvor høj grad alle aspekter relateret til biogasproduktionen er inddraget i undersøgelsen.

Med henblik på at bestemme den klimamæssige effekt af metanlækage på biogasanlæg tager denne beregning udgangspunkt i Fødevarerministeriets analyse af, hvordan afgasningen af gylle påvirker udledningen af drivhusgasser (Fødevarerministeriet, 2008). Analysen indeholder en række scenarieanalyser af, hvordan afgasning af forskellige sammensætninger af biomasse påvirker reduktionen af drivhusgasser. En af analyserne er udarbejdet på baggrund af et scenarie, hvor 24 % af biomassen benyttet på et biogasanlæg består af kvæggylle, 17 % af svinegylle og 59 % af fast separeringsprodukt (fiber) fra svinegylle. Resultatet af analysen fremgår af Tabel 2. Dette scenarie er benyttet som udgangspunkt for beregning af metanlækagers klimatiske effekt.

Tabel 2. Beregnet reduktion i drivhusgasemission i kg CO₂ ækv. per tons gylle afgasset. Beregningen er gennemført ved afgasning af blandet svine- og kvæggylle tilsat fast separationsprodukt fra svinegylle, hvor den producerede biogas udnyttes til såvel el- og varmeproduktion på kraftvarmeanlæg (Fødevarerministeriet, 2008)

Kilde	Reduktion i drivhusgasemission (kg CO ₂ ækvivalenter/tons gylle)
Substitution af naturgas (energi-substitution)	17,1
Metanemission fra gyllelager	21,8
Lattergasemission fra gyllelager	8,3
Lattergas fra udbragt gylle	1,7
Metanemission fra gasmotorer	-4,4
Lattergasemission fra kvælstofudvaskning	0,3
Kulstoflagring i jord	-4,4
I alt	40,4
I alt uden energi-substitution	23,3
I alt uden energi-substitution og kulstoflagring	27,7

Den udarbejdede analyse viser, at afgasning af en blanding af svine- og kvæggylle tilsat fiberfraktion fra separeret svinegylle reducerer drivhusgasudledningen med ca. 40 kg CO₂ ækvivalenter per tons gylle der afgasses. Knap halvdelen (42 %) af den reducerede emission skyldes, at den dannede biogas kan substituere brugen af fossile energikilder, mens godt halvdelen (58 %) af reduktionen skyldes lavere drivhusgasemission fra den gylle der forudgående er afgasset i et biogasanlæg.

Overstående analyse indarbejder ikke drivhusgaseffekten af det ekstra energiforbrug der indgår i forbindelse med håndtering, separation og transport af gylle til og fra biogasanlægget. Analysen indarbejder tilsvarende ikke drivhusgaseffekten af metan der tabes via lækager på biogasanlægget. Klimaeffekten af lækagetabet på biogasanlæg bliver derfor nærmere omtalt i det følgende afsnit.

7. KLIMAEFFEKTEN AF METANLÆKAGE PÅ BIOGASANLÆG

Udover det metantab, der finder sted ved udsendelse af uforbrændte kulbrinter fra biogasmotorer (metanemission fra gasmotorer), kan der også ske et tab af metan via utætheder (lækager) på biogasanlægget. Dette tab er søgt kvantificeret i et igangværende projekt støttet af Energinet.dk. Ved målinger gennemført på i alt ni danske biogasanlæg fandt AgroTech og DGC en række lækager som førte til udledning af metan. Det samlede metantab fra disse anlæg udgjorde i gennemsnit 4,2 % af den samlede metanproduktion på de undersøgte anlæg (Jørgensen & Kvist, in press; Kvist et al., 2014).

Undersøgelsen viste store forskelle mellem de enkelte anlæg. Læketabet på det mest tætte anlæg var 0, mens læketabet på det mest utætte anlæg blev målt til at udgøre 10 % af anlæggets samlede metanproduktion.

Ved antagelse om en gennemsnitlig metanproduktion på ca. 13 Nm³/tons gylle afgasset (Birkmose & Michaelsen, 2012; Birkmose pers. com, 2015) udgør det målte metanlæketab gennemsnitligt 0,6 Nm³ metan svarende til ca. 0,37 kg metan per tons gylle der afgasses. Denne emission svarer til, at læketabet gennemsnitligt udgør ca. 9,2 kg CO₂ ækvivalenter per tons gylle der afgasses.

Sættes dette emissionstab i relation til afgasningens generelle klimaeffekt (Tabel 2), ses det at lækage af metan på biogasanlæg reducerer afgasningens positive klimaeffekt (Tabel 3).

Tabel 3. Beregning af metanlækagetabets indflydelse på drivhusgasemission ved afgasning af blandet svine- og kvæggylle tilsat fast separationsprodukt fra svinegylle og udnyttelse af biogasproduktionens el- og varmeenergi. Beregningen er gennemført henholdsvis med og uden indregning af metan der tabes via lækager på biogasanlæg.

Beregningsmetode	Reduktion i drivhusgasemission (kg CO ₂ ækvivalenter/tons gylle)
Beregning uden indregning af metan lækagetab	40,4 ^a
Beregning med indregning af metan lækagetab	31,2

^a Fødevarerministeriet, 2008

I den gennemførte undersøgelse fandt man, at identifikation af lækager på biogasanlæg betød, at disse ofte forholdsvis nemt kunne repareres eller udbedres (Stefanik et al., in press; Kvist et al., 2014). Undersøgelser på anlæggene gennemført efter at lækager var identificeret og udbedret viste, at det gennemsnitlige lækagetab blev reduceret fra 4,2 % til 0,8 % af den samlede metanproduktion (Jørgensen & Kvist, in press). Dette reducerede lækagetab er indregnet i fødevarerministeriets undersøgelse af bioafgasningens generelle klimaeffekt (Tabel 2) (Fødevarerstyrelsen, 2008). Sættes det reducerede lækagetab i relation til afgasningens generelle klimaeffekt, ses det, at lækagetabet reducerer afgasningens positive klimaeffekt, men at reduktionen er væsentligt mindre end før der var gennemført lækageidentifikation og udbedring af identificerede lækager på biogasanlæg (Tabel 4).

Tabel 4. Beregning af metanlækagetabets indflydelse på drivhusgasemission ved afgasning af blandet svine- og kvæggylle tilsat fast separationsprodukt fra svinegylle og udnyttelse af biogasproduktionens el- og varmeenergi. Beregningen er gennemført henholdsvis uden indregning af metan der tabes via lækager på biogasanlæg og med indregning af lækagetabet før og efter der er gennemført identifikation og reparation af identificerede lækager.

Beregningsmetode	Reduktion i drivhusgasemission (kg CO ₂ ækvivalenter/tons gylle)
Uden indregning af metan lækagetab	40,4 ^a
Med indregning af metan lækagetab	
Før identifikation og reparation af lækager	31,2
Efter identifikation og reparation af lækager	38,1

^a Fødevarerministeriet, 2008

KONKLUSION OG PERSPEKTIVISERING

Lækager på biogasanlæg fører til uønsket udledning af drivhusgassen metan. Der er derfor gennemført en undersøgelse af hvor stort lækagetabet er, og hvordan det kan reduceres. Undersøgelsen blev gennemført ved identifikation af lækager og kvantificering af metantabet fra de identificerede lækager på ni danske biogasanlæg. Undersøgelsen fandt en række lækager som førte til udledning af metan. Da metan er en potent drivhusgas påvirker metantabet biogasproduktionens drivhusgaseffekt.

Biogasproduktion har en positiv effekt på drivhusgasudledningen, da den producerede biogas substituerer brugen af fossile brændsler og biogasprocessen reducerer udledningen af metan fra gødningslagre. Den positive klimaeffekt reduceres dog, hvis der sker lækageudledning af drivhusgassen metan fra biogasanlæggene. Undersøgelser har vist, at der tabes metan via lækager på biogasanlæg. Lækagetabet varierer markant fra anlæg til anlæg, men en undersøgelse gennemført på ni danske biogasanlæg har fastlagt, at tab af metan via lækager på anlæggene i gennemsnit udgjorde ca. 4.2 % af den samlede biogasproduktion.

Lækagetabet reducerer biogasproduktionens positive klimaeffekt. Ved at beregne lækagetabet i forhold til fødevarerministeriets bestemmelse af klimaeffekten ved afgasning af en blanding af kvæg og svinegylle tilsat fiber separeret fra svinegylle, blev det fundet at lækagetabet reducerede den samlede positive klimaeffekt fra ca. 40 til 31 kg CO₂ ækvivalenter per tons gylle afgasset.

De gennemførte undersøgelser har vist, at mange af de identificerede lækager kan repareres og udbedres forholdsvis nemt og omkostningsneutralt. Undersøgelse af metantabet på biogasanlæg før og efter anlægsejere var blevet orienteret om omfanget og tilstedeværelsen af identificerede lækager viste, at reparation af identificerede lækager reducerede det gennemsnitlige metantab fra 4,2 til 0,8 % af den samlede metanproduktion (Jørgensen & Kvist, in press).

Det lavere lækagetab efter identificering og reparation af lækager på anlæggene reducerede markant lækagetabets effekt på afgangens positive klimaeffekt. Efter identifikation og reparation af identificerede lækager blev det fundet at lækagetabet reducerede afgangens positive klimaeffekt fra ca. 40 til 38 kg CO₂ ækvivalenter per tons gylle afgasset.

Identifikation af lækager på biogasanlæg kan derfor være en effektiv metode til at begrænse metantabet fra biogasanlæg og sikre den størst mulige positive klimaeffekt af biogasproduktion.

LITTERATUR

- Birkmose T.S., Mikaelson B.W., 2012. Biogasanlæg bidrager til et bæredygtigt landbrug. Videncenter for Landbrug, DLBR.
- Clemens J., Trimborn M., Weiland P., Amon B. 2006. Mitigation of greenhouse gas emissions by anaerobic digestion of cattle slurry. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **112**: 171–177
- Danmarks Miljøundersøgelser, 2011. Denmark's National Inventory report 2011 – Emission inventories 1990-2009. Rapport nr. Nr. 827.
http://dce.au.dk/fileadmin/Resources/DMU/Udgivelser/Sammenfatninger/FR/FR827_Sammenfatning.pdf.
- Fødevarerministeriet, 2008. Landbrug og Klima – Analyse af landbrugets virkemidler til reduktion af drivhusgasser og de økonomiske konsekvenser. Fødevarerministeriet 2008.
- IPCC, 2007. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) fourth assessment report (2007).
- Kvist T., Jørgensen L., Andersen S.D., Stefanek K., Hansen M.N. 2014. Methanemissioner fra biogasanlæg. Indlæg ved Biogas økonomiseminar 8. december 2014. Koldkærgaard.
- Jørgensen L, Kvist T. Methane emission from Danish biogas plants - Quantification of methane losses. In press.
- Miljøstyrelsen, 2014. Vurdering af virkningerne på miljøet (VVM) for biogasprojekter - drivhusgasser. Miljøministeriet, Naturstyrelsen 16. dec. 2014.
- Nielsen, O.K.; M.S. Plejdrup; M. Winther; M. Nielsen; S. Gyldenkerne; M.H: Mikkelsen; R. Albrektsen; M. Thomsen; K. Hjelgaard; L. Hoffmann; P. Fauser; H.G. Bruun; V.K. Johannsen; T. Nord-Larsen; L. Vesterdal; I.S. Møller; O.H. Caspersen; E. Rasmussen; S.B. Petersen; L. Baunbæk; M.G. Hansen., 2013. Denmark's National Inventory Report 2013. Emission Inventories 1990-2011 - Submitted under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy, 1202pp. Scientific Report from DCE – Danish Centre for Environment and Energy. <http://www.dmu.dk/Pub/SR56.pdf>
- Olesen J.E.; Jørgensen U.; Hermansen J.E.; Petersen S.O.; et al. 2013. EFFEKTER AF TILTAG TIL REDUKTION AF LANDBRUGETS UDLEDNINGER AF DRIVHUSGASSER. DCA RAPPORT NR. 027 · AUGUST 2013
- Sommer S.G., Møller H.B, Pedersen S.O., 2001. Reduktion af drivhusgasemission fra gylle og organisk affald ved biogasbehandling. DJF rapport nr. 31. Husdyrbrug. pp 52.
- Stefanek K.; Hansen MN.; Rasmussen SG. Methanemissioner fra danske biogasanlæg – Håndbog: Identificering og reparation af metanlækager. In press.
- Tafrup S., 1993: Environmental Impact of Biogas production from Danish centralized Plants, Sept.1993, Elsinore, Denmark