



MANNVIT

METANGASGERÐ AÐ ÞVERÁ

ORKUSJÓÐUR

LOKASKÝRSLA VEGNA STYRKVEITINGA ÚR
ORKUSJÓÐI – STYRKUR NR. 30-2011

VERKNÚMÉR: 7-009-292						
SKJALANÚMÉR: MET-300-E-REP-0001_Lokaskýrsla_01						
NÚGILDANDI ÚTGÁFA: 1.0						
1.0	2015.10.2	Til útgáfu	FI/EG	TG	GHS	Orkusjóður
ÚTGÁFA	DAGS. ÚTG	LÝSING	HÖFUNDUR	RÝNIR	SAMÞYKKT	VERKKAUPI

Efnisyfirlit:

1. Inngangur	1
1.1 Bakgrunnur.....	1
1.1.1 Hvati.....	2
1.2 Umfang.....	2
2. Hráefni	4
2.1 Mykja.....	4
2.2 Lífrænn úrgangur	5
3. Stærð metangasgerðar – fjárfesting.....	6
3.1 Forsendur	6
3.1.1 Flokkun kostnaðarmatsins.....	6
3.2 Sviðsmynd 1 – Mykja og hefðbundin gashreinsun	7
3.2.1 Fjárfesting.....	8
3.3 Sviðsmynd 2 – Núverandi úrgangur og hefðbundin gashreinsun	9
3.3.1 Fjárfesting.....	9
3.4 Sviðsmynd 3 – Aðgengilegur framtíðar úrgangur og fljótandi metan	11
3.4.1 Fjárfesting.....	11
3.5 Samantekt	12
4. Hagkvæmnimat	13
4.1 Forsendur	13
4.1.1 Helstu forsendur um markað og eftirspurn.....	13
4.1.2 Helstu forsendur tekjuáætlunar	13
4.1.3 Hráefni	14
4.2 Gasgerðarstöð.....	14
4.3 Fjárfesting	15
4.3.1 Helstu forsendur fjárfestingaráætlunar.....	16
4.4 Fjármögnun.....	16
4.5 Markaður og eftirspurn.....	17
4.6 Rekstur og tekjur.....	17
4.7 Rekstrarkostnaður.....	18
4.7.1 Helstu niðurstöður.....	18

SKÝRSLA
SKJALANÚMÉR: MET-300-E-REP-0001_LOKASKÝRSLA_01
ÚTGÁFUNÚMÉR: 1.0
VERKNÚMÉR: 7-009-292

4.8	Hagkvæmni	18
4.9	Niðurstöður	19
4.10	Sviðsmyndir	19
5.	Framtíðarsýn	21
6.	Heimildaskrá.....	22

1. Inngangur

1.1 Bakgrunnur

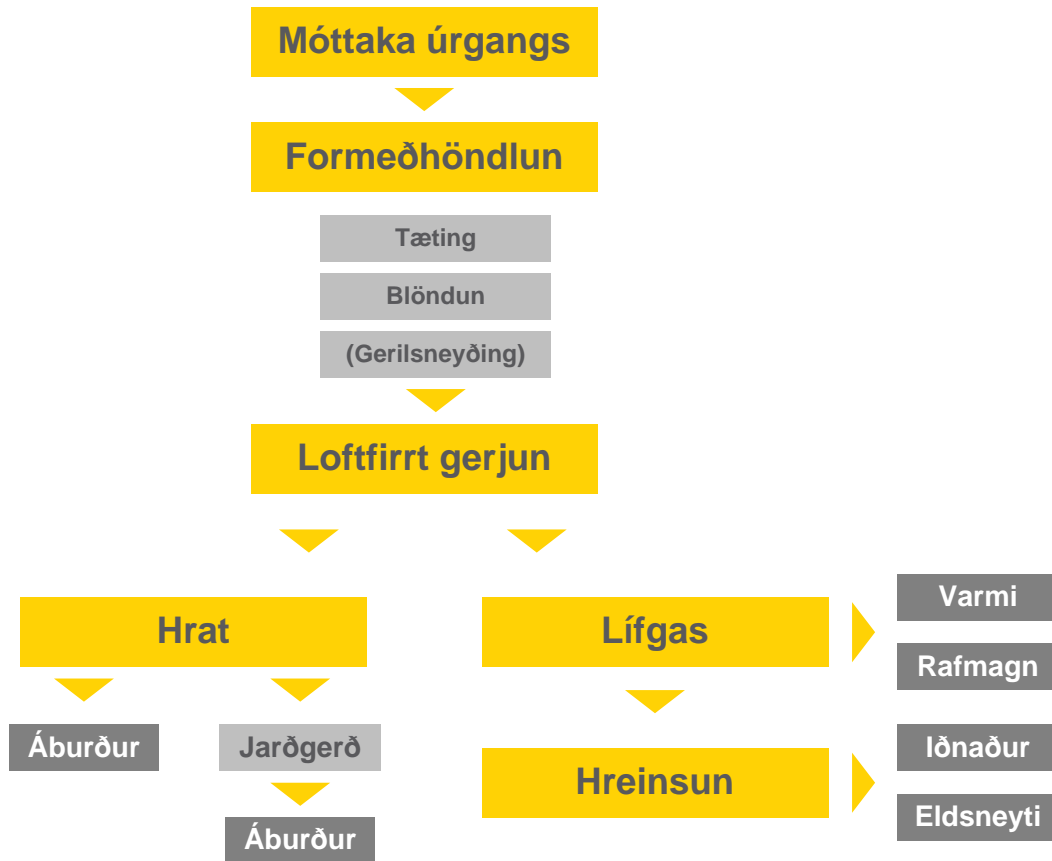
Kveikjan að verkefninu *Metan á Þverá* á er sá aukni áhugi sem kom fram í samfélaginu um nýtingu búfjáraburðar og lífræns úrgangs til eldsneytis og orkuframleiðslu á árunum 2009 og 2010. Masters ritgerð (lokaverkefni í meistaranámi í búvísindum við LbhÍ) Svanhildar Óskar Ketilsdóttur „*Gashæfni kúamykju og möguleikar metanvinnslu í Eyjafirði*“ var verkefnishópnum uppspretta hugmynda og mikilvægra upplýsinga. Það var meðal annars með hliðsjón af því, ásamt staðsetningu jarðgerðarstöðvar Moltu að ákveðið var að ganga út frá því að staðsetning stöðvarinnar verði á Þverá í Eyjafjarðarsveit.

Verkefnið felur í sér að meta hagkvæmni þess að byggja og reka metangasgerðarstöð, í tengslum við jarðgerðarstöð Moltu á Þverá í Eyjafirði, með því að nýta lífrænan úrgang sem til fellur á Eyjafjarðarsvæðinu. Jarðgerðarstöð Moltu hefur verið starfrækt frá því í júní 2009 á Þverá og er hönnuð til að meðhöndla um 10-12.000 tonn af lífrænum úrgangi árlega. Árið 2014 tók Molta við rúmum 7.000 tonnum af lífrænum úrgangi og stoðefnum.

Gasgerðarstöð á Þverá er því talin óhjákvæmilegur hluti af heildarlausn sveitarfélaga á Norðurlandi í úrgangs og líforkumálum. Rekstrargrundvöllur stöðvarinnar byggir á því að sá úrgangur sem nú berst til jarðgerðarstöðvar Moltu verði hluti af hráefni gasgerðarinnar og því nauðsynlegt að leggja áherslu á að nýta þá fjárfestingu sem liggur í jarðgerðarstöðinni í tengslum við þetta verkefni. Í Moltu er möguleiki á samnýtingu formeðhöndlunarbúnaðar sem jarðgerðarstöðin hefur yfir að ráða. Hægt er að samnýta blöndunar- og innmötunarbúnað jarðgerðarstöðvarinnar til formeðhöndlunar úrgangsins áður en hann er gasgerður.

Á mynd 1 má sjá hvernig framleiðsluferlið við metangasgerð gæti verið samansett við hlið jarðgerðarstöðvar Moltu á Þverá. Móttaka úrgangs yrði, að hluta, við Moltu þar sem formeðhöndlun færi fram og svo yrði úrgangurinn sendur í gasgerðarstöð þar sem loftfirt gerjun fer fram sem brýtur niður lífræna efnið og myndar metangas og koldíoxíð, lífgas, við súrefnissnauðar aðstæður. Lífgasið er hægt að hreinsa og framleiða metangas sem má nýta sem eldsneyti á bíla eða til framleiðslu á rafmagni og/eða varma, eða nýta til margskonar iðnaðar. Hratið, eða meltan, er svo nýtileg sem áburður beint eða hægt er að senda það aftur inni í jarðgerðarstöð Moltu og búa til úr því bættan áburð.

Þessi skýrsla var unnið í sameiningu við Moltu ehf, Eið Guðmundsson, Rafeyri, Tækifæri hf. fjárfestingarsjóður og Þverá-golf ehf.



Mynd 1. Framleiðsluferli

1.1.1 Hvati

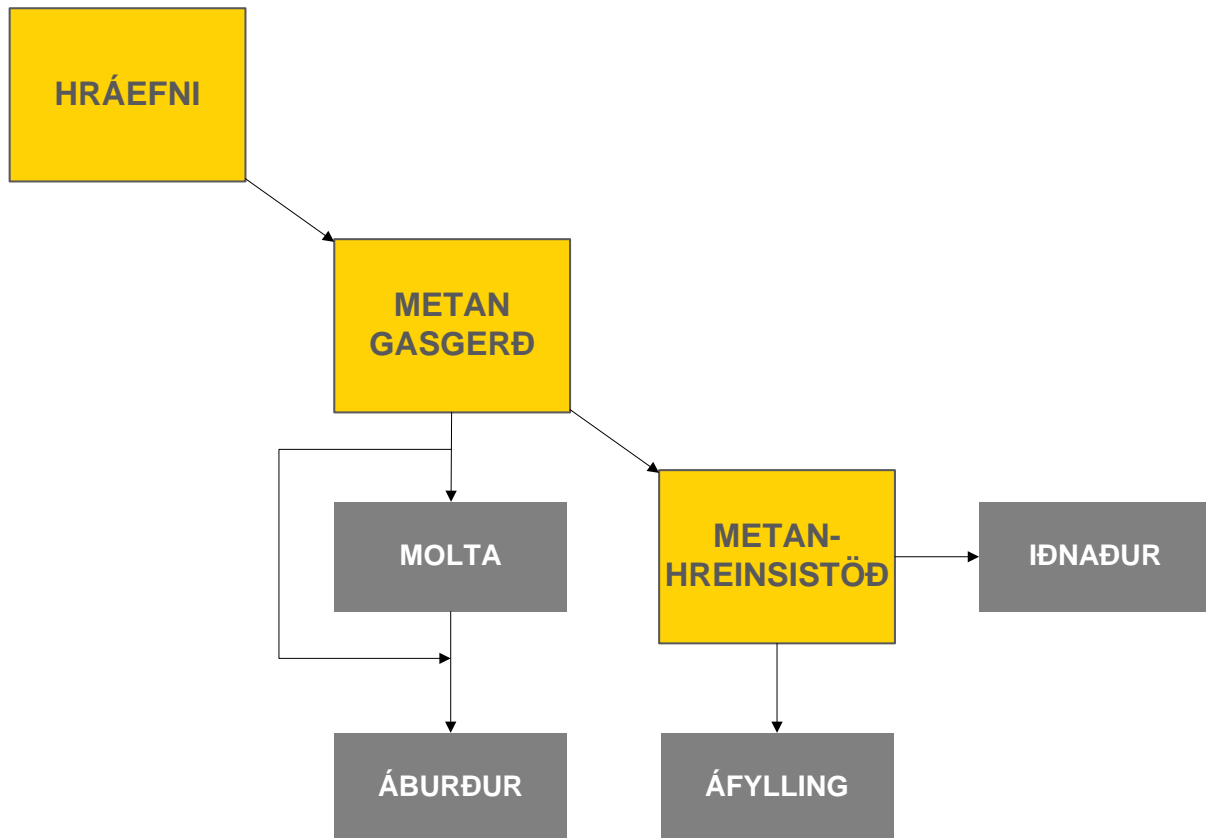
Bændur eru skyldugir til að hafa hauggeymslur að þeirri stærð þannig að hægt sé að safna mykju í a.m.k. sex mánuði, skv. reglugerð nr. 804/1999. En kúabændur hafa haft til 1. júlí 2015 til að koma upp hauggeymslum af rétttri stærð, skv. bráðabirgðaákvæði við reglugerðina. Því er ljóst að bændur þurfa fara í fjárfestingar á hauggeymslum og þar með er kominn hvati fyrir að ráðast í fjárfestingu á miðlægri hauggeymslu með metangasgerð og bændur geta geymt mykjuna og fengið hana betri til baka.

Kostur þess að nýta meltuna/moltuna til áburðar, eftir gasgerð, er að hún er rík af köfnunarefni, fosfór, kalsíum og öðrum bætiefnum og hægt að nýta sömu tæki til áburðardreifingar og með fljótandi mykju. Til samanburðar við mykju hefur meltan hærri áburðargildi vegna hversu einsleit hún er og næringarefnarík, betri C/N hlutfall (lágt hlutfall) og mun minni lykt.

Með tilkomu metangasgerðarstöðvar, ásamt hreinsistöð fyrir metan opnast miklir möguleikar fyrir áframhaldandi metanvæðingu á Íslandi. Áfylling á metani er hafin á nýrri áfyllistöð á Akureyri á vegum Norðurorku. Með tilkomu eldsneytisáfyllingarstöðvar fyrir metan á Akureyri verður hægt að aka á milli Reykjavík og Akureyrar á metangasi, sem er ein forsenda þess að metan verði raunhæfur eldsneytisvalkostur.

1.2 Umfang

Í megindráttum snýst umfang verkefnisins um að meta kostnað við öflun hráefnis, metangasgerð og metanhreinsistöð ásamt mati á hagkvæmni metangasgerðar á þverá.



Mynd 2. Skýringamynd af umfangi verkefnisins.

Stíllt er upp þremur sviðsmyndum við kostnaðarmatið og afmörkun þeirra miðast við öflun hráefnis, metangasgerð og metanhreinsun. Úr því kostnaðarmati er lagt mat á hagkvæmni þess kosts sem verkefnahópurinn telur vert að skoða. Gert er ráð fyrir að metanið yrði afhent á þverá til flutnings til iðnaðar eða á áfyllistöðvar. Meltan getur svo farið í moltugerðina eða beint til bóndans sem áburður, í því tilfalli sem mykja yrði notuð til metangasgerðar.

Sviðsmyndirnar eru eftirfarandi:

- Sviðsmynd 1 – Að nýta mykju sem megin hráefni til metangasgerðar.
- Sviðsmynd 2 – Að nýta núverandi úrgang sem berst til Moltu til metangasgerðar.
- Sviðsmynd 3 – Að nýta núverandi samsetningu úrgangs en m.v. hámarks afköst moltugerðarinnar, 10-12.000 tonn ár ári, en með auknu hlutfalli af fiskúrgangi.

2. Hráefni

Hægt er að nota fjölbreyttan lífmassa til metangasgerðar. Í Evrópu eru algengustu flokkar lífmassa til metangasgerðar¹:

- Húsdýraáburður
- Úrgangur frá landbúnaði og hliðarafurðir
- Gerjanlegur úrgangur úr matvælavinnslu og landbúnaði
- Lífrænn heimils- og rekstrarúrgangur
- Skólp
- Orkuplöntur

Gott aðgengi er að öllum tegundum lífmassa í Eyjafirði. Í tiltölulega stutttri fjarlægð frá Þverá er mikið magn af mykju og nú þegar kemur töluvert magn af lífrænum úrgangi frá matvælavinnslu og heimilum til jarðgerðar í Moltu.

2.1 Mykja

Notkun á mykju sem hráefni til metangasgerðar hefur marga kosti fram yfir önnur hráefni. Mykja inniheldur náttúrulegar loftniðurbrotanlegar bakteríur og hátt hlutfall af vatni sem auðveldar notkun annarra hráefna til blöndunar og dælingar.

Um 84% býlanna og 88% mykjunnar eru í innan við 50 km fjarlægð frá fyrirhugaðri staðsetningu gasgerðarstöðvar á Þverá².

Tafla 1: Fjöldi bæja og magn mykju í mismunandi fjarlægð frá Þverá.

Fjarlægð frá Þverá [km]	Fjöldi bóa	Magn mykju [tonn]	Uppsöfnuð mykja [tonn]
≤10	11	17.714	17.714
10 - 20	28	42.502	60.216
20 - 30	20	30.671	90.887
30 - 40	13	16.471	107.358
40 - 50	10	14.863	122.221

Gashæfni mykju er hins vegar frekar lág sökum þess að mykjan inniheldur lágt hlutfall lífræns þurrefnis (*e. VS – Volatile Solids*) og hátt hlutfall vatns. Því er öðrum lífrænum úrgangi blandað saman við mykjuna til að auka metangasmýndun. Venjulega er fitu- og kolefnaríkum úrgangi með háu C/N hlutfalli blandað saman við, eins og lífrænum heimilisúrgangi, fiskúrgangi, sláturúrgangi, úrgangi frá áfengisbruggun og jafnvel orkuplöntur. Hins vegar getur íblöndun í mykjuna haft áhrif á notkun hennar sem áburðar eftir

¹ Biogas Handbook, University of Southern Denmark Esbjerg, BiG>East project.

² Svanhildur Ósk Ketilsdóttir (2010): Gashæfni kúamykju og möguleikar metanvinnslu í Eyjafirði

gasgerð. Íblöndunarefnin geta innihaldið óæskileg efni sem geta gert meltuna að óhentugum áburði. Því er nauðsynlegt að koma í veg fyrir að inni í ferlið komist óæskileg efni.

2.2 Lífrænn úrgangur

Eins og kom fram í inngangi tók Molta ehf. við rúmum 7.000 tonnum af lífrænum úrgangi. Samkvæmt upplýsingum frá Moltu fóru um 5.900 tonn af mótteknum úrgangi í gegnum jarðgerðastöðina en um 1.200 tonn af gróðri og grasi voru jarðgerð úti í múgum. Skipting móttækis úrgangs 2014 er sýnd í töflu 2.

Tafla 2: Magn lífræns úrgangs sem kom til jarðgerðarstöðvar Moltu 2014.

Tegund úrgangs	Magn [tonn]
Sláturúrgangur	2.260
Fiskúrgangur	24
Lífrænn heimilisúrgangur	1.120
Lífrænn úrgangur frá fyrirtækjum	200
Stoðefni	2.300
Samtals	5.904

Jarðgerðarstöð Moltu er hönnuð til að geta tekið við 10-12.000 tonnum af lífrænum úrgangi og því mun stöðin geta tekið við allt að tvöföldu núverandi magni (2014) sem berst til stöðvarinnar. Því er ráðrúm fyrir stækkunarmöguleika í framtíðinni. Sá möguleiki er skoðaður sérstaklega og gert ráð fyrir að samsetning úrgangsins verði sú sama en mögulega verði hægt að nálgast meira magn af fiskúrgangi. Fiskúrgangur hefur hátt C/N hlutfall og góða metangashæfni.

3. Stærð metangasgerðar – fjárfesting

3.1 Forsendur

Hér er lagt mat á mögulega gashæfni hvers úrgangsflokk fyrir sig ásamt stærðarmöguleikum gasgerðar ásamt forhönnun á framleiðsluferfi fyrir hverja sviðsmynd. Farið er stuttlega yfir lýsingu á hverju kerfi fyrir sig og tegund gasgerðar ásamt gashreinsunar. Í sviðsmyndunum er gert ráð fyrir að metangasið sem framleitt er verði afhent á þverá á gas eða fljótandi formi til flutnings og því er ekki gert ráð fyrir að dæla því á afhendingarstað. Eins er gert ráð fyrir að hráefni til metangasgerðar, í tilfelli mykju, verði flutt af bændum til þverár gegn því að þeir losni við geymslu á mykjunni og fái til baka bættan áburð að gasgerð lokinni. Meltan sem ekki verður nýtt af bændum verður send inn í jarðgerðarstöð Moltu.

Lagt er mat á notkunarmöguleika metangassins til orku- og rafmagnsframleiðslu ásamt fjölda ökutækja sem gætu nýtt metangas sem eldsneyti. Mat á orku- og rafmagnsframleiðslu byggir að lífgasi sé brennt í samþættri varma- og raforkuvinnslu stöð (*e. CHP plant*) þar sem gert er ráð fyrir 33% rafmagnsnýtni og 42% varmanýtni. Við mat á eyðslu og akstri bifreiða var stuðst við eldsneytisspá Orkuspánefndar, sjá töflu 3.

Tafla 3. Upplýsingar um eyðslu og akstur bifreiða.

Eyðsla	[Nm ³ /100 km]	20,7	stærri bíll
	[Nm ³ /100 km]	8,6	Fólksbíllar
Meðalakstur	[km]	24.977	Stærri bíllar
	[km]	12.199	Fólksbíllar
Notkun á ári	[Nm ³ /ár]	5.178	Stærri bíllar
	[Nm ³ /ár]	1.046	Fólksbíllar

3.1.1 Flokkun kostnaðarmatsins

Áætlað er að kostnaðarmatið sé í lægri mörkum í flokki (*e. class*) 4 samkvæmt aðferðarfærði AACE International³ og með vikið á bilinu -15% til +20%.

³ AACE International Recommended Practice No. 18R-97

3.2 Sviðsmynd 1 – Mykja og hefðbundin gashreinsun

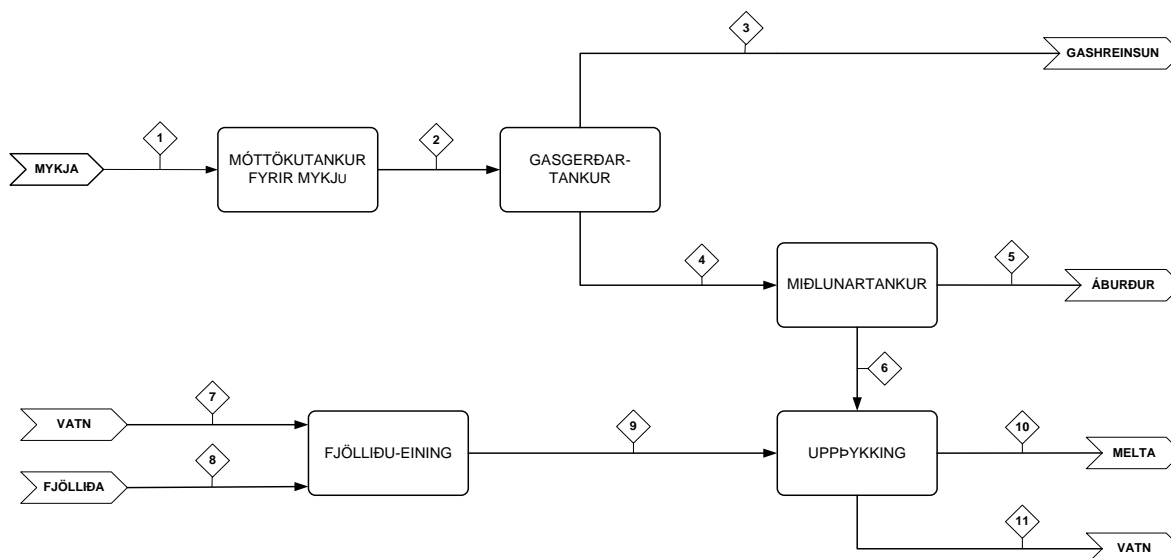
Fram kemur í ritgerð Svanhildar að vinnanlegt magn kúamykju í Eyjafirði sé tæp 140.000 tonn á ári. Sú tala miðar við að hægt væri að ná í mykju í allt að 70 km fjarlægð frá Þverá. Við vinnu verkefnahópsins við kostnaðarmat var ekki talið vert að skoða mykju í lengri fjarlægð en í 50 km frá Þverá í Eyjafirði. Út frá upplýsingum í töflu 1 voru fjórum gasgerðarstöðvum stillt upp og lagt mat á kostnað. Við mat á metanmyndun kúamykju var stuðst við rannsóknir Svanhildar á gashæfni kúa í Eyjafirði og var það áætlað um 16 Nm³ metans á tonn mykju, miðað við 7% þurrefnisinnihald og 5,95% lífrænt þurrefni. Í töflu 4 má sjá stærðir gasgerðarstöðvanna sem skoðaða voru ásamt framleiðslugetu.

Tafla 4. Stærð gasgerðarstöðvar eftir mykju magni

Stærð gasgerðar/ magn mykju	[tonn]	20.000	60.000	100.000	125.000
Metan	[Nm ³ /ár]	320.000	960.000	1.600.000	2.000.000
Magn áburðar*	[tonn]	3.630	10.900	18.170	22.710
Fólksbílar	[fjöldi]	306	918	1.530	1.912
Stærri bílar	[fjöldi]	62	185	309	386
Rafmagn	[MWh/ár]	1.064	3.193	5.322	6.653
Hiti	[MWh/ár]	1.355	4.064	6.774	8.467

*Magn áburðar að lokinni uppþykkingu.

Gert er ráð fyrir að meltan sé þykkt upp til að auka hlutfall fastefnis því hún inniheldur eingöngu 5% fastefni að gasgerð lokinni. Gert er ráð fyrir að hægt sé að hækka hlutfall fastefnis upp í 25% t.d. með svokallaðri fjölliðu-einingu. Sjá má hvernig kerfið er uppbyggt á mynd 3.



Mynd 3. Kerfismynd af gaserð mykju.

Gasgerðarstöðin fyrir mykju er einsþreps gasgerðarstöð með móttökutanki og gasgerðartanki. Stærð þeirra og fjöldi fer eftir hvers stór stöð verður fyrir valinu ásamt vali á rástíma vökva (e. HRT – hydraulic retention time). Við forhönnun á þessu kerfi er gert ráð fyrir HRT sé 30 dagar. Að lokinni gaserð fer meltan í miðlunartank eða meltutank. Þar gefst möguleiki á gassöfnun úr hratinu með eftirgerjun, en

ekki er gert ráð fyrir því í þessu mati. Eins væri hægt að senda meltuna aftur til bóndans á þessu stig en þurrefnisinnihaldið er mjög lágt. Því er gert ráð fyrir að þykkja upp meltuna og skilja frá hluta af meltuvökvanum. Meltuvökvann má nýta frekar sem áburð. Meltuna, að uppþykkingu lokinni, má svo nota sem áburð hjá bændum eða senda hana inn í jarðgerðarstöð Moltu til jarðgerðar.

Lífsgasið er hreinsað með hefðbundinni gashreinsun með svokölluðum vatnsþvotti og fæst um 95-97% metan eftir hreinsun. Góð reynsla er að notkun þessara tækni hér á landi og nýta báðar núverandi hreinsistöðvar (í Reykjavík og á Akureyri) fyrir hauggas slíka tækni. Að lokinni er hreinsun er metansgasið þjappað upp í 250 bar og geymt á gaslager með búnaði til að afhenda metan til flutnings.

3.2.1 Fjárfesting

Hér er gert ráð fyrir að reisa gasgerðarstöð sem tekur á móti mykju til gasgerðar ásamt gashreinsistöð og lager. Innfalið í fjárfestingarkostnaðinum er gasgerðarstöð, hreinsistöð ásamt þjöppu og gaslager, verkfræðikostnaður, leyfis-og skipulagsmál og, annað og ófyrirséð. Í töflu 5 má sjá fjárfestingarkostnað vegna kaupa og uppsetningar á fjórum stærðum af gasgerðarstöðvum ásamt hreinsistöð á Þverá. Aflað var tilboða í stærstu kostnaðarliðina en annar kostnaður var metinn útfrá reynslutölum. Allar kostnaðartölur er án vsk.

Tafla 5. Fjárfestingarkostnaður vegna gasgerðar mykju á Þverá.

Fjárfestingarkostnaður					
Magn mykju	[tonn/ár]	20.000	60.000	100.000	125.000
Magn metans	[Nm ³ /ár]	320.000	960.000	1.600.000	2.000.000
Gasgerðarstöð	[Mkr]	90	158	205	230
Jarðvinna, undirstöður, veitur, uppsetning og fl. ótalið	[Mkr]	15	24	34	36
Hreinsistöð ásamt þjöppu og gaslager	[Mkr]	107	146	172	203
Jarðvinna, undirstöður, veitur, uppsetning og fl. ótalið	[Mkr]	16	26	36	60
Annar tækjabúnaður*	[Mkr]	5	5	6	6
Annað og ófyrirséð (10%)	[Mkr]	23	36	45	54
Hönnun & ráðgjöf	[Mkr]	22	22	22	22
Alls	[Mkr]	278	417	520	611

*Brennari, lyktarbúnaður, loftpressa vegna tækjalofts og annar jaðarbúnaður

3.3 Sviðsmynd 2 – Núverandi úrgangur og hefðbundin gashreinsun

Núverandi úrgangur er samansettur úr lífrænum heimilis- og rekstrarúrgangi, slátur- og kjötúrgangi, fiskúrgangi og garðaúrgangi. Á árinu 2014 var tekið við um 5.000 tonnum af lífrænum úrgangi sem hægt er að nýta í gasgerðarstöð. Úr þessum 5.000 tonnum má fá um 540.000 Nm³ af metani á ári. Allt er þetta úrgangur sem gefur mikið metan af sér við gasgerð, en í töflu 6 má sjá hversu mikið af metangasi hver úrgangstegund gefur.

Tafla 6: Magn lífræns úrgangs sem kom til jarðgerðarstöðvar Moltu 2014.

Tegund úrgangs	Magn [tonn]	Hlutfall	Metanmyndun* [Nm ³ CH ₄ / tonn úrgangs]	Metanmyndun [Nm ³ CH ₄ / ár]
Sláturúrgangur	2.260	46%	108	244.080
Fiskúrgangur	24	<0,5%	182	4.368
Lífrænn heimilis- og rekstrarúrgangur	1.320	27%	137	180.840
Garðaúrgangur	1.200	24%	75	90.000
Pappír	150	3%	130	19.500
Samtals	4.954	100%		538.788

*Byggt á upplýsingum úr „Substrathandbok för biogasproduktion“ – SGC 2009.

Í vinnslu á 5.000 tonnum af lífrænum úrgangi verður notað eins þrepa votvinnsla með gerileyðingu. Gert er ráð fyrir að nýta núverandi formeðhöndlunarbúnað sem er í Moltu, þ.e. hakkara og blöndun, svo hægt sé að lækka fjárfestingarkostnað. Blandan fer svo í gasgerðartank til gasgerðar. Að lokinni gasgerð er meltan send aftur inn í jarðgerðarstöðina til Moltugerðar. Lífgasið er svo hreinsað með hefðbundinni gashreinsun með vatnspvotti svo hægt sé að fá um 95-97% metan eftir hreinsun. Að lokinni er hreinsun er metangasið þjappað upp í 250 bar og geymt á gaslager með búnaði til að afhenda metan til flutnings. Hægt er nýta þetta magn af metani á um 104 stærri bíla og 516 fólks bíla.

3.3.1 Fjárfesting

Hér er gert ráð fyrir að reisa gasgerðarstöð sem tekur á móti 5.000 tonnum af lífrænum úrgangi til gasgerðar ásamt gashreinsistöð og lager. Innifalið í fjárfestingarkostnaðinum er gasgerðarstöð, hreinsistöð ásamt þjöppu og gaslager, verkfræðikostnaður, leyfis- og skipulagsmál og, annað og ófyrirséð. Í töflu 7 má sjá fjárfestingarkostnað vegna kaupa og uppsetningar á slíkri gasgerðarstöð ásamt hreinsisvirki á þverá. Aflað var tilboða í stærstu kostnaðarliðina en annars kostnaður var metin útfrá reynslutölum. Allar kostnaðartölur er án vsk.

Tafla 7. Fjárfestingarkostnaður vegna gasgerðar á 5.000 tonnum af mótteknum lífrænum úrgangi á Þverá.

Fjárfestingarkostnaður		
Magn lífræns úrgangs	[tonn/ár]	5.000
Magn metans	[Nm ³ /ár]	540.000
Gasgerðarstöð	[Mkr]	122
Jarðvinna, undirstöður, veitur, uppsetning og fl. ótalið	[Mkr]	18
Hreinsistöð ásamt þjöppu og gaslager	[Mkr]	127
Jarðvinna, undirstöður, veitur, uppsetning og fl. ótalið	[Mkr]	17
Annar tækjabúnaður*	[Mkr]	5
Annað og ófyrirséð (10%)	[Mkr]	29
Hönnun & ráðgjöf	[Mkr]	22
Alls	[Mkr]	340

*Brennari, lyktarbúnaður, loftpressa vegna tækjalofts og annar jaðarbúnaður

3.4 Sviðsmynd 3 – Aðgengilegur framtíðar úrgangur og fljótandi metan

Þessari sviðsmynd er stillt upp til að skoða þann möguleika ef hægt væri að nálgast meira magn af lífrænum úrgangi en nú berst til jarðgerðarstöðvar Moltu af svipaðri samsetningu og í dag. Að auki ef að hægt væri að nálgast meira magn af fiskúrgangi en kemur til Moltu í dag. Það er gert í ljósi þess að jarðgerðarstöðin er hönnuð til að taka á móti 10-12.000 tonnum af lífrænum úrgangi og því væri hægt að taka það úrgangsmagn og setja í gasgerð. Auk þess að skoða gasgerð á framtíðar magni af lífrænum úrgangi er gert ráð fyrir að beita annarri hreinsitækni og framleiða fljótandi metan. Með framleiðslu á fljótandi metani verður hægt að flytja metanið lengri leið og því opnast stærri markaður fyrir metanið. Einnig nota margar af stærri flutningsbifreiðum fljótandi metan í stað metansgass sem eldsneyti. Í töflu 8 má sjá hversu mikið af metangasi hver úrgangstegund gefur, en hægt væri að framleiða um 1,2 milljónir Nm³ metani á ári úr heildar magninu.

Tafla 8: Magn framtíðar lífræns úrgangs sem kæmi til jarðgerðarstöðvar Moltu.

Tegund úrgangs	Magn [tonn]	Hlutfall	Metanmyndun ⁴ [Nm ³ CH ₄ / tonn úrgangs]	Metanmyndun [Nm ³ CH ₄ / ár]
Sláturúrgangur	3.905	39%	108	421.740
Fiskúrgangur	963	10%	182	175.266
Lífrænn heimilis- og rekstrarúrgangur	2.635	26%	137	360.995
Garðaúrgangur	1.624	16%	75	121.800
Pappír	873	9%	130	113.490
Samtals	10.000	100%		1.193.291

Í vinnslu á 10.000 tonnum af lífrænum úrgangi verður notað eins þrepa votvinnsla með gerileyðingu. Gert er ráð fyrir að nýta núverandi formeðhöndlunarbúnað sem er í Moltu, þ.e. hakkara og blöndun, svo hægt sé að lækka fjárfestingarkostnað. Blandan fer svo í gasgerðartank til gasgerðar. Að lokinni gasgerð er meltan send aftur inn í jarðgerðarstöðina til Moltugerðar.

Lífgasið er svo hreinsað með lághita tækni (*e. cryogenic technology*) þar sem gasið er kælt og þjappað til að fjarlægja CO₂ á vökva formi og í lokin kæla gasið niður í u.þ.b. -190°C og myndar þar með fljótandi metan. Hægt er að fá allt að 99% hreint metan með þessari tækni. Metanið er svo geymt á fljótandi formi og með búnaði til afhendingar til flutnings á fljótandi metani. Annar kostur við þessa lághita hreinsitækni er að ein af hliðarafurðum ferilsins er hreint fljótandi CO₂. Kolsýru á fljótandi formi er verðmæt hliðarafurð sem hægt er að nýta í margskonar framleiðslu og vinnslu.

Fjárfestingarkostnaðurinn í þessari hreinsitækni er a.m.k. tvöfaldur á við hefðbundið vatnspvottakerfi. Kostnaðurinn við að búa til fljótandi metan er dýrasti parturinn af ferlinu.

3.4.1 Fjárfesting

Hér er gert ráð fyrir að reisa gasgerðarstöð sem tekur á móti 10.000 tonnum af lífrænum úrgangi til gasgerðar ásamt gashreinsistöð fyrir fljótandi metan og lager. Innifalið í fjárfestingarkostnaðinum er gasgerðarstöð, hreinsistöð með lághita tækni og gaslager, verkfræðikostnaður, leyfis- og skipulagsmál

⁴ Byggt á upplýsingum úr „Substrathandbok för biogasproduktion“ – SGC 2009

og, annað og ófyrirséð. Í töflu 9 má sjá fjárfestingarkostnað vegna kaupa og uppsetningar á slíkri gasgerðarstöð ásamt hreinsisvirki á Þverá. Aflað var tilboða í stærstu kostnaðarliðina en annars kostnaður var metin útfrá reynslutölum. Allar kostnaðartölur er án vsk.

Tafla 9. Fjárfestingarkostnaður vegna gasgerðar á 10.000 tonnum af framtíðar lífrænum úrgangi á Þverá.

Fjárfestingarkostnaður		
Magn lífræns úrgangs	[tonn/ár]	10.000
Magn metans	[Nm ³ /ár]	1.200.000
Gasgerðarstöð	[Mkr]	174
Jarðvinna, undirstöður, veitur, uppsetning og fl. ótalið	[Mkr]	26
Hreinsistöð ásamt gaslager fyrir fljótandi metan	[Mkr]	402
Jarðvinna, undirstöður, veitur, uppsetning og fl. ótalið	[Mkr]	41
Annar tækjabúnaður*	[Mkr]	3
Annað og ófyrirséð (10%)	[Mkr]	65
Hönnun & ráðgjöf	[Mkr]	22
Alls	[Mkr]	733

*Brennari, lyktarbúnaður og annar jaðarbúnaður

3.5 Samantekt

Það er mat verkefnahópsins að ef hægt er að nálgast kúamykju á bilinu 10-20 km fjarlægð frá Þverá, ásamt því að nýta núverandi magn af lífrænum úrgangi væri hægt að reisa gasgerðarstöð sem getur framleitt 1.500 þús. Nm³-CH₄ á ári.

Með því að nýta kúamykju í grunninn ásamt því að blanda lífrænum úrgangi saman við er unnt að auka gasframleiðslu mykjunnar með íblöndun af fitu- og eða kolefnaríkum úrangi með hátt C/N hlutfall.

Að auki eru flestir bæir, 40%, og stærsti hluti af uppsafnaðri mykju, 43% , í innan við 20 km fjarlægð frá Þverá. Því er orkukostnaður vegna flutninga lágmarkaður verulega og fýsilegt fyrir þá bændur sem búa í nágrenninu að koma með mykjuna á einn stað og sækja að gasgerð lokinni. Þar með spara bændur fjárfestingu í mykjugeymslum sem þeim er nú gert að koma sér upp og fá til baka bættan áburð.

4. Hagkvæmnimat

4.1 Forsendur

Gert er ráð fyrir að sú gasgerðarstöð sem reist yrði á Þverá gæti framleitt 1.500 þús. Nm³-CH₄ á ári. Í þessu hagkvæmnimati er gert ráð fyrir að stöðin verði reist í einum áfanga og að fjárfest verði í hreinsistöð með hefðbundinni vatnþvottatækni með afkastagetu upp á 1.500 þús. Nm³-CH₄ á ári.

Reiknað er með að ákvörðun um byggingu stöðvarinnar verði tekin fyrir árslok 2016. Ákvörðun verður tekin með hliðsjón af stefnumótun um framleiðslu lífræns eldsneytis og áburðar á Eyjafjarðarsvæðinu í tengslum við verkefnið „Bioenergy and organic fertilizers in Rural Areas“ (BofRA). Áætlunin gerir ráð fyrir að hönnunar og skipulagsferli taki um 2 ár og að bygging geti hafist í ársbyrjun 2019, gasgerðarstöðin geti samkvæmt því hafið framleiðslu um mitt ár 2020.

4.1.1 Helstu forsendur um markað og eftirspurn

Áætlunin gerir ráð fyrir að eftirspurn eftir metani sem eldsneyti á ökutæki aukist jafnt og þétt á landsvísi á næstu 10 - 15 árum. Fjölgun ökutækja verði mest fyrstu árin en síðan hægi verulega á henni. Metanafgreiðslustöð tók til starfa á Akureyri í lok ágúst 2014 og áform erum um að opna slíka afgreiðslu stöð í Borgarnesi⁵. Opnun 2 – 4 metanafgreiðslustöðva við Þjóðveg 1 á næstu árum mun gera metan að raunverulegum valkosti sem eldsneyti fyrir ökutæki á landsbyggðinni einnig fyrir ökutæki á höfuðborgarsvæðinu sem nýtt eru til ferðalaga út á land t.d ökutæki ýmissa stofna og fyrirtækja sem og bílaleigubifreiðar. Reiknað er með að samlegðaráhrifin af fjölgun afgreiðslustöðva virki sem hvati á fjölgun metanknúinna ökutækja.

4.1.2 Helstu forsendur tekjuáætlunar

Framleiðsla metans úr hauggasi af Glerárdal fullnægi eftirspurn á Akureyri fram til ársins 2020.

- Að þegar gasgerðarstöðin á Þverá tekur til starfa muni umfram eftirspurn vera rúm 100.000 Nm³ á ári
- Að gasgerðarstöðin á Þverá muni selja allt að 50% af framleiðslu sinni utan Akureyrar til ársins 2028 en þá verði afkastageta stöðvarinnar fullnýtt (sjá töflu 10).

Tafla 10. Áætluð sala frá Þverá í þús. Nm³ á ári

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Áætluð eftirspurn á Akureyri	700	900	1.200	1.400	1.500	1.700	1.800	2.000	2.100
Framboð metans af Glerárdal	600	600	600	600	600	600	600	600	600
Umframeftirspurn á Akureyri	100	300	600	800	900	1.100	1.200	1.400	1.500
Sala utan Akureyrar	100	300	500	500	500	400	300	100	0
Samtals sala frá Þverá	200	600	1.100	1.300	1.400	1.500	1.500	1.500	1.500

⁵ Dofri Hermannsson (2013): Draumur um skít

Í þessu verkefni er gengið út frá að metan verði selt og afgreitt í gasfasa, fljótandi metan er þó líklegri valkostur fyrir stórnotendur s.s. verktaka, flutningafyrirtæki og sjávarútveg. Þar af leiðandi verður sá kostur að framleiða fljótandi metan skoðað í framhaldi af þessu verkefni.

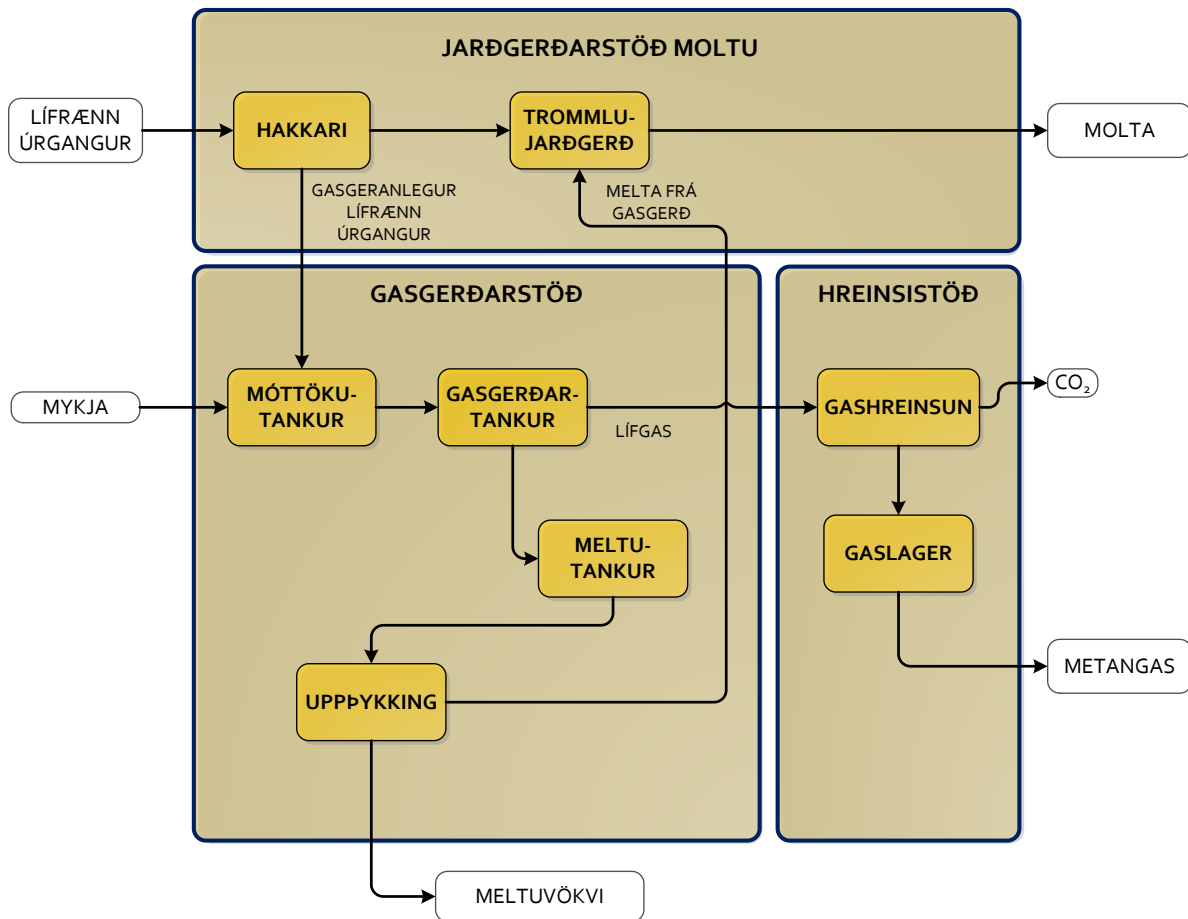
4.1.3 Hráefni

Um 43 þúsund tonn af mykju falla til á búum innan 20 km vegalengdar frá Þverá sjá töflu 1. Auk þess er reiknað með að um 5.000 tonn af blönduðum lífrænum úrgangi berist til stöðvarinnar. Samtals bárust 5.904 tonn af lífrænum úrgangi til vinnslu Molta árið 2014⁶, gert er ráð fyrir nokkurri aukningu vegna aukinnar neyslu en einnig vegna þess að gasgerðarstöð getur boðið mun lægri móttökugjöld en Molta. Þetta hráefni nægir til framleiðslu á um 1.500.000 Nm³-CH₄/ ár þar af um 500.000 Nm³-CH₄/ ár úr lífrænum úrgangi.

4.2 Gasgerðarstöð

Gasgerðarstöðin sem áætlunin byggir á er einspreps gasgerðarstöð og hreinsistöð með afkastagetu sem nemur 1.500 þús. Nm³ á ári, ásamt 5.000 Nm³ gaslager og búnaði til að afhenda metan á flutningsgáma tanka undir 250 bar þrýstingi. Auk þess lagertankur fyrir 5.000 m³ af gasgerðarhrati með möguleika á gassöfnun úr eftirgerjun. Mögulegt er svo að þykkja meltuna upp og send aftur inn í jarðgerðastöðina eða jafnvel afhenda bændum hana ómeðhöndlaða.

⁶ Molta ehf. (2014) magntölubókhald



Mynd 4. Flæðirit yfir fyrirhugaða gasgerðarstöð við hlið Jarðgerðarstöð Moltu.

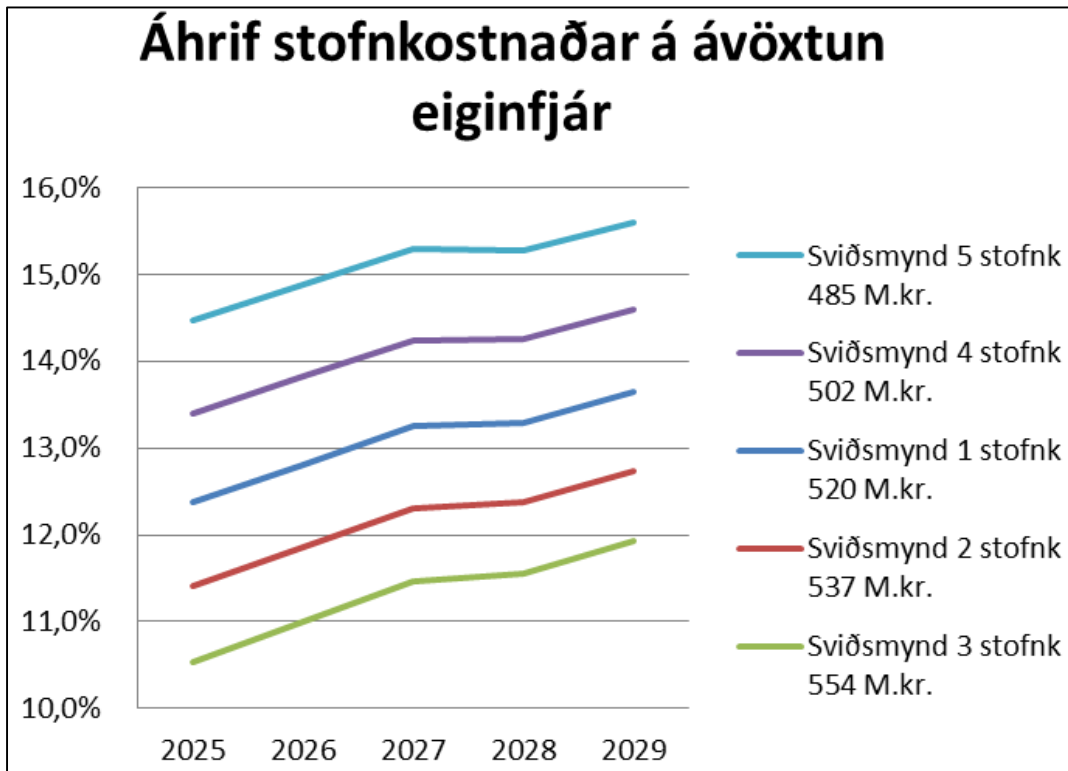
4.3 Fjárfesting

Stofnkostnaður gasgerðarstöðvar á Þverá er talinn vera 520 milljónir króna á verðlagi fyrrihluta 2015. Upphæðir stærstu fjárfestingarliðanna byggja tölum frá Mannviti og Metanorku ehf. Ýmsir aðrir smærri liðir í fjárfestingaráætluninni byggja á reynslutölum frá sambærilegu fjárfestingum (sjá töflu 11).

Tafla 11. Fjárfesting í gasgerðarstöð á Þverá

Fjárfesting	M. kr.
Gasgerðarstöð	239
Hreinsstöð – gasfasi	214
Hönnun og ráðgjöf	22
Annað og ófyrirséð	45
Samtals	520

Í þessu hagkvæmnimati voru skoðaðar 5 sviðsmyndir varðandi heildarfjárfestingu vegna gasgerðarstöðvarinnar. **Sviðsmynd 1:** 520 M.kr.; **sviðsmynd 2:** 537 M.kr. **sviðsmynd 3:** 554 M.kr.; **sviðsmynd 4:** 502 M.kr. og **sviðsmynd 5:** 485 M.kr. (sjá kaflann um niðurstöður).



Mynd 5. Áhrif stofnkostnaðar á ávöxtun eiginfjár.

4.3.1 Helstu forsendur fjárfestingaráætlunar

Við áætlun um fjárfestingu er gert ráð fyrir að tæknibúnaður og mögulega gerjunartankar verði keypt tilbúið, við frekari undirbúning ákvarðanatöku verður það skoðað nánar hvað megi hugsanlega með sparnaði byggja/smíða á staðnum eða á Akureyri.

Áætlun gerir ráð fyrir að hús Moltu sé leigt af Þverá fasteign. Tæki Moltu verði keypt fyrir hlut í gasgerðinni eða Moltu sameinuð rekstrarfélagi gasgerðarinnar.

4.4 Fjármögnun

Stofnkostnaður gasgerðarstöðvarinnar m.v sviðsmynd 1 (grunnáætlun) er áætlaður 520 milljónir króna.

Fjármögnun verkefnisins verður eðlilega af tvennum toga, hlutafé og lánsfé. Hlutfé þarf að nema 40% af fjárfestingunni (208 M. kr.). Reiknað er með 20 M.kr. viðbótarhlutafé til fjármögnunar tapreksturs fyrstu árin og mun hlutafé því nema 225 M.kr.. Af sömu ástæðu mun lánsfjármögnun nema 70% af heildarfjárfestingunni eða 364 M.kr. þar af er gert ráð fyrir hámarksláni frá Byggðastofnun eða 200 M.kr. og önnur lán (bankalán) þyrftu því að nema 164 milljónir króna.

Í þessu hagkvæmnimati voru skoðaðar 4 sviðsmyndir varðandi hlutafjárframlög. **Sviðsmynd 1:** 40% - 208 M.kr.; **sviðsmynd 2:** 30% - 156 M.kr. **sviðsmynd 3:** 25% - 130 M.kr.; **sviðsmynd 4:** 50% - 260 M.kr. (sjá kaflann um niðurstöður)

4.5 Markaður og eftirspurn

Forsendur fyrir þessu hagkvæmnimati eru að eftirspurn eftir metani sem eldsneyti á ökutæki aukist jafnt og þétt á landsvísu á næstu 10-15 árum.

Vegna Evróputilskipunar um að ákveðið hlutfall af heildarsölu eldsneytis sé framleitt úr endurnýjanlegu hráefni mun hvati olúfélaga til að tryggja sér metan til afgreiðslu á eldsneytis stöðvum sínum aukast. Staðan í dag er þannig að N1 er með eina afgreiðslustöð í Reykjavík þá hafa bæst við tvær stöðvar hjá Olís í Reykjavík og ein á Akureyri. Skeljungur (Orkan) opnaði afgreiðslustöð í Reykjavík 8. ágúst 2014. Olís hefur tryggt sér samning um afgreiðslu á metani af Glerárdal og líklegt er að önnur olúfélög t.d. Skeljungur muni tilbúin að kaupa allt það metan sem gasgerðarstöðin á Þverá getur framleitt eða 1.500.000 Nm³ á ári.

Mögulega má gera samning við eitthvert olúfélaganna um fyrirfram kaup á öllu metani sem stöðin getur framleitt næstu 5-10 ár og verður það að sjálfsögðu kannað. Í framangreindum forsendum er hinsvegar gert ráð fyrir að aukið aðgengi að metani leiði til fjölgun metanknúinna ökutækja nokkuð mikil næstu ár. Fjölgun metanökutækja verði mest næstu 5 ár en síðan dragi töluvert úr henni þegar jafnvægi kemst á markaðinn (sjá töflu 12).

Tafla 12. Fjöldi metanökutækja og annarra notenda á Akureyri og nágrenni m.v. forsendur grunnáætlunar.

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Einkabílar	200	300	450	590	740	930	1.020	1.120	1.230
Vörubílar	5	7	10	13	16	19	21	23	25
Aðrir (bílar)	10	13	17	19	21	23	24	25	26

Í þessu hagkvæmnimati eru skoðaðar 5 sviðsmyndum varðandi þróun fjölda metanknúinna ökutækja á markaðsvæði gasgerðarstöðvarinnar **Sviðsmynd 1:** grunnáætlun; **sviðsmynd 2:** 5% yfir grunnáætlun; **sviðsmynd 3:** 10% yfir grunnáætlun; **sviðsmynd 4:** 5% lægri en grunnáætlun. og **sviðsmynd 5:** 10% lægri en grunnáætlun (sjá kaflann um niðurstöður)

4.6 Rekstur og tekjur

Áætlanir um tekjur og rekstrarkostnað stöðvarinnar byggja á heildsöluverðum á metani í upphafi 2015, ásamt því að móttökugjöld vegna úrgangs sem berst til stöðvarinnar verði 50% af núverandi móttökugjöldum Moltu ehf. Rekstrarkostnaður er að mestu áætlaður útfrá reynslutölum og upplýsingum frá sambærilegum rekstri s.s jarðgerðarstöðvar Moltu ehf.

Magntölur byggja á framgreindum forsendum um markað og eftirspurn þ.a.m. að aukin eftirspurn utan markaðssvæðis gasgerðarstöðvarinnar trygg að fullnýta megi afkastagetu hennar frá og með árinu 2025. Tafla 13 sýnir áætlaðar tekjur m.v. sviðsmynd 1 (grunnáætlun) um markað og eftirspurn.

Tafla 13. Tekjur gasgerðarstöðvar á Þverá [M.kr.].

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Metan afhent við hreinsistöð á flöskugámum	15	58	90	112	123	128	128	128	128
Móttökugjöld	6	24	38	47	52	54	54	54	54
Samtals tekjur	21	82	128	159	175	182	182	182	182

4.7 Rekstrarkostnaður

Við áætlun rekstrarkostnaðar gasgerðarstöðvar á Þverá er stuðst við reynslutölur frá sambærilegum rekstri t.d. Moltu ehf. ásamt tölum frá Mannviti og Metanorku ehf. sem viðkomandi hafa aflað sér.

Megin hluti rekstrarkostnaðarinnar er breytilegur kostnaður (87% þegar reksturinn er kominn jafnvægi) sviðmyndir um eftirspurn og markað hafa því töluverð áhrif á rekstrarkostnað stöðvarinnar. Tafla 14 sýnir rekstrarkostnað grunnáætlunar (sviðsmynd 1).

Tafla 14. Rekstrarkostnaður gasgerðarstöðvar á Þverá [M.kr.].

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Breytilegur kostnaður	36	52	72	80	85	87	87	87	87
Fastur kostnaður	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Samtals rekstrarkostnaður	49	65	85	93	98	100	100	100	100

Við áætlun nokkurra kostnaðarliða er treyst á þekkingu f.v. framkvæmdastjóra Moltu ehf., Eiðs Guðmundssonar, sem hann hefur aflað sér í starfi þar og í starfi hjá Orkusetri Landbúnaðarinnar.

4.7.1 Helstu niðurstöður

Niðurstöður rekstraráætlunar frá og með 2025 eftir að fullnýtingu afkasta getu er náð og reksturinn í jafnvægi eru eftirfarandi:

- Framlegð 52,3%,
- EBITDA 45,1%
- Afkoma eftir skatt um 26 M.kr.

4.8 Hagkvæmni

Hagkvæmni þessarar fjárfestingar sem og annarra ræðst af möguleikum hennar til tekjuöflunar og hlutfalli tekna og kostnaðar til framtíðar.

Sagan sýnir að fjármagnskostnaður vegna sambærilegra fjárfestinga hefur oft orðið verkefninu að falli. Öllu máli skiptir því að stofnkostnaður stöðvarinnar verði eins lágur og mögulegt er. Með markvissri vinnu og aðferðafræði er hægt að lækka stofnkostnað tiltekinnar afkastagetu verulega. Metanorku ehf. tókst t.d. á einu og hálfu ári að lækka stofnkostnað hreinsistöðvar úr 170 milljónum niður í ca 55⁷. Það

⁷ Dofri Hermannsson (2013): Draumur um skít

verður því að teljast ráðlegt að leggja verulega vinnu í að kynna sér sambærilegar lausnir í nágrannalöndum og að efla tengslanet við rekstraraðila gasgerðarstöðva og framleiðendur búnaðar. Kostnaður við þá vinnu er líklegur til að skila sér margfalt í lægri fjárfestingu.

Áætlun gerir ráð fyrir að reksturinn skili hagnaði frá og með þriðja heila rekstrarári stöðvarinnar (2023) einnig að afkoma fyrir afskriftir, fjármagnsliði og skatta EBITDA verði jákvæð eða 20% af heildarveltu strax á fyrsta heila rekstrarári en verði 45% þegar reksturinn hefur náð jafnvægi.

Samkvæmt framangreindum forsendum telst þessi fjárfesting „hagkvæm“ Heildar fjárfestingin (520 M.kr.) er 6,4 sinnum EBITDA eftir að rekstur er kominn í jafnvægi, sem verður að teljast viðunandi í þessum rekstri.

4.9 Niðurstöður

Miðað við að forsendur grunnáætlunar gangi eftir er fjárfestingin arðbær og skilar um 14% arðsemi eiginfjár eftir að rekstur er kominn í jafnvægi við fulla afkastanýtingu. Einnig að framkvæmdin, sem er liður í samfélagslegum lausnum í úrgangsstjórnun er sjálfbær jafnvel m.v. svartsýna sviðsmynd.

4.10 Sviðsmyndir

Forsendur þessarar áætlunar eru bundnar töluverðri óvissu, þar af leiðandi eru skoðaðar þrjár samsettar sviðsmyndir: Sviðsmynd - grunnáætlun, sviðsmynd - bjartsýn og sviðsmynd - svartsýn.

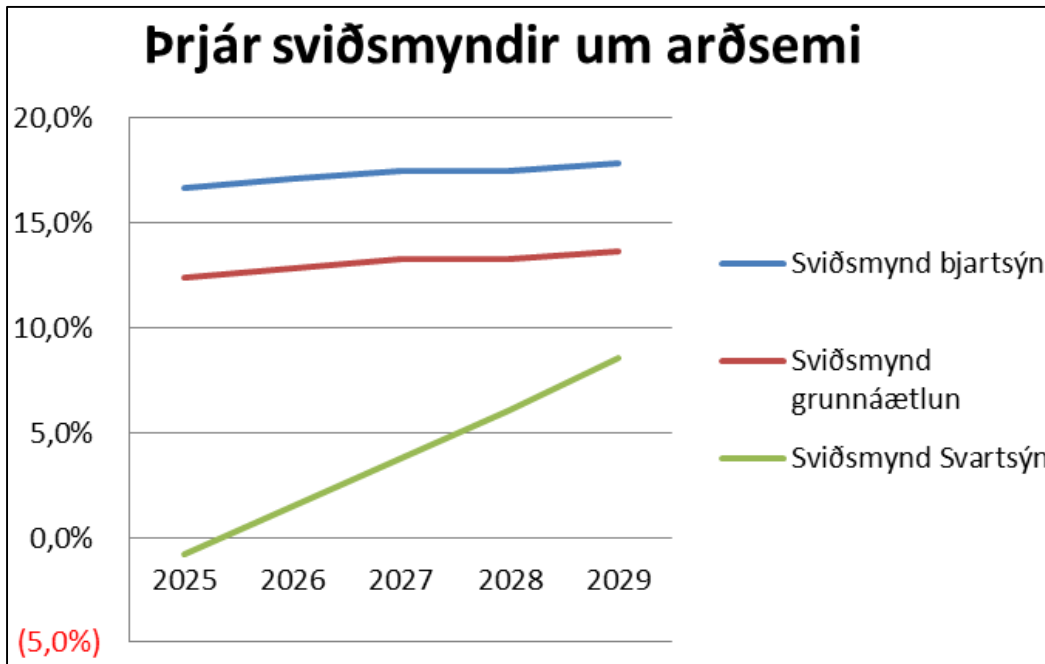
Tafla 15. Samsettar sviðsmyndir.

Breyting á forsendum			
Sviðsmyndir	Svartsýn	Grunnáætlun	Bjartsýn
Eftirspurn (vöxtur metanbílaflota)	-10%	0	+10%
Stofnkostnaður (heildarfjárfesting)	+10%	0	-10%
Móttökugjöld	-10%	0	+10%

Tafla 16. Samanburður á sviðsmyndum.

Sviðsmyndir	Svartsýn	Grunnáætlun	Bjartsýn
Endurgreiðslutími eiginfjár í árum	11	8	6,5
Ávöxtun eiginfjár eftir 5 ár á fullum afköstum (2029)	8,20%	13,60%	17,80%
Endurgreiðslutími verkefnis í árum	15	12	10

Eftirfarandi línurit sýnir ávöxtun eigin fjár á 5 ára tímabili m.v. þrjár framangreindar sviðsmyndir.



Mynd 6. Áhrif samsettra sviðsmynda á mat á arðsemi eiginfjár.

Við útreikning á ávöxtun eigin fjár og ávöxtun verkefnis er ekki gert ráð fyrir ávöxtun á „sjóði“. Ekki gert ráð fyrir skattgreiðslum eða arðgreiðslum til hluthafa.

5. Framtíðarsýn

Með niðurstöðum þessa verkefnis var unnt að sýna fram á hagkvæmni þess að reisa metangasgerðarstöð við hlið jarðgerðarstöð Moltu og nýta til þess kúamykju sem til fellur í nágrenni stöðvarinnar ásamt núverandi magni af lífrænum úrgangi sem berst til Moltu.

Með tilkomu gasgerðarstöðvar við hlið Moltu er kominn vísir að svokölluðu lífmassaveri (*e. Advanced Biorefinery Complex*) þar sem mögulegt er að samþætta framleiðslu jarðgerðar og gasgerðar. Í kjölfarið á þessari vinnu verður hægt að kanna möguleika á að nýta fleiri hliðarafurðir og auka samþættingu enn frekar. Samþætting fleiri framleiðsluferla myndi stuðla að betri nýtingu á aðgengilegum lífmassa og auka eldsneytisheimtur. Kanna verður möguleika á meiri áburðarvinnslu svo hægt sé að bæta áburðareiginleika moltunnar eða meltunnar, þ.a. hægt sé að draga úr notkun á tilbúnum áburði.

Sá kostur sem spennandi er að skoða frekar að breyta metangasinu í fljótandi metan. Slíkur búnaður er mjög dýr en hefur þann kost að hægt er að flytja metanið yfir lengri vegalengd og þar með eykst markaður fyrir metanið enn frekar. Það er mat verkefnahópsins að þann kost verði að skoða enn frekar og verður vonandi gert í framhaldi af þessari vinnu.

6. Heimildaskrá

1. Biogas Handbook, University of Southern Denmark Esbjerg, BiG>East project
2. Svanhildur Ósk Ketilsdóttir (2010): *Gashæfni kúamykju og möguleikar metanvinnslu í Eyjafirði*. Landbúnaðarháskóli Íslands. Lokaverkefni meistaraþrófs í búvísindum
3. AACE International Recommended Practice No. 18R-97. COST ESTIMATE CLASSIFICATION SYSTEM – AS APPLIED IN ENGINEERING, PROCUREMENT, AND CONSTRUCTION FOR THE PROCESS - 2005
4. Substrathandbok för biogasproduction, Raport SGC 200 1102-7371, Svensk Gasteknik Center – Februari 2009.
5. Dofri Hermannsson (2013): *Draumur um skít*. Háskólinn á Bifröst. Lokaverkefni til meistaraþrófs í hagnýtum hagvísindum
6. Molta ehf. (2014) magntölubókhalda
7. Ásgeir Ívarsson (2006) *Hagkvæmnimat fyrir jarðgerðarstöð*. Skýrsla unnin á vegum VGK hf.