

Statens Planteavlslaboratorium (Aage Henriksen)

Bakteriologisk afdeling (T. Vincents Nissen)

Fremstilling af metangas fra halm

Production of methane from straw

J. P. Mikkelsen¹⁾, H. Skotte²⁾, og T. Vincents Nissen

Resumé

Halmpulver kan underkastes en anaerob gæring, hvorved der dannes fri *metan*. Der anvendes podning med udrådnet kloakslam. Af 1 g halmtørstof fås herved ca. 190 ml metangas, der indeholder 50 pct. metan og 40 pct. CO₂.

Summary

Production of methane from straw.

Some preliminary experiments with production of methane from straw have been carried out in laboratory scale. It was necessary to inoculate the material with digested sludge.

The anaerobic decomposition of 1 g straw (dry matter) has given a development of 190 ml gas. The gas was composed of 50 per cent methane and 40 per cent carbon dioxide.

Indledning

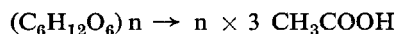
Efter anmodning fra landbruget og fra Statens forsøgsvirksomhed i plantekultur nedsatte Akademiet for de Tekniske Videnskaber 1951 et udvalg med opgave at undersøge, om biologisk gasfremstilling fra gødning og andre affaldsprodukter, herunder halm, kunne regnes at have en fremtid for sig. Rapport fra udvalget forelå 1953 (i det væsentlige på grundlag af litteraturstudier). Man konkluderede, at anlæg til forgæring af staldgødning på daværende tidspunkt ikke kunne anses for at være rentable.

Rapporten slutter med ønsket om, at der måtte ske en afprøvning af biologiske gasanlæg i teknisk målestok, og at der må blive foretaget fortsatte forsøg og undersøgelser vedrørende udvinding af varmeenergi fra staldgødning og overskudshalm. Stigende brændselspriser har aktualiseret interessen for alternative energiformer. Dette har givet anledning til en orien-

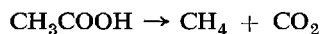
terende forsøgsrække over fremstilling af metangas fra halm på Bakteriologisk afdeling, Statens Planteavlslaboratorium, Lyngby.

Det er kendt, at man kan fremstille *metangas* af *kloakslam*, og det gøres mange steder på renseanlæg i et sådant omfang, at gassen tjener et nyttigt formål, enten til opvarmning eller drivkraft.

Processen ved fremstilling af metangas ud fra kloakslam (Fenger, 1971) foregår under medvirken af bakterier, der hovedsagelig deler sig i 2 grupper, nemlig for det første syredannende, der omdanner kulhydrater og fedtstoffer til flygtige syrer m.v., f.eks. for kulhydrater:



Den anden gruppe er de metanproducerende bakterier, der f.eks. spalter eddikesyre:



1) Akademiingeniør, p.t. Bakteriologisk afdeling, Statens Planteavlslaboratorium, Lyngby.

2) Agronom, civilingeniør, leder af Mølleåkværkets Laboratorium, Virum.

d.v.s. går man ud fra et kulhydrat, fås en gas, der indeholder ca. 50 pct. (vol.) metan.

Indeholder slammet derimod fedtstoffer eller proteinstoffer, bliver gassen rigere på metan, og det er ikke ualmindeligt, at der fra kloakslam kan opnås en gas, der indeholder 70 pct. (vol.) metan.

Metanbakterierne er obligat anaerobe, d.v.s. at de ikke kan udfolde sig, dersom der er ilt til stede; de nævnte reaktioner må derfor foregå i lukkede beholdere uden luftadgang.

Forsøgsteknik

Materialer

Til forsøget anvendtes finmalet byghalm fra Statens Marskforsøg, Højer, samt rå kloakslam fra rensningsanlægget Ålebæk, Lyngby. Analysedata for halmen og det rå kloakslam er angivet i tabel 1.

1. (slam) 75 g rå kloakslam
2. (halm + N) 3,75 g halm + 45 mg N
3. (halm + 2N) 3,75 g halm + 90 mg N
4. (halm + 2N + P) 3,75 g halm + 90 mg N + 10 mg P

Kvælstof tilsættes i form af urinstof og fosfor i form af sekundært natriumfosfat.

Som startblandingen i led 1 og 2 brugtes 1125 g udrådnat kloakslam + 375 g rå kloakslam, og i led 3 og 4 1125 g udrådnat kloakslam + 18,75 g halm + vand ad 1,5 kg. De anvendte mængder af rå kloakslam og af halm modsvarer samme tørstofmængde.

Metodik

Opstillingen af laboratorieforsøget er vist skematisk i figur 1.

Der anvendtes 2 liter beholdere med 1,5 kg materiale, og temperaturen holdtes ved 35°C ±

Tabel 1. Analysedata for halm og kloakslam.

	C		% i tørstof			%
	N		NO ₃ -N	Træstof	P	Vand
Halm	30,7	0,67	0,04	39,9	0,18	10,0
Rå kloakslam	32,7	2,43	0,02	—	1,37	95,5

Der blev endvidere foretaget kintalsbestemmelse i halmpulveret. Til bakterietælling anvendtes havremel-agar (pH 7,2) og til svampetællingen Bengal-Rosa agar (pH 6,0). Resultatet af tællingerne, angivet pr. g halmpulver, er vist nedenstående

Bakterier 196 × 10⁶ (med usikkerhed 10 × 16⁶)
 Svampe 228 × 10³ (» » 6 × 10³)

Forsøgsplan

Ved starten af forsøget anvendtes udrådnat kloakslam som podemateriale, for at få produktionen igangsat. Det udrådnede kloakslam indeholder de bakterier, som kan nedbryde organiske stoffer til metan og kuldioxid.

Forsøget gennemførtes med daglige tilsætninger af følgende mængder af nedennævnte materialer pr. forsøgsled; for de tre sidstnævnte led tillige vand ad 75 g.

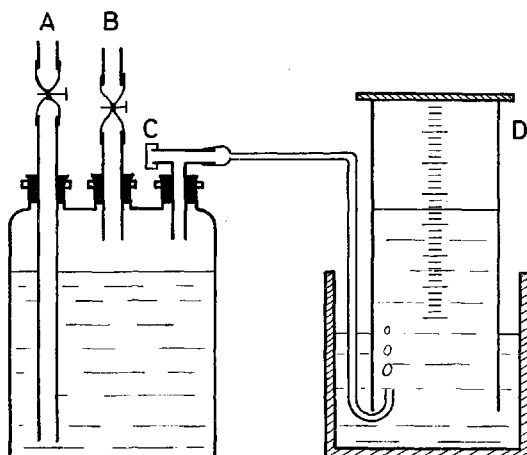


Fig. 1. Forsøgsopstilling til fremstilling af metangas. A: Udtagning af slam. B: Tilsætning af frisk materiale. C: Udtagning af gasprøver. D: Opsamling af gas.

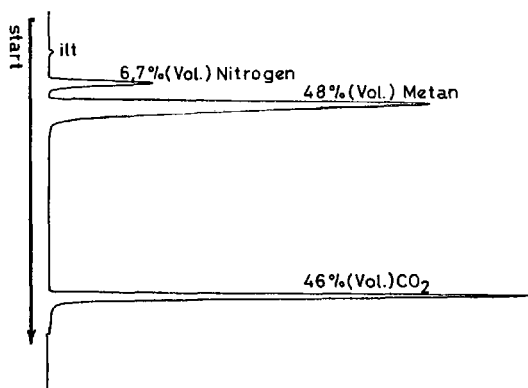


Fig. 2. Gaschromatogram for en gasprøve.

0,5°. Under hele forsøgsperioden tilsattes daglig frisk materiale i henhold til forannævnte forsøgsplan, og samtidig udtoges en tilsvarende mængde materiale fra bunden af beholderen. Den producerede gas ledtes over til en opsam-

lingsbeholder, og det aflæstes, hvor megen gas der blev produceret. Ved hjælp af eengangs-sprøjter udtoges prøver af gassen gennem en membran (C, figur 1) til bestemmelse af sammensætning ved gaschromatografisk analyse. Et gaschromatogram af en prøve er vist på figur 2.

Til gaschromatografi anvendtes en Hewlett Packard gaschromatograf, model 5750, med varmetrår-detector. Helium blev anvendt som bæregas; gas flow 59 ml/min. Kolonnen var 6' × 1/8" lang, og der blev anvendt molekylligte nr. 5A. Temperatur: Ovn 2 min. ved 35°C, derefter opvarmning til 214°C med temperaturstigning på 30°C/min. og 2 min. ved 214°C; injection port 280°C og varmetrår-detector 300°C.

Resultater

Figur 3 viser produktionen af gas i ml pr. døgn som funktion af tiden. Forsøget varede i 45 døgn. Det fremgår af figuren, at produk-

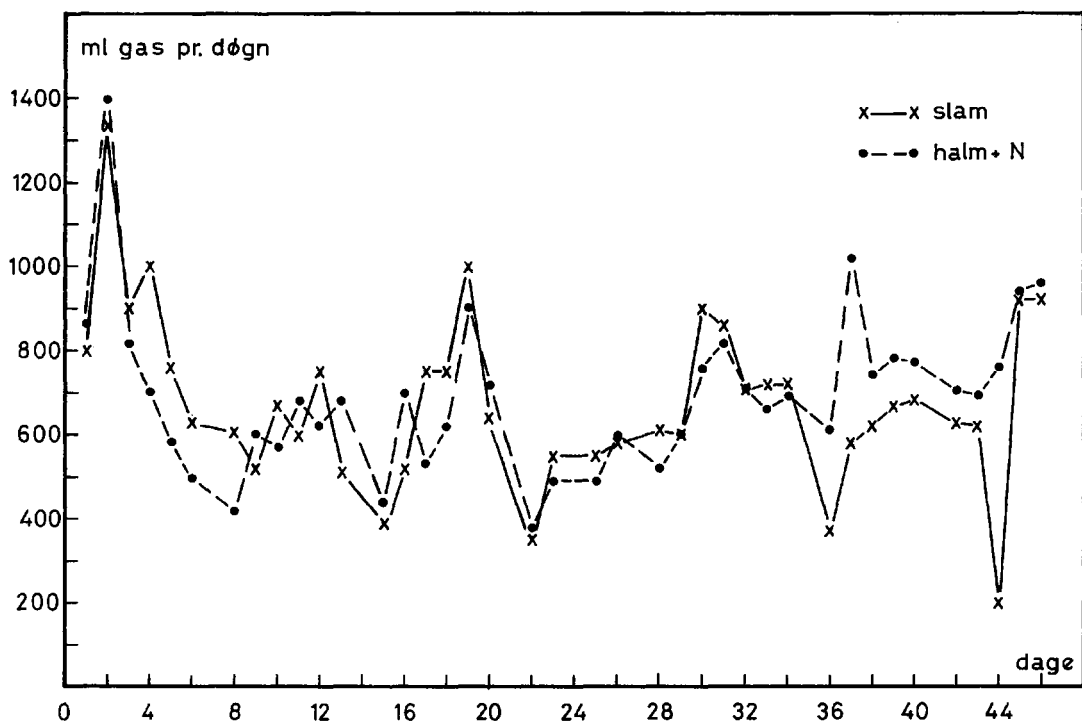


Fig. 3. Produktionen af gas i ml pr. døgn som funktion af tiden, ved daglig tilsætning af 1. slam og 2. halm + N.

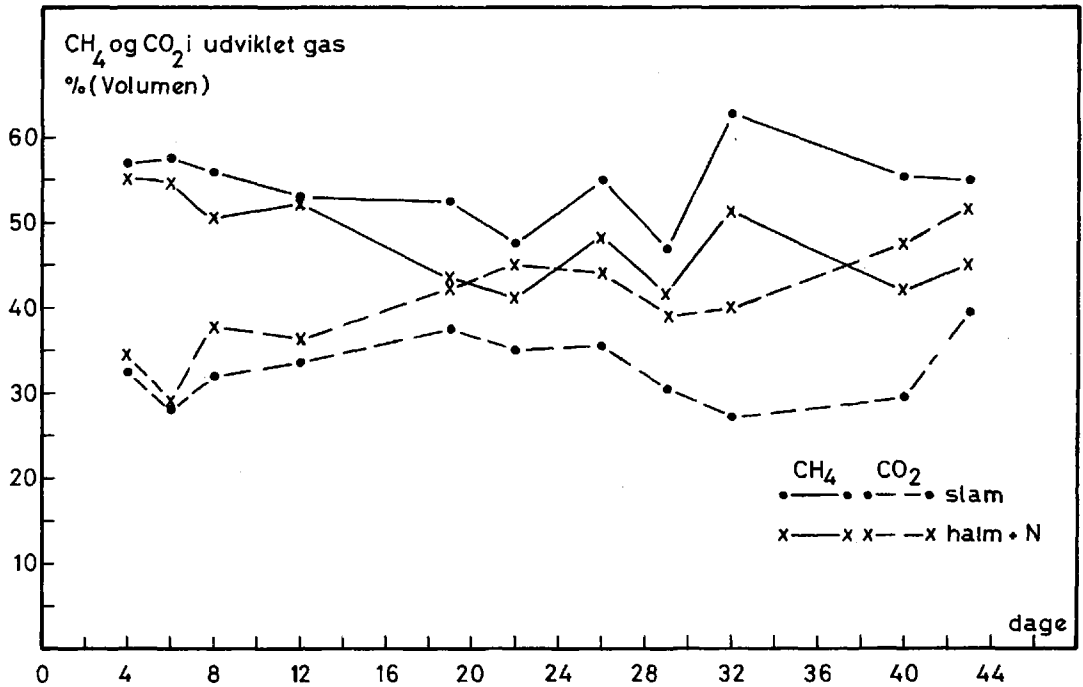


Fig. 4. Gassens indhold af CH₄ (metan) og CO₂ (kuldioxid) i volumen pct. ved tilsætning af 1. slam og 2. halm + N.

tionen af gas i forsøgsled 1 (slam) og forsøgsled 2 (halm + N) efter 4 døgn forløb svinger omkring 650 ml pr. døgn ved daglig tilsætning som beskrevet i forsøgsplanen.

Figur 4 viser gassens sammensætning i volumen pct. af CH₄ og CO₂, som funktion af tiden. Det ses, at indholdet af CH₄ i gassen fra forsøgsled 1 (slam) varierer mellem 47 og 63 pct., medens indholdet af CO₂ varierer mellem 27 og 40 pct. Indholdet af CH₄ er lidt lavere i gassen fra forsøgsled 2 (halm + N), medens indholdet af CO₂ er lidt højere, begge varierende omkring 45 pct. efter 18 dages forløb.

Forsøgsleddene 3 (halm + 2N) og 4 (halm + 2N + P) gav gasproduktion og gassammensætning svarende til, hvad der fandtes for forsøgsled 2 (halm + N). Af denne grund, og for at bevare overskueligheden af figurerne, er resultaterne fra disse forsøgsled ikke indtegnet i diagrammerne.

En beregning viser, at der i forsøgsperioden gennemsnitligt er produceret ca. 670 ml gas pr. døgn for tilsætning af 75 g rå kloakslam (led 1), og ca. 660 ml. for tilsætning af 3,75 g halm + N (led 2). Omregnet svarer dette til en produktion på ca. 198 ml gas pr. g slamtørstof og ca. 196 ml gas pr. g halmtørstof. Ved disse beregninger er de første 5 døgn production ikke metaget, da der var tilsat 375 g rå kloakslam til begge led ved forsøgets start.

Tabel 2. Gennemsnit og variation af pH i de enkelte forsøgsled.

Forsøgsled	Gns.	pH-variation
1. Slam	7,09	6,96-7,19
2. Halm + N	7,46	7,35-7,52
3. Halm + 2N	7,49	7,33-7,58
4. Halm + 2N + P	7,45	7,36-7,61

Der blev målt pH i de dagligt udtagne materialer fra bunden af produktionsbeholderne. I

tabel 2 er angivet såvel gennemsnit som variation af pH i de enkelte led gennem forsøgsperioden.

Diskussion

I de gennemførte laboratorieforsøg er der opnået omtrent samme gasproduktion pr. g tørstof af halm og slam. Det har været en betingelse for at få produktionen igang, at der podes med udrådnet kloakslam.

Metanprocenten ligger forholdsvis lavt, navnlig i halmgassen. Dette kan skyldes, at der ved den anvendte teknik uundgåeligt er tilført lidt atmosfærisk luft sammen med den daglige stoftilsætning, således at produktionsbetingelserne ikke har været strengt anaerobe. Et konstateret N_2 -indhold i gassen på 1-7 volumen pct. hidhører formentlig ligeledes fra atmosfærisk luft, omend nitrat- eller nitritreduktion kan give nogen N_2 -dannelse.

Der findes metoder til udvinding af metan-gas fra kloakslam, der fjerner større mængder af slammets indhold af organisk stof, og som giver en væsentlig større gasproduktion. Dette er således tilfældet, f.eks. med den såkaldte kontakt-anaerobe proces (Fan et al., 1973), som er delt op i 2 trin, syretrinet og metantrinet, og der foretages en recirkulering over det sidste trin. Sådanne metoder kan muligvis også anvendes ved gasfremstilling på grundlag af halm.

En pH-værdi på ca. 7 anses for at være optimal ved gasproduktion på basis af slam. Som det fremgår af tabel 2, er dette opnået i forsøgsleddet med slam, medens pH i forsøgsleddene med halm har været noget højere, omkring 7,5. Det er således muligt, at en regulering af pH-værdien kan effektivisere gasproduktionen med halm som udgangsmateriale.

For at nå til en sikrere og mere klar forståelse af betingelserne for metanproduktion fra planteaffald som halm, og for at nå til en

styring af denne er såvel indgående bakteriologiske undersøgelser som biokemisk forskning over optimering af processens faktorer nødvendige. En sådan forskning kan bidrage til klarlægning af de anaerobe processer i naturen.

Konklusion

En metode til udvikling af metangas fra halm-pulver er beskrevet. En praktisk produktion kan indebære en mulighed for at udnytte overskudshalm på en miljømæssig tilfredsstillende måde, dels fordi den udviklede metangas er meget ren, og dels fordi affaldsproduktet repræsenterer en vis gødningsværdi, idet der tilsættes kvælstof, og de let omsættelige kvælstoffri forbindelser er fjernet.

Endvidere kan det anføres, at affaldsproduktet ikke frembyder smittefare eller risiko for toksisk virkning fra tungmetaller og andre skadelige stoffer, hvilken risiko er til stede, når der anvendes kloakslam.

ERKENDTLIGHED

Ved forsøgenes udførelse har laborant *Marianne Sørensen* medvirket.

Litteratur

- Akademiet for de tekniske videnskaber*. Beretning fra udvalget for biologisk gasfremstilling. Beretning nr. 21. 1953. 16 s.
- Fan, L. T., Erickson, L. E., Baltes, J. C. and Shah, P. S.* (1973): Analysis and optimization of two-stage digestion. Jour. Water Pollution Control Federation. 45 (4), 581-610.
- Fenger, Bent* (1971): Biologiske rensningsanlæg – Biologi og biologiske processer. Stads- og havneingeniøren, nr. 3-5, (1970), nr. 5 (1971), ialt 22 s.
- Møller, Finn* (1971): Halmens bjergnings- og udnyttelsesmuligheder, Jordbrugsteknisk Institut, Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole. Meddelelse nr. 17, 1-140.

Manuskript modtaget den 11. juli 1974