

Emissionsfaktorer for ammoniak fra ALFAM2 for ammoniakreducerende udbringningsteknikker

Rådgivningsnotat fra DCA – National Center for Fødevarer og Jordbrug

Anders Peter S. Adamsen og Sasha D. Hafner
Institut for Bio- og Kemiteknologi, Aarhus Universitet

Datablad

Titel:	Emissionsfaktorer for ammoniak fra ALFAM2 for ammoniakreducerende udbringningsteknikker
Forfattere:	Seniorforsker Anders Peter S. Adamsen, Institut for Bio- og Kemiteknologi og Lektor Sasha D. Hafner, Hafner Consulting LLC
Fagfællebedømmelse:	Johanna Pedersen, Institut for Bio- og Kemiteknologi
Kvalitetssikring, DCA	Specialkonsulent Johanna Höglund, DCA Centerenheden
Rekvirent:	FVM Departementet
Dato for bestilling/levering:	24.09.2021/ 17.11.2021
Journalnummer:	2021-0294105
Finansiering:	Besvarelsen er udarbejdet som led i "Rammeaftale om forskningsbaseret myndighedsbetjening" indgået mellem Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri (FVM) og Aarhus Universitet under ID nr. 21-P3-35-03 "Ydelsesaftale planteproduktion 2021-2024".
Ekstern kommentering:	https://bit.ly/3EKFZp5
Eksterne bidrag:	Forfattere Sasha D. Hafner er adjungeret lektor på Aarhus Universitet, men driver en konsultantsvirksomhed; Hafner Consulting LLC i Virginia, USA. Det foreligger en samarbejdskontrakt mellem Hafner Consulting LLC og Aarhus Universitet.
Kommentarer til besvarelse:	Rapporten præsenterer resultater, som ved rapportens udgivelse ikke har været i eksternt peer review eller er publiceret andre steder. Ved en evt. senere publicering i tidsskrifter med eksternt peer review vil der derfor kunne forekomme ændringer.
Citeres som:	Adamsen, AP, Hafner SD. 2021. Emissionsfaktorer for ammoniak fra ALFAM2 for ammoniakreducerende udbringningsteknikker. 6 sider. Rådgivningsrapport fra DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Aarhus Universitet, leveret: 17.11.2021
Rådgivning fra DCA:	Læs mere på https://dca.au.dk/raadgivning/

1 Baggrund

Fødevarministeriet har ønsket et kort notat med henvisning til rapporten "Estimation of Danish emission factors for ammonia from field-applied liquid manure for 1980 to 2019", Hafner et al. (2021) hvor emissionsfaktorer ønskes gengivet for følgende matrix-kombinationer:

1. Udbringningsteknik:
 - a. Slæbeslange (ingen yderligere teknik)
 - b. Slæbeslange med markforsuring*
 - c. Nedfældning i græs
 - d. Nedfældning på sort jord, samt
 - e. Nedbringning inden 4 timer
2. Udbringningstidspunkter:
 - a. Marts
 - b. April
 - c. Maj
 - d. Sommer
 - e. Efterår
3. Husdyrgødningstyper:
 - a. Svinegylle
 - b. Kvæggylle
 - c. Afgasset biomasse

* ved markforsuring anvendes forsuring efter de nugældende krav om minimumssyreforbrug.

2 Metode

Beregninger af emissionsfaktorer for ammoniak er udført i ALFAM2-modellen og følger beregningerne i en rapport af Hafner et al. (2021) på nær for vejrdata og resultater fra flere titreringsforsøg af afgasset biomasse. Beregningerne er beskrevet i detaljer på <https://github.com/sashahafner/ALFAM2-EF-DK-2021>. Alle dokumenter der er brugt til at beregne resultaterne i dette notat, er tilgængelige på: <https://github.com/sashahafner/AU-myndighedsbetjening>¹.

ALFAM2-modellen (v1.5.1 fra ALFAM2 R-pakken²) blev anvendt med parametersæt 2 til at estimere den kumulative emission af ammoniak over 168 timer efter udbringningsstidspunktet. Model inputparametre omfatter tørstof, pH, gennemsnitlig lufttemperatur og vindhastighed, udbringningsmængde og -metode. Gennemsnitlige lufttemperaturer for 2010-2019 for de anvendte vejrstationer blev justeret op med 0,9 °C og vindhastigheder blev opjusteret med 15 procent som beskrevet i rapporten af Hafner et al. (2021). For valg af perioder, lufttemperaturer, vindhastigheder og nedbør, se tabel 1. Tørstofniveau og pH er beskrevet for de enkelte gylletyper og afgasset biomasse i senere tabeller.

Tabel 1. Valgte forudsætninger for perioder, lufttemperaturer og vindhastigheder for modellering af emissionsfaktorer i ALFAM2-modellen. Lufttemperatur og vindhastigheder er justerede jf. Hafner et al. (2021).

	Marts	April	Maj	Sommer	Efterår
Perioder	marts	april	maj	juni-juli og august	september ¹
Lufttemperatur ² (°C)	4,4	8,2	12	17	14
Vindhastighed ³ (m/s)	4,1	3,8	3,5	3,2	3,3
Regn ⁴ (mm/h)	0,060	0,055	0,070	0,11	0,13

¹Tidligere har man også medregnet oktober måned, men dette gøres ikke længere, da det generelt ikke er tilladt at udbringe flydende organisk gødning efter 1. oktober (BEK nr 1551 af 02/07/2021).

²Gennemsnitlig temperatur i perioden.

³Gennemsnitlig vindhastighed i 2 meters højde over jordoverfladen.

⁴Gennemsnitlig nedbør per måned. Er beregnet ud fra 7 vejrstationer som beskrevet i Hafner et al. (2021), da vejrdata ikke tidligere er beregnet på månedsbasis.

ALFAM2-modellen forudsiger effekten af gyllens pH på emission af ammoniak. For markforsuring anvendes en pH-værdi på 6,4. Men i den nuværende regulering (BEK nr 1551 af 02/07/2021) er der i stedet for en bestemt pH-værdi efter forsurende beskrevet hvor meget syre, der skal tilsættes de forskellige gylletyper og afgasset biomasse. Derfor er pH i den afgassede biomasse ved markforsuring beregnet ud fra den i bekendtgørelsen krævede syretilsætning

¹Resultaterne i dette notat svarer til "release 2021-0294105_v1", <https://github.com/sashahafner/AU-myndighedsbetjening/releases>, eller direkte fra

https://github.com/sashahafner/AU-myndighedsbetjening/releases/tag/2021-0294105_v2

²<https://github.com/sashahafner/ALFAM2/releases/tag/v1.5.1>

samt beregninger ud fra titreringskurverne som beskrevet i Nyord et al. (2021). Disse beregninger viste, at pH ved tilsætning af 2,9; 3,0 og 11 kg 96%-svovlsyre for henholdsvis svinegylle, kvæggylle, og afgasset biomasse alle blev på 6,5.

3 Resultater og diskussion

De modellerede resultater er vist i tabel 2 for svinegylle, tabel 3 for kvæggylle, og tabel 4 for afgasset biomasse.

Tabel 2. Emissionsfaktorer for ammoniak i procent af totalammoniumnitrogen (TAN) for svinegylle med tørstofindhold 3,9 procent og pH på 7,2 (på nær for markforsuret gylle, hvor der er beregnet en pH på 6,5). For antagelser om temperaturer, vindhastighed og nedbør, se tabel 1. Det er antaget at der udbringes 30 tons gylle per hektar for alle kombinationer.

	Marts	April	Maj	Sommer	Efterår
Slæbeslanger (uden yderligere teknik)	14	15	15	16	15
Slæbeslanger med markforsuring ¹	9,6	11	12	12	12
Nedfældning i græs ²	9,6	9,8	9,9	10	10
Nedfældning i sort jord ³	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Slæbeslange og nedbringning indenfor 4 timer ⁴	2,3	3,3	4,8	6,7	5,6

¹Forsuret med 2,9 kg 96%-svovlsyre per ton gylle jf. BEK nr 1551 af 02/07/2021.

²Nedfældet således at nedfældningsrenderne helt kan indeholde den udbragte mængde gødning.

³Nedfældet således at nedfældningsrenderne er tildækkede efter nedfældningen.

⁴Nedbringningsmetode som pløjning (svarer til "deep incorporation" i ALFAM2-modellen).

Tabel 3. Emissionsfaktorer for ammoniak i procent af totalammoniumnitrogen (TAN) for kvæggylle med tørstofindhold på 6,5 procent og pH på 7,0 (på nær for markforsuret gylle, hvor der er beregnet en pH på 6,5). For antagelser om temperaturer, vindhastigheder og nedbør, se tabel 1. Det er antaget at der udbringes 30 tons gylle per hektar for alle kombinationer.

	Marts	April	Maj	Sommer	Efterår
Slæbeslanger (uden yderligere teknik)	22	26	30	33	31
Slæbeslanger med markforsuring ¹	15	19	23	28	25
Nedfældning i græs ²	12	13	15	16	15
Nedfældning i sort jord ³	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Slæbeslange og nedbringning indenfor 4 timer ⁴	2,9	4,5	7,1	11	8,8

¹Forsuret med 3,0 kg 96%-svovlsyre per ton gylle jf. BEK nr 1551 af 02/07/2021.

²Nedfældet således at nedfældningsrenderne helt kan indeholde den udbragte mængde gødning.

³Nedfældet således at nedfældningsrenderne er tildækkede efter nedfældningen.

⁴Nedbringningsmetode som pløjning (svarer til "deep incorporation" i ALFAM2-modellen).

Tabel 4. Emissionsfaktorer for ammoniak i procent af totalammoniumnitrogen (TAN) for afgasset biomasse med tørstofindhold på 5,9 procent og pH på 7,9 (på nær for markforsuret gylle, hvor der er beregnet en pH på 6,5). For antagelser om temperaturer, vindhastigheder og nedbør, se tabel 1. Det er antaget, at der udbringes 30 tons afgasset biomasse per hektar for alle kombinationer.

	Marts	April	Maj	Sommer	Efterår
Slæbeslanger (uden yderligere teknik)	32	33	34	35	35
Slæbeslanger med markforsuring ¹	15	19	22	26	24
Nedfældning i græs ²	18	18	19	19	19
Nedfældning i sort jord ³	2,6	2,7	2,7	2,7	2,7
Slæbeslange og nedbringning indenfor 4 timer ⁴	8,6	13	18	24	21

¹Forsuret med 11 kg 96%-svovlsyre per ton gylle jf. BEK nr 1551 af 02/07/2021.

²Nedfældet således at nedfældningsrenderne helt kan indeholde den udbragte mængde gødning.

³Nedfældet således at nedfældningsrenderne er tildækkede efter nedfældningen.

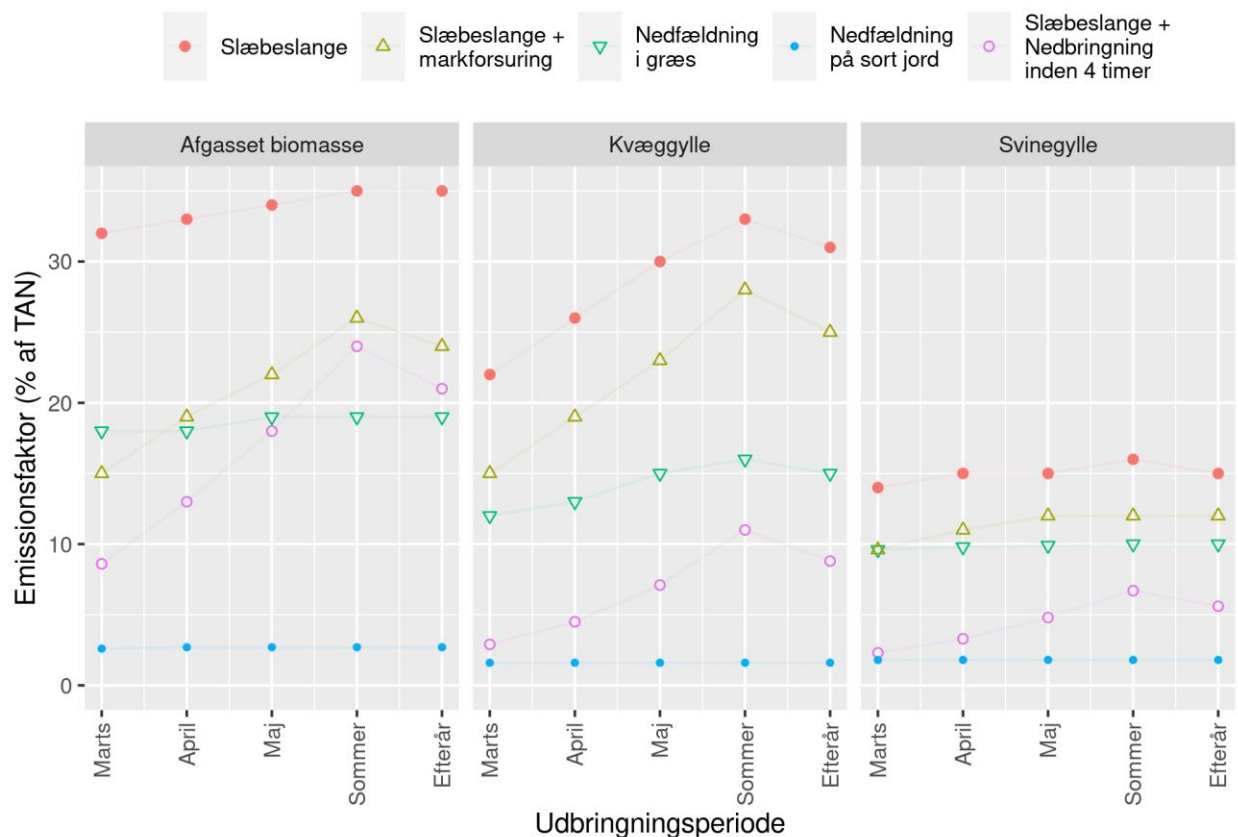
⁴Nedbringningsmetode som pløjning (svarer til "deep incorporation" i ALFAM2-modellen).

I figur 1 er emissionsfaktorerne vist for kvæggylle, svinegylle og afgasset biomasse. Generelt er emissionsfaktorer lavere for svinegylle end for kvæggylle. Dette tilskrives, at indholdet af tørstof er lavere i svinegylle end i kvæggylle, og andre faktorer som er karakteristiske for svinegylle (Hafner et al., 2021).

Højeste emissionsfaktorer for kvæg- og svinegylle ses for udbringning med slæbeslange, efterfulgt af slæbeslange med markforsuret gylle, slæbeslange hvor gyllen er nedbragt (nedpløjet) indenfor 4 timer, nedfældning i græs (typisk med skiveskær, der efterlader gylle i åbne render) og endelig nedfældning på sort jord, hvor der ikke må være gylle synligt efter nedfældning.

For afgasset biomasse ses samme mønstre, på nær for slæbeslange med markforsuret gylle (11 kg 96%-svovlsyre per ton) og nedfældning i græs, hvor sidstnævnte har en højere emissionsfaktor i marts, samme i april og lavere resten af året.

Tørstofindhold i gylle og den afgassede biomasse såvel som pH er af stor betydning for emissionsfaktorer, se tabel A4.1 i Hafner et al. (2021).



Figur 1. Emissionsfaktorer for kvæggylle, svinegylle og afgasset biomasse udbragt med forskellige teknikker og i forskellige perioder.

4 Referencer

BEK nr 1551 af 02/07/2021. Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri. 2021. Bekendtgørelse om anvendelse af gødning.

Hafner, S. D., Nyord, T., Sommer, S. G., & Adamsen, A. P. S. (2021). Estimation of Danish emission factors for ammonia from field-applied liquid manure for 1980 to 2019. 138 pages. Advisory report from DCA – Danish Centre for Food and Agriculture, Aarhus University, submitted: 23-09-2021.

Nyord, T., Hafner, S. D., Adamsen, A. P. S., & Sommer, S. G., (2021). Ammoniakfordampning fra forsuret gylle ved udbringning med slæbeslange, Rådgivningsrapport fra DCA, DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Aarhus Universitet, Nr. 2020-0188079, 18 s., feb. 15, 2021.