

# Gashæfni kúamykju og möguleikar metanvinnslu í Eyjafirði

Svanhildur Ósk Ketilsdóttir og Þóroddur Sveinsson  
*Landbúnaðarháskóli Íslands*

## Útdráttur

Metanframleiðsla íslenskrar kúamykju var mæld og mat lagt á það hvað hægt sé að framleiða mikið metan ( $\text{CH}_4$ ) í einni miðlægri stöð í Eyjafirði. Metanframleiðslan var breytileg á milli 8 kúabúa og flokka nautgripa (mjólkandi kýr, geldkýr eða geldneyti) á þremur kúabúum. Mældist framleiðslan frá 226 til 303 ml  $\text{CH}_4 \text{ g}^{-1}$  lífrænt þurrefni (LPE) á milli bóa og frá 176 til 284 ml  $\text{CH}_4 \text{ g}^{-1}$  LPE eftir flokkum nautgripa, mest hjá kúm í byrjun mjaltaskeiðs og minnst hjá geldkúm. Þessar niðurstöður benda til þess að gæði íslenskrar kúamykju til metanframleiðslu séu mikil ef tekið er mið af erlendum niðurstöðum.

Framleiðslugeta miðlægrar metanstöðvar í Eyjafirði er jafnmikil eða meiri en margra miðlægra stöðva, sem eru í rekstri í Evrópu í dag. Til þess að ná þessari framleiðslugetu þyrftu þó nánast allir mjólkurframleiðendur í Eyjafirði að leggja til mykju til stöðvarinnar.

## Inngangur

Metan verður til við loftfirrt niðurbrot sem á sér stað víða í náttúrunni þar sem súrefni ( $\text{O}_2$ ) er ekki til staðar eins og á sjávarbotni, botni ferskvatns, í mýrum, hverum og í vömbum jörturdýra. Við niðurbrotið sundra bakteríur lífrænu efni til að framleiða orku sem er nauðsynleg fyrir efnaskipti þeirra og metan og koltvíoxíð ( $\text{CO}_2$ ) eða lífgas, eru lokaafurðir þess ferils. Loftfirrtu niðurbroti má lýsa í fjórum skrefum og einkennist hvert þeirra af lífsstarfssemi ákveðinna bakteríuhópa (Seadi, 2000b). Þessi skref eru vatnsrof, sýrumyndun, ediksýrumyndun og gasmyndun. Í fyrsta skrefinu eru fjölliður eins og prótein, kolvetni og fita brotin niður með hjálp ensíma í sykrur, aminosýrur og fitusýrur. Í öðru skrefinu sjá bakteríur um að brjóta efnin í fyrsta skrefinu frekar niður í lífrænar sýrur (própiónsýru, smjörsýru og ediksýru), vetni (H), koltvíoxíð og alkóhól. Í þriðja skrefinu brjóta ediksýrubakteríur lengri lífrænar sýrur og alkóhól niður í ediksýru, H og  $\text{CO}_2$ . Að lokum mynda metanbakteríur  $\text{CH}_4$  og  $\text{CO}_2$  úr H,  $\text{CO}_2$  og ediksýru (Birna S. Hallsdóttir & Björn H. Halldórsson, 1998). eru þar á ferð tveir mismunandi hópar metanbaktería, annar nýtir ediksýruna og hinn  $\text{H}_2$  og  $\text{CO}_2$  (Jørgensen, 2009).

Möguleg gasframleiðsla úr lífrænum úrgangi fer eftir eiginleikum og magni massans sem nýta á í vinnsluna. Gæði búfjáraþurðar til metanframleiðslu eru breytileg, bæði innan og milli búfjártegunda, þau fara eftir magni og samsetningu lífrænna efna í áburðinum. Til að auka afrakstur og þar með bæta hagkvæmni gasvinnslu er ýmsum öðrum hentugum lífrænum úrgangi frá landbúnaði og eða iðnaði oft blandað saman við búfjáraþurðinn. Með þeim hætti er auk þess verið að bæta í ferlið næringarefnum sem að annars færu til spillis (Mitterleitner, 2000). Oftast er þó nauðsynlegt að lífmassinn sé í grunninn byggður á búfjáraþurði því hann hefur jákvæð áhrif á stöðugleika ferilsins vegna þess að hann inniheldur mikið af snefilefnum, myndar rétta seigju og kjöraðstæður fyrir metanbakteríur (Gunnlaugur Friðbjarnarson, 2001).

Margar rannsóknir hafa verið gerðar á gashæfni kúamykju erlendis og er þá oftast verið að skoða mun á gasmyndun milli gripa eftir því hvar þeir eru staddir á mjaltaskeiðinu og eða hvernig þeir eru fôðraðir. Niðurstöður ýmissa rannsókna á metanframleiðslu úr kúamykju má sjá í 1. töflu. Rannsóknirnar eru ekki allar framkvæmdar nákvæmlega eins þó í flestum sé notast við svokallaða lotu (*batch*) aðferð. Notast er við mismunandi hitastig, gerjunartími er breytilegur og magn smits er mismunandi. Í sumum rannsóknum er smit aukið til að stytta tímann að endapunkti gasframleiðslu en það getur þó aukið ónákvæmni rannsókna.

**1. tafla.** Niðurstöður ýmissa erlendra rannsókna á metanframleiðslu nautgripa ( $1 \text{ CH}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ LPE}$ ).

Mt ± st.frv.	Gerjunartími (dagar)	°C	Flokkur nautgripa/nyt/fóðrun
100	110	35	Kýr/gróffóður (smári + steinefni) <sup>a</sup>
124	110	35	Kýr/kjarnf. og vothey (maís) <sup>a</sup>
150	110	35	Kýr/kjarnf., gróffóður og steinefni <sup>a</sup>
207 ± 6	110	35	Kýr/kjarnf., gróffóður, bygg og steinefni <sup>a</sup>
161 ± 3	110	35	Kýr/kjarnf., vothey (smári+maís) og steinefni <sup>a</sup>
296 ± 26	153	30	Kýr/hefðbundin fóðrun ( <i>conventional feed</i> ) <sup>b</sup>
234 ± 36	153	30	Kýr/lífræn fóðrun ( <i>organic feed</i> ) <sup>b</sup>
286 ± 18	153	30	Kýr/aðkeypt fóður ( <i>commercial food</i> ) <sup>b</sup>
137	60	38	Kýr/lágmjólka 1/hey og vothey <sup>c</sup>
132	60	38	Kýr/lágmjólka 2/hey, vothey og maís vothey <sup>c</sup>
166	60	38	Kýr/meðalmjólka 1/hey, vothey og maís vothey <sup>c</sup>
143	60	38	Kýr/meðalmjólka 2/hey og vothey <sup>c</sup>
126	60	38	Kýr/hámjólka 1/hey, vothey og maís vothey <sup>c</sup>
159	60	38	Kýr/hámjólka 2/hey og vothey <sup>c</sup>
233 ± 20	100	35	Kýr <sup>d</sup>
184	17	53	Kjötframleiðslu gripir <sup>e</sup>

<sup>a)</sup> Møller, Sommer, & Ahring, 2004.

<sup>b)</sup> Vedrenne o.fl., 2008.

<sup>c)</sup> Amon o.fl., 2007.

<sup>d)</sup> Lehtomäki, Huttunen & Rintala, 2007.

<sup>e)</sup> Omar o.fl., 2008.

Það finnst lífgasvirkjanir víða í heiminum en tæknistig þeirra er mjög breytilegt, að hluta til vegna aðstæðna svo sem stærð búa og veðurfars en eflaust einnig að hluta til vegna fjármagns. Í Asíu hafa til að mynda verið reknar frumstæðar, handvirkar lífgasvirkjanir í marga áratugi. Hátækni virkjanir hafa hins vegar ekki verið reknar nema í 20-25 ár í Evrópu. Tækniþróunarstig annars staðar í heiminum liggur þarna einhvers staðar á milli. Ástæður fyrir starfrækslu lífgasvirkjana eru einnig breytilegar eftir heimshlutum. Megin ástæðan í Kína og Indlandi er til dæmis að framleiða orku til að nýta við eldamennsku og lýsingu, lífmassinn sem eftir verður er síðan nýttur á ræktunarlönd. Þar sem völ er á annarri ódýrri orku eins og í Arabíu hefur megin ástæðan þar verið að minnka lyktarmengun og fá góðan áburð. Í Vestur Evrópu hefur ein helsta driffjöðrin hins vegar verið nauðsynjar á að þróa endurnýjanlega orku til að draga úr gróðurhúsaáhrifum, auk þess sem bændur sjá sér hag í þessu (Fischer & Krieg, 2001). Virkjun metans er ekki óþekkt hér á landi og hefur Metan hf í samstarfi við Sorpu bs rekið gasvinnslu- og gashreinsikerfi í Álfsnesi frá árinu 2003.

Niðurstöðurnar sem hér eru kynntar eru úr MS verkefni Svanhildar Ósk Ketilsdóttur (2010) og er hluti af NÁL (nýting á lífrænum úrgangi) verkefni Landbúnaðarháskóla Íslands (LbhÍ). Meginmarkmið MS-verkefnisins er að auka þekkingu á möguleikum metanvinnslu úr kúamykju á Íslandi og leita á svára við eftirfarandi spurningum:

- Hver eru gæði íslenskrar kúamykju til metanframleiðslu.
- Hvað getur mykja á Eyjafjarðarsvæðinu framleitt mikið metan í einni miðlægi stöð.

- Hverjar eru nauðsynlegar forsendur fyrir slíkri stöð.

Verkefnið er styrkt af orkusjóði Orkuveitu Reykjavíkur og Alcoa.

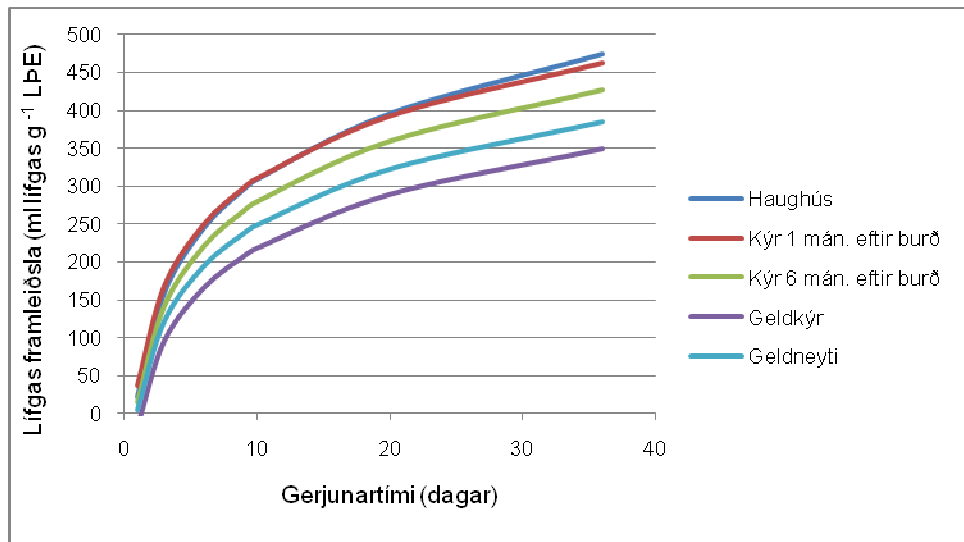
## Efni og aðferðir

Alls voru tekin 60 sýni, 16 mykjusýni úr 8 haughúsum og 44 skítasýni beint frá gripum. Sýnataka fór fram í apríl og maí vorið 2008. Sýni úr haughúsi voru tekin á 8 bæjum með mismunandi afurðastig, tvö sýni á hverjum bæ. Auk þess voru á þremur af þessum bæjum, Möðruvöllum (básafjós), Stóra Ármóti (básafjós) og Hvanneyri (lausagöngufjós) tekin skítasýni frá kúm um einum mánuði frá burði, kúm um 6 mánuðum frá burði, geldkúm og geldneytum. Hámarks gashæfni mykju- og skítasýna var ákvörðuð í svokölluðum lotu tilraunum (*batch experiments*) sem voru framkvæmdar á tímabilinu apríl-júní 2009 hjá *Scandinavian Biogas Fuel AB* (SBF) í Linköping í Svíþjóð. Sýnin voru geymd fryst frá því er þau voru tekin þar til mælingar á þeim hófust. Til að meta magn kúamykju sem fellur til í Eyjafirði og metanframleiðslugetu hennar voru unnar upplýsingar úr forðagæsluskýrslum og nautgripaskýrsluhaldi Bændasamtaka Íslands og byggingargögnum Búnaðarsambands Eyjafjarðar og byggingarfulltrúa Eyjafjarðar. Vegalengdir voru mældar í loftmyndagranni Loftmynda ehf (Svanhildur Ósk Ketilsdóttir, 2010).

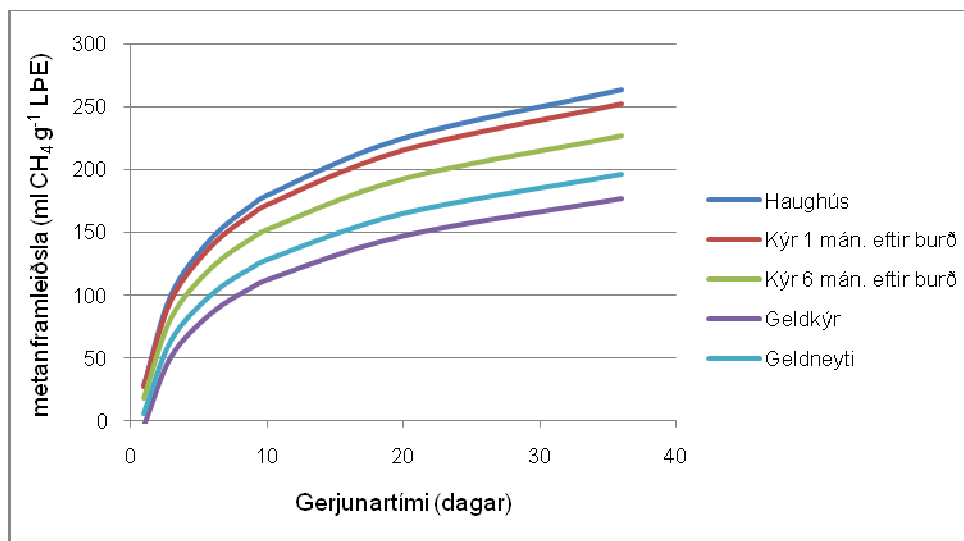
## Niðurstöður og umræður

### Gasframleiðsla

Niðurstöður gasmælinga sýndu að heildar lífgasframleiðsla og hlutfall metans var yfirleitt hærra í mykjusýnunum en í skítasýnunum (1. og 2. mynd). Á myndunum má einnig sjá að þó að heildar lífgasframleiðsla sé svipuð hjá tveimur flokkum t.d. þá getur verið töluverður munur á metanstyrk í gasinu hjá þessum sömu flokkum. Gasframleiðslan í mykjunni og skítunum var breytileg eftir bæjum og í skítunum var framleiðslan einnig breytileg á milli flokka nautgripa, mest var framleiðslan hjá kúm einum mánuði eftir burð eða að meðaltali  $252 \text{ ml CH}_4 \text{ g}^{-1} \text{ LPE}$  en minnst hjá geldkúm  $177 \text{ ml CH}_4 \text{ g}^{-1} \text{ LPE}$ . Í öllum flokkum var framleiðslan langmest fyrstu 10 dagana en eftir það dró úr henni. Eftir 20 daga var hjá öllum flokkum komið 80-85% af heildar metanframleiðslunni þegar miðað var við 36 daga, sem heildar gerjunartíma og  $37^\circ\text{C}$  hita. Frekar lítil en jöfn metanmyndun átti sér stað eftir það og reyndar áfram út mæliskeiðið sem var allt að 56 dagar. Þetta eru svipaðar niðurstöður og Lehtomäki o.fl. (2007) fengu út. Hjá þeim var 88% metanframleiðslunnar komin eftir 20 daga en þar miðuðu þeir þó við mun lengri gerjunartíma eða 100 daga og hitastigið var örlítið lægra eða  $35^\circ\text{C}$ . Meiri hluti metanframleiðslunnar var einnig komin hjá Möller o.fl (2004) eftir 20-30 daga en hjá þeim var heildar gerjunartíminn 110 dagar og hitastigið  $35^\circ\text{C}$ . Bendir þetta til að ekki sé hagkvæmt að hafa gerjunartímann mikið lengri en 30 daga. Í lífgasvirkjunum í Evrópu, sem vinna gas úr búfjáraburði, er gerjunartíminn oftast um 20-40 dagar. Gerjunartíminn fer þó einnig eftir gerð gerjunartanks og hitastigi (Hjort-Gregersen, 1999; Gunnlaugur Friðbjarnarson, 2001). Birna S. Hallsdóttir og Björn H. Halldórsson (1998) benda á að gerjunartíminn taki mið af niðurbrotshlutfalli lífræns efnis. Fræðilega væri hægt að brjóta allt lífræna efnið niður ef ekkert lignín væri í massanum. Það sé hins vegar ekki hagkvæmt þar sem það taki of langan tíma.

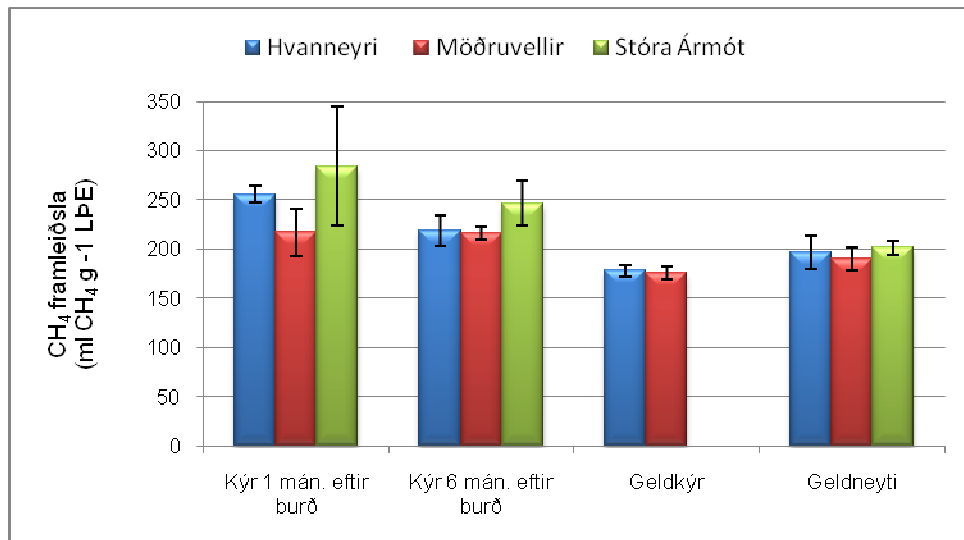


1. mynd. Uppsöfnuð lífgasframleiðsla mykju og skítasýna í mismunandi flokkum.



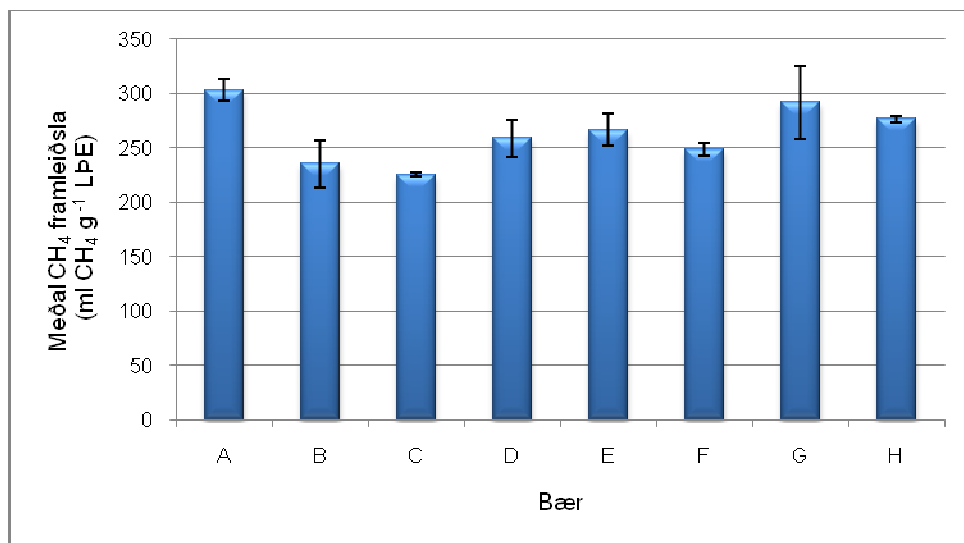
2. mynd. Uppsöfnuð metanframleiðsla í mykju og skítasýnum í mismunandi flokkum.

Þegar skoðaður var munur innan flokka nautgripa eftir fjósum kom í ljós að metanmyndun var sýnu mest úr kúm í fjósinu á Stóra Ármóti, sem voru um mánuð eða 6 mánuðum frá burði en engin sýni fengust í geldkúaflokkinn þaðan (3. mynd). Metanframleiðslan var hins vegar áberandi minnst á Möðruvöllum í flokki mjólkurkúa, sem voru um mánuð frá burði. Munurinn var minnstur milli allra þriggja bæjanna úr skít frá geldneytum og mestur hjá kúm um einum mánuði eftir burð. Líklegast er að skýringin á muninum milli bæjanna liggi í fôðurgerð og fôðurstyrk. Niðurstöður rannsóknarinnar sýndu að skítur úr kúm á fyrri hluta mjaltaskeiðs sem eru að fá orkumesta fôðrið (gróffóður + kjarnfóður), framleiddi meira metan en skítur úr geldkúm og geldneytum. Þetta samræmist því sem að kom fram í rannsókn Møller, o.fl. (2004) og ætti ekki að koma á óvart þar sem mjólkandi kýr eru að fá orkumesta fôðrið og nýta það ekki eins vel og þær, sem að fá orkuminna fôður. Fôðrið fer hraðar í gegnum meltingarveginn og fullmeltist því ekki. Þar af leiðandi er meira af gerjunarhæfu lífrænu efni, sem bakteríur geta unnið úr í mykju mjólkandi kúa heldur en geldkúa.



3. mynd. Munur á metanframleiðslu skíts eftir flokkum gripa og þriggja bæja ásamt staðalfrávikum.

Við samanburð á gashæfni mykju milli bæja kom í ljós að framleiðslan var minnst á Stóra Ármóti (bæ C) eða 226 ml CH<sub>4</sub> g<sup>-1</sup> LPE eftir 36 daga en mest var hún á Hvanneyri (bæ A) eða 303 ml CH<sub>4</sub> g<sup>-1</sup> LPE (4. mynd). Breytileika milli bæja er eflaust hægt að skýra að hluta til með breytilegu magni og gæðum lífrænna efna sem slæðist ofan í haughúsin.



4. mynd. Munur á metanframleiðslu mykju frá 8 kúabúum ásamt staðalfrávikum.

Meðal metanframleiðsla skítasýnanna var 213 ml CH<sub>4</sub> g<sup>-1</sup> LPE sem er töluvert herra miðað við aðrar rannsóknir sem könnuðu framleiðslugetu skíts úr ólíkum flokkum nautgripa. Þar voru meðaltalsgildi til að mynda 148 ml CH<sub>4</sub> g<sup>-1</sup> LPE (Møller o.fl., 2004) og 144 ml CH<sub>4</sub> g<sup>-1</sup> LPE (Amon o.fl., 2007). Metanframleiðsla úr íslensku mykjusýnunum var einnig oftast hærri heldur en niðurstöður annarra rannsókna eða 263 ml CH<sub>4</sub> g<sup>-1</sup> LPE. Niðurstöður annarra rannsókna voru til að mynda 233 ml CH<sub>4</sub> g<sup>-1</sup> LPE (Lehtomäki o.fl., 2007), 234 ml CH<sub>4</sub> g<sup>-1</sup> LPE og 296 ml CH<sub>4</sub> g<sup>-1</sup> LPE (Vedrenne o.fl., 2008). Metanframleiðsla úr mykjusýnum er oftast heldur meiri en úr skítasýnum. Gera verður ráð fyrir að talsverð metanlosun hafi átt sér stað í haughúsum áður en sýni voru tekin, sökum þess mætti ætla að framleiðslugeta LPE í hreinni mykju ætti að vera minni en í LPE úr skít sem er safnað strax eftir að hann kemur frá

gripnum. Líkleg skýring á að þessu er öfugt farið er trúlega sú að talsvert af lífrænum úrgangi, eins og t.d. moð og hey slæðist ofaní haughús og þessi úrgangur hefur mun meiri metanframleiðslugetu en hreinn skítur (Lehtomäki o.fl., 2007). Auk þess sem efnahlutföll í mykju annars vegar og skít hinsvegar eru ekki eins og hugsanlega skapar mykjan betra gerjunarumhverfi en skíturinn fyrir metanbakteríur. Niðurstöður rannsóknarinnar sýna að gæði íslenskrar kúamykju til metanframleiðslu er mikil þar sem metanframleiðsla á g LPE mældist yfirleitt hærrí hér bæði í mykju og skít, en í þeim erlendu rannsóknum, sem skoðaðar voru til samanburðar. Þessar niðurstöður vekja þó óneitanlega upp spurningar er varða fódurgerð, fódursamsetningu og fódurnýtingu íslenskra nautgripa.

### *Gasvinnsla í Eyjafirði*

Heildarfjöldi kúa í Eyjafirði miðað við all bæi, sem höfðu 20 kúr eða fleiri var samkvæmt forðagæsluskýrslu 2006-2007 4.553. Heildarfjöldi geldneyta og kálfa á þessum sömu bæjum var 6.282. Í heildina voru þetta því 10.835 gripir og samkvæmt kúreiningu 7.788 gripir sem deilast niður á 98 bæi. Heildarmagn mykju sem fellur til á Eyjafjarðarsvæðinu er áætlað 139.326 tonn á ári (2. tafla), reiknað út frá áætluðu magni fódurs og meltanleika þess. Miðað var við að þurrefnisinnihald mykju væri 7%, að meltanleiki gróffóðurs væri 70% og meltanleiki kjarnfóðurs og korns 85%. Út frá því fékkst að heildar magn LPE væru 8.777 tonn. Óvissuþættir útreikninganna geta þó m.a. verið fódurnýting (sem er óþekkt), gæði upplýsinga um magn fódurs og það magn mykju sem hlýst af kjarnfóðurgjöf yfir beitartímann, þar sem það magn hefur ekki verið dregið frá ársgjöfinni. Gróffóðurmagn kúabúa var fengið úr forðagæsluskýrslum og reiknað með að allt það fóður nýtist til metanvinnslunnar, líka það sem nýtt er í sauðfé og hross en það er mjög lítil hluti af heildarfóðrinu. Heildarstærð ræktaðs land á bak við framleiðsluna er 4.922 ha ef einungis er miðað við ræktanlegt land á jörðum kúabúanna. Meðalmykjumagn af ha er þá 28,3 t eða 1,8 t LPE. Það er þó vitað að margir heyja víðar en á sínum jörðum og er ha fjöldinn því trúlega vanmetin hér.

**2.tafla.** Áætlað árlegt magn mykju byggt á fódurnotkun samkvæmt forðagæsluskýrslum á 98 kúabúum í Eyjafirði.

Fóðurtegund	Fóður t PE	ME PE <sup>a</sup> %	Mykja t PE	Mykja á ári (7% PE) t	LPE <sup>b</sup> t
Þurrhey	3.428	70	1.028	14.690	925
Vothey	24.955	70	7.487	106.951	6.738
Kjarnfóður	7.210	85	1.081	15.450	973
Korn	1.043	85	156	2.235	141
Alls	36.636		9.752	139.326	8.777

<sup>a)</sup> ME PE = meltanlegt þurrefni

<sup>b)</sup> LPE = lífrænt þurrefni

Þegar miðað er við meðal metanframleiðslu mykju úr haughúsum samkvæmt niðurstöðum rannsóknarinnar, 263 ml CH<sub>4</sub> g<sup>-1</sup> LPE ætti heildar metanframleiðslan á ári að vera 2.312.250 m<sup>3</sup>. Ef ársframleiðslan að magninu til er borin saman við ársframleiðslu miðlægra virkjana í Danmörku skv. samantekt Seadi (2000a) kemur í ljós að framleiðslan er sambærileg við margar virkjanir þar. Flestar gasvinnslur eru þó með einhverskonar samgerjun því búfjáraburður hefur frekar litla gashæfni en er engu að síður nauðsynlegur til að halda réttum stöðugleika í ferlinu.

Ef gengið er út frá því að staðsetning gasvinnslu í Eyjafirði sé á Þveráreyrum í Eyjafjarðarsveit, eru 84% bæjanna og 88% mykjunnar í innan við 50 km fjarlægð frá vinnslustað. Flestir bæirnir, 29%, og stór hluti mykjunnar, 30%, er í 10-20 km fjarlægð (3. tafla). Í töflunni má einnig sjá eldsneytiseyðslu (dísel olía) við flutning á mykjunni, miðað við að mykjan (með 7% þurrefni) sé flutt í vinnsluna og síðan aftur gastæmd heim á býlin. Í flutninga mykjunnar færu þá í heild 119.384 lítrar á ári. Heildar metanframleiðsla á svæðinu 2.312.252 Nm<sup>3</sup> samsvarar 2.497.232 lítrum af bensíni eða 2.266.007 lítrum af díselolíu sé miðað við að úr einum rúmmetra af metani fáiast 1,08 l af bensíni eða 0,98 l af díselolíu. Orkan sem færi í flutninga væri því hlutfallslega lítil miðað við það orkumagn sem hægt væri að framleiða úr mykjunni eða um 5,3% af heildarorkunni sé miðað við díselolíu.

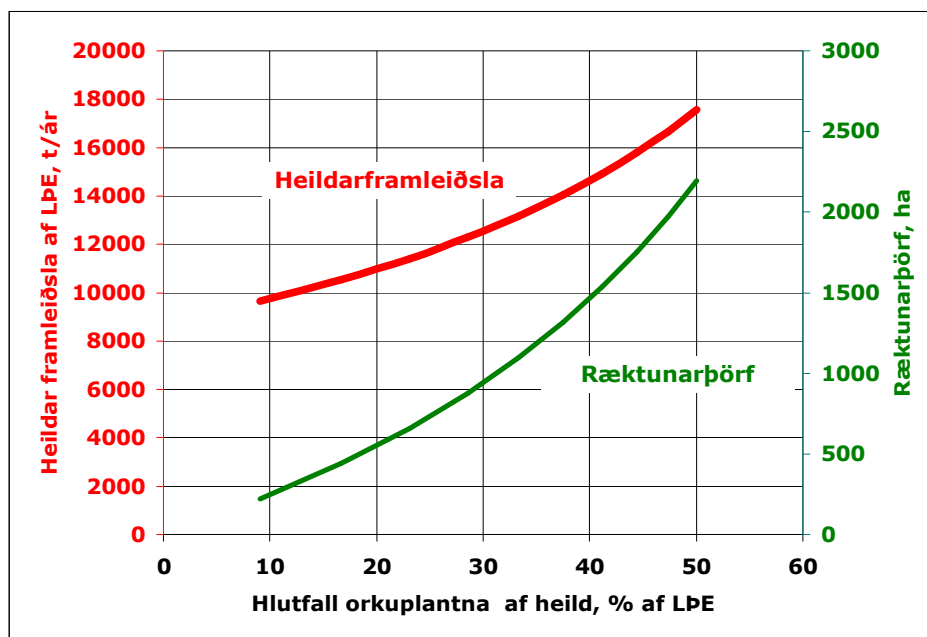
**3. tafla.** Fjöldi bæja í Eyjafirði flokkuðum eftir fjarlægð frá metanvinnslustað og möguleg eldsneytisframleiðsla úr mykju í hverjum flokki að frádreginni eldsneytiseyðslu vegna flutninga.

Fjarlægð frá virkjun km	Fjöldi bæja	Mykja (t)	Hlutfá		Eldsneytis eyðsla l	CH <sub>4</sub> Nm <sup>3</sup>	Bensín- jafngildi l	Dísel- jafngildi l
			Mykja bæja, %	Hlutfall mykju, %				
≤ 10	11	17.714	11	13	3.174	33.6684	363.619	329.950
10-20	28	42.502	29	30	19.778	69.6377	752.087	682.449
20-30	20	30.671	20	22	23.536	489.587	528.754	479.795
30-40	13	16.471	13	12	17.990	232.398	250.990	227.750
40-50	10	14.863	10	11	20.371	245.684	265.339	240.770
50-60	5	6.985	5	5	12.702	118.760	128.261	116.385
60-71	11	10.436	11	7	21.833	192.762	208.183	188.907
<i>Alls</i>	<b>98</b>	<b>139.642</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>119.384</b>	<b>2.312.252</b>	<b>2.497.232</b>	<b>2.266.007</b>

Reikna má með að hér á landi væri hagkvæmara að nýta aðra orkugjafa eins og jarðvarmaorku og eða raforku til að knýja allt ferli vinnslunnar í stað þess að nýta þá orku sem yrði framleidd í vinnslunni. Ástæða þess er að jarðvarmaorka og raforka er ódýrari orka en gas úr lífmassa og nýtingin á þessum orkugjöfum einnig betri. Það er auk þess kostur að geta nýtt alla framleiðslu metans sem eldsneyti í stað jarðefnaeldsneytis, sem hefur sína umhverfislegu kosti (Ásgeir Ívarsson, samtal 15. desember 2009).

Út frá magni og gæðum mykjunnar auk stuttra vegalengda og nálægð við nógu stóran þéttbýliskjarna má álykta að vænlegt sé að reisa metanvinnslu í Eyjafirði enda er þar þéttasta mjólkurframleiðslan á landinu (Kári Gunnarsson, 2009). Nauðsynlegt er þó að gera hagkvæmniútreikninga sem ná til allra þátta til að kanna hvort slík virkjun standi undir kostnaði auk þess að skoða félagslega- og umhverfislega þætti. Einnig má gera ráð fyrir að nauðsynlegt yrði að nýta annan lífrænan úrgang í ferlið eða fara út í ræktun orkuplantna, því ef miðað er við gasvinnslur erlendis er sjaldnast hagkvæmt að vinna eingöngu með mykju. Ekki er ástæða til að ætla að því yrði öðruvísi farið hérlandis þó gashæfni íslenskrar kúamykju virðist ögn meiri en gengur og gerist erlendis. Á 5. mynd má sjá hvernig ræktunarþörf og heildar LÞE framleiðsla á ári eykst með auknu hlutfalli orkuplantna. Við þessa útreikninga er miðað við að úr orkuplöntunum fáiast 4 t af LÞE á ha til metanvinnslu. Ef hlutur LÞE í ferlinu yrði til að mynda aukið um 20% með orkuplöntum þyrfti að rækta orkuplöntur á 549 ha lands (á Eyjafjarðarsvæðinu) sem þýðir að hvert bú (98) yrði að rækta að meðaltali um 5,6 ha af orkuplöntum sem yrði þá um 10% af heildarræktuninni. Þessi viðbót orkuplantna saman við mykjuna myndi auka metanframleiðsluna um u.þ.b. 25% ef miðað er við að mykja framleiði 263 ml CH<sub>4</sub> g<sup>-1</sup> LÞE og orkuplöntur 350 ml CH<sub>4</sub> g<sup>-1</sup>

LÞE. Það er þó vert að hafa í huga að aukning í metanframleiðslu fer einnig eftir hvernig plöntum er bætt í ferlið. Þær plöntur sem að gefa mestu metanframleiðsluna einar og sér auka framleiðsluna ekki endilega mest þegar búið er að blanda þeim saman við mykju, eins og kom fram í rannsókn Lehtomäki, Huttunen og Rintala (2007). Þær plöntur sem að henta best til að auka framleiðslu metans í samgerjun með mykju eru þær sem að innihalda mikið C í hlutfalli við N og hækka þannig C/N hlutfallið í ferlinu og auðmeltanleg kolvetni (sykrur og sellulósi). Tekið skal þó fram að við útreikninga á þessum hugleiðingum er einungis miðað við þann ha fjölda ræktaðs lands sem er á kúabúunum (98) eða 4.922 ha. Allt ræktað land á svæðinu er samkvæmt tunkortum og fasteignaskrá um 8.700 ha.



5. mynd. Aukning LÞE og ræktunar miðað við aukið hlutfall orkuplantna í lífgasframleiðslu. Miðað við að 8.777 t af LÞE komi úr mykju árlega. Meðaluppskera = 4 t LÞE ha<sup>-1</sup>.

Þegar mjólkurframleiðsla á Íslandi er skoðuð nánar með tilliti til metanvinnslu úr kúamykju er trúlega einungis einn staður auk Eyjafjarðar sem mögulegt væri að koma upp miðlægrri lífgasvirkjun og er það í nágrenni Selfoss. Ástæða þess er nálægð við nógu stóran þéttbýliskjarna og mikil mjólkurframleiðsla innan ákveðins rafið frá virkjunarstað. Óhætt er einnig að segja að uppbygging lífgasvirkjunar mundi hafa mikil samfélagsleg áhrif því ef dæmið ætti að ganga upp þyrftu flestir ef ekki allir kúabændur á þessum svæðum að vera með og því nauðsynlegt að þeir sjái hver hagur þeirra yrði með slíkum framkvæmdum. Sem fælist þá fyrst og fremst í betri nýtingu næringarefna og lyktarminni áburði sem auðveldari er í dreifingu auk þess sem hugsanlega væri hægt að minnka kaup á tilbúnum áburði.

## Þakkir

Höfundar vilja færa bestu þakkir til Jóns Guðmundssonar verkefnisstjóra NÁL fyrir yfirlestur og góðar ábendingar, sem og til styrktaraðila verkefnisins sem eru Orkuveita Reykjavíkur og Alcoa.



## Heimildir

- Amon, T., Amon, B., Kryvoruchko, V., Zollitsch, W., Mayer, K. & Gruber, L. (2007). Biogas production from maize and dairy cattle manure - Influence of biomass composition on the methane yield. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 118, 173-182.
- Birna S. Hallsdóttir & Björn H. Halldórsson (1998). *Megas: Metangasvinnsla úr lífrænum úrgangi frá landbúnaði*. Reykjavík: VSÓ.
- Fischer, T. & Krieg, A. (2001). Agricultural biogas plants - worldwide. International Congress, Renewable Energy Sources in the Verge of XXI Century, Warschau, 10.-11. Dezember, 2001.
- Gunlaugur Friðbjarnarson (2001). Biogas: Metanríkt hauggas úr húsdýraúrgangi og öðrum lífrænum hráefnum. Reykjavík: VGK verkfræðistofa, óbirt skýrsla.
- Hjort-Gregersen, K. (1999). Centralised biogas plants - integrated energy production, waste treatment and nutrient redistribution facilities. Frederiksborg: The Danish Institute of Agricultural and Fisheries Economics.
- Jørgensen, P. J. (2009). Biogas-green energy. Skoðað 2. nóvember 2009 á vef Lemvig biogasanlæg: <http://www.lemvigbiogas.com/BiogasPJJuk.pdf>.
- Kári Gunnarsson (2009). Metan úr landbúnaðarúrgangi – Forsendur fyrir staðsetningu gerjunarstöðva á Suðurlandi. BS verkefni í landfræði við Háskóla Íslands, 38 s.
- Lehtomäki, A., Huttunen, S. & Rintala, J. A. (2007). Laboratory investigations on co-digestion of energy crops and crop residues with cow manure for methane production: Effect of crop to manure ratio. *Resources, Conservation & Recycling*, 51, 591-609.
- Mitterleitner, J. (2000). Stand der technik bei biogasanlagen. Skoðað á vef Regierung von Niederbayern: <http://www.regierung.niederbayern.bayern.de/wirfuersie/biogas/Mitterleitner01.pdf>
- Møller, H. B., Sommer, S. G. & Ahring, B. K. (2004). Methane productivity of manure, straw and solid fractions of manure. *Biomass and Bioenergy*, 26, 485-495.
- Omar, R., Harun, R. M., Mohd Ghazi, T. I., Wan Azlina, W. A. K. G., Idris, A. & Yunus, R. (2008). Anaerobic treatment of cattle manure for biogas production. Skoðað 15. ágúst 2009 á vef Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet: <http://www.nt.ntnu.no/users/skoge/prost/proceedings/aiche-2008/data/papers/P130128.pdf>
- Seadi, T.A. (2000a). Danish Centralised biogasplants – plants descriptions. Task 24 Energy from biological conversion of organic waste. Esbjerg: Bioenergy Department, University of Southern Denmark.
- Seadi, T.A. (2000b). Good practice in quality management of AD residues from biogas production. Task 24 Energy from biological conversion of organic waste. Esbjerg: IEA Bioenergy, University of Southern Denmark.
- Svanhildur Ósk Ketilsdóttir (2010). Gashæfni kúamykju og möguleikar metanvinnslu í Eyjafirði. Óbirt MS-ritgerð, Landbúnaðarháskóli Íslands.
- Vedrenne, F., Béline, F., Dabert, P. & Bernet, N. (2008). The effect of incubation conditions on the laboratory measurement of the methane producing capacity of livestock wastes. *Bioresource Technology*, 99, 146-155.