

L N G

Fljótandi Metan

Lokaskýrsla



Júlí 2015

Verkefni þetta var styrkt af Orkusjóði

Efnisyfirlit

Bls 1	Forsíða
Bls 2	Efnisyfirlit
Bls 3 - 4	Formáli.
Bls 5	Hvernig verður LNG til
Bls 6	Lagaleg atriði
Bls 7 - 8	Mengunarsamanburður
Bls 9	Alþjóðlegt verð á metan (LNG)
Bls 9	LNG frá Noregi
Bls 10	LNG frá Alsír
Bls 10	LNG frá USA / Kanada
Bls 11	Flutningsmáti flutningskostnaður
Bls 12	Geymslukostnaður á LNG
	Helstu niðurstöður

Formáli

*„It is difficult to make predictions,
Especially about the future“*

Benjamin Disraeli

Formáli framhald.

Notkun á metangasi (Natural Gas) fer vaxandi erlendis en það er jarðefnaeldsneyti (**metan**) með svipað innihald efnafræðilega og það metangas sem framleitt er hjá Sorpu..



Skammstöfunin LNG (Liqified Natural Gas) stendur fyrir ástand þessa orkugjafa þegar búið er að þjappa gasið og kæla það í vökvaform niður í mínus 164°C. Þannig er unnt geyma og flytja fljótandi LNG gas án þrýstings. Rúmmál á orkueiningu einungis 1/600 af því gasið er við loftkennt ástand. Þannig sparast geymslu- og flutningskostnaður - í forminu LNG.

LNG er unnið úr jarðgasi úr borholum olíulinda/gaslinda. Gasið er hreinsað í vinnslustöð, þjappað og kælt niður í mínus 164°C eins og áður sagði. Vegna þess hversu kalt gasið er eru geymsluhylki fyrir gasið oftast úr tvöföldum stálhylkjum með lofttæmingu á milli til einangrunar eins og við þekkjum af „hitabrúsa“ en geymsluhylki á LNG má kalla „kuldabrusa“.

LNG er oft ódýr orkugjafi víða erlendis einkum USA þar sem markaðurinn ræður verðinu (Henry Hub). Mikill verðmunur er á metangasi milli heimsálfa, Verðið er lægst í USA „milliverð“ í Evrópu en verðið er hæst í Japan (SA Asíu)

Brennsla á náttúrgasi mengar mun minna en olía og bensín sem nemur:

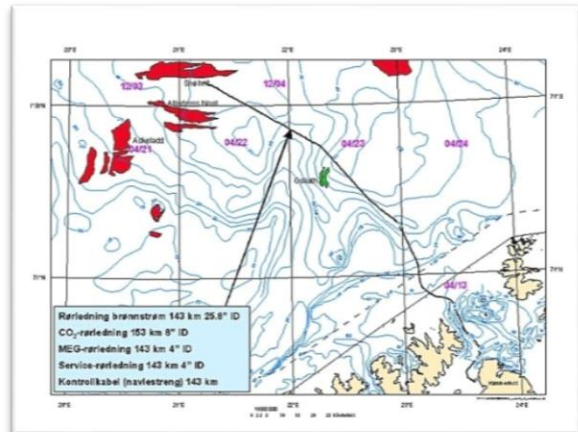
- Mengar 25% minna CO₂
- Mengar 72% minna NO_x
- Ekkert SO₂
- Ekkert sót/óhreinindi
- Ekkert díoxín
- Ekkert blý
- Ekkert kvikasilfur

...en þessi eiturefni eru öll að finna í svartolíu sem dæmi.

Hvernig verður LNG til

Við Hammerfest í Noregi er jarðgas tekið úr borholum út á hafi 143 km frá landi á um 600 metra hafdýpi.

Borað var þar niður á um 2.5 km jarðvegisdýpi, í borholum á svæðinu „Mjallhvít“ 143 km frá landi eins og kortið til hægri sýnir.



Tækni

við neðansjávarlagnir hefur þróast hratt síðustu áratugi og er framleiðniaukning talin hafa verið 20% árlega sem þýðir að ný þekkingin vex mjög hratt í þessum iðnaði.

Leiðslur voru lagðar í land (niðurgrafnar á hafsbotni) 143 km. Gasinu er dælt eftir þessum leiðslum á sjávarbotni, í vinnslustöð á Melkoy sem er eyja 6 km frá Hammerfest í Norður Noregi. Þar tekur vinnslustöð við gasinu, hreinsar, þjappar og kælir gasið í vökvaform mínus 164°C. Þannig er unnt að geyma LNG við andrúmsloftsþrýsting. Þá er orðin til afurðin **LNG** (Liqified Natural Gas) orkuafurð til útflutnings á alþjóðlega markaði.

Gasið er flutt í sérútbúnum skipum með kúlutönkum úr tvöföldu stáli með vacuum milli sem einangrun. LNG - fljótandi metangas er þannig selt á alþjóðamörkuðum, flutt og geymt á áfangastað við þetta kuldastig við lítinn eða engan þrýsting.

Á myndinni sést gasflutningaskipið „Artic Princess“ lesta LNG fljótandi gas til útskipunar fyrir markaði í USA eða Evrópu. Bak við skipið er þjöppunarstöð Statoil og stórir geymslutankar fyrir LNG.

Artic Princess (myndin) er 295 metra langt, lestar 150 þúsund rúmmetra af LNG í hverri ferð og ristir 18 metra við bryggju.



Lagaleg atriði

Lagalegar hliðar mismunandi flokka jarðefnaeldsneyta þarfnast sérstakrar úttektar til að íslensk stjórnvöld og atvinnurekendur geti metið betur, hversu miklir möguleikar kunna að vera til að minnka mengun af notkun jarðefnaeldsneyta á Íslandi - t.d með stefnumarkandi aðgerðum um að nýta LNG til að minnka mengun. Með stjórnvaldsaðgerðum væri hugsanlegt að beina notkun jarðefnaeldsneytis t.d. í innflutt metan (LNG) í stað svartolíu og díselolíu. Sóknarfæri fyrir sjávarútveg væru hugsanlega umtalsverð þar sem mögulegt væri að draga að úr heildarmengun (vegna notkunar jarðefnaeldsneytis) um allt að 70% með notkun LNG miðað við t.d. svartolíu að mati höfundar – sé tekið tillit til „LCA greiningar“ um heildarmengun sé bara tekið tillit til 7 helstu eiturefna/mengandi efna í jarðefnaeldsneyti.

Hér er fyrir neðan er mynd sem sýnir aðalatriði um hvernig vegin heildarmengun er

	gróðurhúsaáhrif, súmun sjávar	eitureáhrif í vatni/sjó, súmun, ofauðgun	áhrif á heilsu fólks	Samtals	Samtals, vegið
LNG	1,0	1,0	1,0	3,0	1,0
LPG	1,1	1,0	1,0	3,1	1,0
gasolía	1,4	3,0	6,9	11,4	3,8
svartolía	1,5	4,2	8,2	13,8	4,6
kol	1,7	11,6	9,6	23,0	7,7

metin í flokkum jarðefnaeldsneyta með **LCA greiningu.**

Ítarlegri efnafræðileg og lagaleg greining málsins kynni að geta skýrt enn betur hvaða kosti stjórnvöld og/eða fyrirtæki á Íslandi gætu átt – ef beitt væri skattalega jákvæðum aðgerðum til að hvetja til minnkun mengunar með aukinni notkun LNG – og þá minni notkun svartolíu, gasolíu. (sjá mynd).

LNG (jarðefnaeldsneytis-metan) mengar minnst og er því áhugaverður valkostur sem „millileið“ til minnkandi mengunar - meðan ekki hefur tekist að finna hagkvæmar leiðir til að framleiða orkugjafa eins og t.d. vetni á viðráðanlegu verði.

Stjórnvöld þyrftu að láta vinna lagalega greiningu um þetta mál og meta þá hvaða möguleikar kynnu að vera til að beita hvetjandi aðgerðum (gulrótum) til að minnka mengun með notkun LNG í stað svartolíu og gasolíu.

Mengunarsamanburður

Með lífferilsgreiningu LCA (Life Cycle Analysis)

Niðurstaða LCA greiningar hlutfallslega mengun orkueiningu (vegið mat): sýnir af

1. **LNG (metan) ... 1,0**
2. **LPG (propan)... 1,1**
3. **Gasolía 3,8**
4. **Svartolía 4,7**
5. **Kol 7,7**

	gróðurhúsaáhrif, súrnun sjávar	eturáhrif í vatni/sjó, súrnun, ofauðgun	áhrif á heilsu fólks	Samtals	Samtals, vegið
LNG	1,0	1,0	1,0	3,0	1,0
LPG	1,1	1,0	1,0	3,1	1,0
gasolía	1,4	3,0	6,9	11,4	3,8
svartolía	1,5	4,2	8,2	13,8	4,6
kol	1,7	11,6	9,6	23,0	7,7

Útskýringar:

Lífferilsgreining (LCA) er tæki til að meta umhverfisáhrif vöru á öllum stigum frá vöggju til grafar. Hún tekur sem sagt til hráefnavinnslu, framleiðslu, dreifingar, notkunar, viðgerða, viðhalds, endurvinnslu og förgunar. Lífferilsgreining er því umfangsmikið og margslungið verkefni, sem tekur langan tíma. Hér er gerð tilraun til að meta umhverfisáhrif mismunandi orkugjafa á einfaldari hátt, þar sem eingöngu er tekið tillit til áhrifa af völdum tiltekinnar loftmengunar vegna brennslu þessara mismunandi eldsneytistegunda. Taka mætti marga fleiri þætti inn í myndina, en því fleiri sem þættirnir eru því flóknaara verður verkefnið. Til að afmarka verkefnið er hér einungis tekið tillit til þriggja mikilvægra mengunarþátta, sem öllum er gefið sama vægi: 1) gróðurhúsaáhrifa og súrnunar sjávar, 2) áhrifa á vistkerfi vatna vegna súrnunar, ofauðgunar og eiturverknar (eiturverkunin tekur einnig til vistkerfa sjávar) og 3) áhrifa á heilsu fólks. Öll umhverfisáhrif eru vegin þannig að eldsneytið sem hefur minnstu umhverfisáhrifin fær einkunnina 1 og hinir orkugjafarnir margfeldi af því í samræmi við umhverfisáhrifin. Við brennslu eldsneytis myndast fjölmörg loftmengunarefni. Hér er eingöngu tekið tillit til koldíoxíðs, brennisteinsdíoxíðs, köfnunarefnisoxíða, ryks/sóts, díoxín, blýs og kvikasílfurs. Stuðlar fyrir losun loftmengunarefna eru teknir annars vegar úr National Inventory Report, Iceland 2014 og hins vegar úr EEA Emission Inventory Guidebook og er stuðst við sjálfgildi þar fyrir eldsneytisbrennslu í iðnaði. Stuðlar fyrir mismunandi umhverfisáhrif loftmengunarefnanna eru fengnir úr samantekt Institute for Environmental Sciences, Leiden University í Hollandi. Samantektin er unnin með hliðsjón af Handbook on Life Cycle Assessment, Operational guide to the ISO standards, Volume 1, 2a, 2b and 3. Þessar niðurstöður má ekki slíta úr samhengi og þær gilda að sjálfsögðu ekki fyrir aðrar forsendur en hér eru gefnar. **Rétt er að ítreka að þessi aðferð gefur einungis mjög grófa mynd og að ekki er um nákvæm vísindi að ræða.** Aðferðin er hins vegar tæki til að raða þessum orkugjöfum með tilliti til umhverfisáhrifa vegna þeirrar loftmengunar sem hlýst af brennslu eldsneytisins.

LNG virðist áhugaverðasti kostur orkugjafa af flokkum jarðefnaeldsneyta ... skv. Þessari LCA greiningu.

Gera mætti ítarlegri LCA greiningu og þá væri unnt að meta um hvaða sóknarfæri kynnu að felast í því fyrir íslensk fyrirtæki að minnka mengun t.d. í sjávarútvegi um allt að 70% með því að nota t.d. LNG í stað svartolíu í fiskmjölsiðnaði, útgerð fiskiskipa

/flutningaskipa - í innanlandsflutningum - vöruflutningum / fólksflutningum almennum iðnaði varaafli fyrir fjarvarmaveitur – gufuframleiðslu í iðnaði o.fl.

Hér erum að ræða valkost sem þarf að skoða mun betur. Segja má að LNG sé áhugaverður kostur sem „millileið“ - verkfæri stjórnvalda / fyrirtækja - til að minna mengun strax - meðan leitað er að varnalegri lausn t.d. með vetni eða öðrum „hreinum“ orkujöfum sem getur tekið áratugi.

LNG virðist ódýrara í notkun en svartolía – og minnkar slit í vélum (engin útgangsefni sem slíta legum) og þannig minnkar viðhald véla og gæði smurolíu verða varanlegri (sjaldnar að skipta um smurolíur).

Samkvæmt drögum að LCA lífferilsgreiningu (Life cycle analysis) sem lýst er á blaðsíðu hér fyrir framan - virðist unnt að nota LCA greiningu til að meta vegin áhrif helstu megandi efna í mismunandi flokkum jarðefnaeldsneyta, með slíkri greiningu.

Drög að mati um vegin áhrif 7 mest mengandi efna í fimm flokkum jarðefnaeldsneytis, LNG (metan) LPG (propangas), gasolíu, svartolíu og kolum sést á myndinni..

	gróðurhúsaáhrif, súrnun sjávar	efturáhrif í vatni/sjó, súrnun, ofauðgun	áhrif á heilsu fólks	Samtals	Samtals, vegið
LNG	1,0	1,0	1,0	3,0	1,0
LPG	1,1	1,0	1,0	3,1	1,0
gasolía	1,4	3,0	6,9	11,4	3,8
svartolía	1,5	4,2	8,2	13,8	4,6
kol	1,7	11,6	9,6	23,0	7,7

Þessi þáttur verkefnis er aðkeyptur í verkefninu frá fyrirtækinu **Environice ehf** en - kostnaður hefur verið greiddur af styrkfjármunum Navitas frá Orkusjóði.

Eiturefni í svartolíu (HFO/IFO 380) eins og brennisteinsoxíð, köfnunarefnisoxíð díoxín,blý og kvikasilfur eru ekki síður skaðleg umhverfinu en CO2 þó CO2 sé aðallega í umræðu varðandi „losunarkvóta“ og mengun. Minnkun mengunar með LNG í stað svartolíu sem dæmi - t.d. með „jákvæðum skattalega hvetjandi aðgerðum stjórnvalda“ er valkostur sem stjórnvöld á Íslandi þurfa að kynna sér betur og hér er talið að það hæti minnkað mengun um allt að 70% miðað við notkun svartolíu en þetta er sagt með fyrirvara þar sem ítarlegri úttekt þarf að fara fram um þetta atriði..

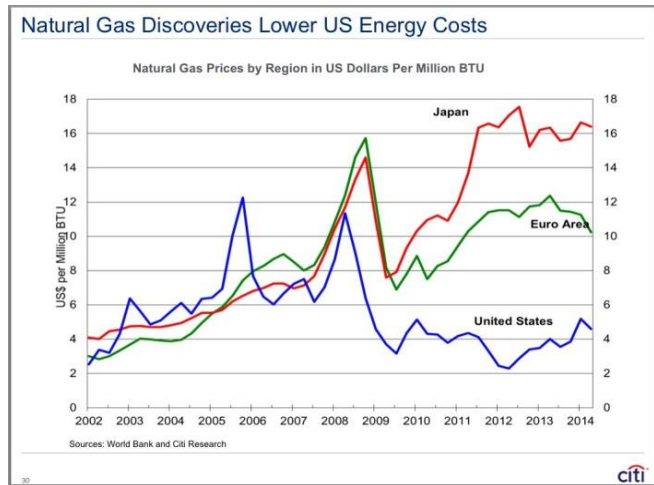
Íslensk fyrirtæki (stjórnvöld með) gætu hugsanlega skapað sér sérstöðu í umhverfismálum með því að taka upp „LCA mengunarbókhalð“ sem gagnagrunn fyrir ítarlegri grænni vottun – marka nýja metnaðarfulla umhverfisstefnu sem sóknarfæri t.d. til að tryggja betur forgang í sölu afurða þeirra fyrirtækja sem tækju upp „LCA mengunarbókhalð“ – og marka stefnu um að auka notkun LNG í stað svartolíu / Marin Diesel / gasolíu.

Verð á LNG.

Heilsöluverð á LNG er mjög mismunandi eftir heimsálfum eins og sjá má af myndinni. Verð á LNG hækkaði mikið í Asíu eftir kjarnorkuslysið í Fukusima Japan 2011).

Hagstæðasta verðið er í USA. Einnig kann að vera mögulegt að semja um innkaup á LNG í Skikda Alsír.

Frekar ólíklegt virðist að unnt sé að kaupa LNG í NW Evrópu en það er þó ekki útilokað.



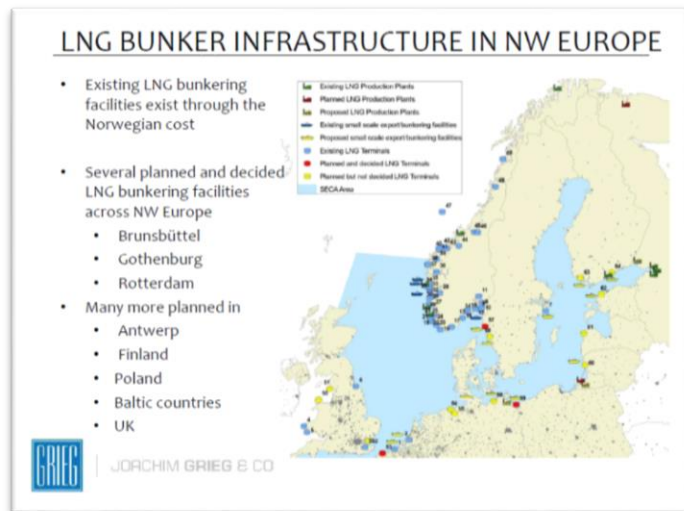
Útflutningur á LNG frá USA hefur ekki verið leyfilegur fyrr en eftir febrúar 2014 vegna strangra laga um orkuöryggi USA. Ekki er kunnugt um LNG sölustöðvar á smærri skip á Austurströnd N-Ameríku en vitað er um aðila á því svæði með þetta í athugun.

LNG frá Noregi:

Í verkefni þessu var mikið horft til Noregs og hvert hugsanlegt verð á LNG gæti orðið með flutningi þaðan. Norðmenn framleiða mikið af LNG og selja á alþjóðamörkuðum. (Statoil og samstarfsfyrirtæki) Stutt sigling er frá Noregi.

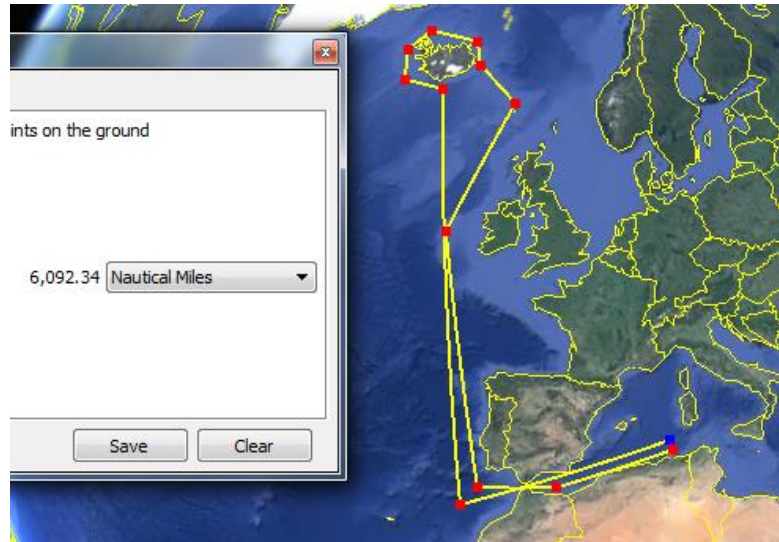
Leitað var til Íslenska sendiráðsins í Ósló með aðstoð um upplýsingar í nóvember 2014. Ekki hefur tekist að afla gagna um hugsanlegt verð á LNG frá Noregi. Áætlað er þá að LNG myndi kosta um 10 MM BTU í Noregi (sjá mynd efst til hægri) og hér er því gert ráð fyrir að svipað verð yrði á LNG frá t.d. Rotterdam sem dæmi.

(*Einhver „olíupólitískur þrýstingur“ kann hugsanlega að skapast.. og er þá átt við að ekki yrði auðvelt fyrir sömu fyrirtæki og selja Íslendingum svartolíu/gasolíu/bensín að fara í „samkeppni“ við hefðbundið eldsneyti á Íslandi – sem tæplega er á áhugasviði þeirra fyrirtækja erlendis sem eru birgjar innflutningsaðila á hefðbundnu eldsneyti.)*



LNG frá Alsír.

Í Sckidka Alsír er LNG stór útflutningsstöð á LNG . Hugsanlega er hægt að semja þar um kaup LNG á hagstæðu verði. Vegalengdin er um 6000 sjómíllur hringurinn. Takmarkað/ óvisst stjórn mála-samband er við þennan heimshluta. Þetta er eigi að síður einn af áhugaverðum valkostum um möguleg innkaup á LNG fyrir Ísland og Færeyjar.



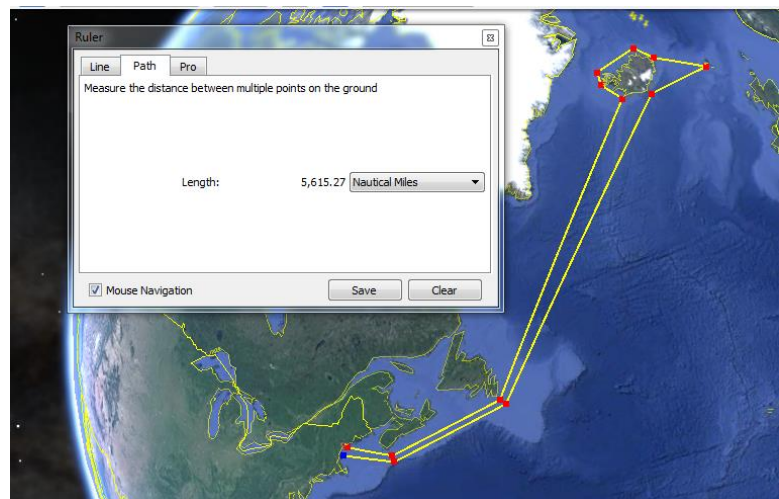
LNG frá USA / Kanada

Ekki er vitað um staði þar sem komnar eru aðstæður á austurströnd USA eða Kanada til að lesta í minni skip LNG.

Nokkrir aðilar á Austurströnd USA virðast með þetta í athugun. Telja verður þetta áhugaverðan kost – svo framarlega sem einhver „olíu-pólitískur þrýstingur“ kemur ekki í veg fyrir slík viðskipti.

Sömu eigendur eru oft að olíufélögum og gasfyrirtækjum (LNG) og seljendur á olíu hafa eðlilega takmarkaðan áhuga á að skapa aðstæður - til að lækka verð á eldsneyti almennt en LNG er ódýrasti orkugjafi jarðefnaeldsneyta í USA.

Niðurstaðan er að það sé áhugaverður möguleiki að leita frekari leiða til að flytja LNG til Íslands og Færeyja á næstu árum- með arðsömum hætti.



Flutningsmáti - flutningskostnaður

Tímafrekt hefur reynst að finna út hugsanlegan flutningskostnað á LNG með skipi til Íslands / Færeyja. (LNG gámar virðast of kostnaðarsamur flutningsmáti)



Fyrir vali varð athugun á kostnaði við svipað skip og **Coral Methane** sem var smíðað í Póllandi 2006 - og tekur 7500 M3 af LNG. Slíkt skip gæti kostað c.a. USD 30 Millj.

Flest smærri LNG skip virðast í fastleigu seljendum LNG og slík skip virðast því ekki í framboði á almennum skipaleigumarkaði.

Leitað var til reynslubolta í rekstri flutningaskipa á Íslandi um hvernig reikna mætti út líklegan flutningskostnað á LNG til Íslands miðað við nýtt 7500 M3 LNG skip af svipaðri stærð og Coral Methane.

Niðurstöðu þeirra útreikninga sýna að flutningskostnaður á LNG t.d. 6000 mílna vegalengd (hringurinn) með skipi svipað af stærð og Coral Methane ætti tæplega að koma í veg fyrir flutning á LNG til Íslands - en þá sagt með fyrirvara um frekari athugun málsins..

Ekki er vitað um möguleg FOB verð á LNG erlendis í Evrópu eða USA . Sala á LNG frá USA til Evrópu er háð sérstökum leyfum stjórnvalda í USA vegna löggjafar „orkuöryggi USA“ o.fl.

Geymslukostnaður á LNG

Geymslukostnaður verður alltaf háður hvað mikið yrði selt yrði árlega á því svæði sem til athugunar yrði hverju sinni..

Minni geymsluhylki - sem mælt er með hér - eru t.d. svolölluð „Thermo hylki“ – eða sama og „hitabrúsi“ nema nú ná kalla þetta „kuldabrusa“ til einföldunar - en þá er geymsluhylkið tvöfalt stálhylki, einangrað með með lofttæmingu (vacuum) en fljótandi Metan er geymt við lágmark mínus -162°C við lítinn þrýsting (0,2 -7 bar).

Mynd af slíkum hylkjum er hér og stærðin getur verið allt að 400 m³ í slíku LNG hylki

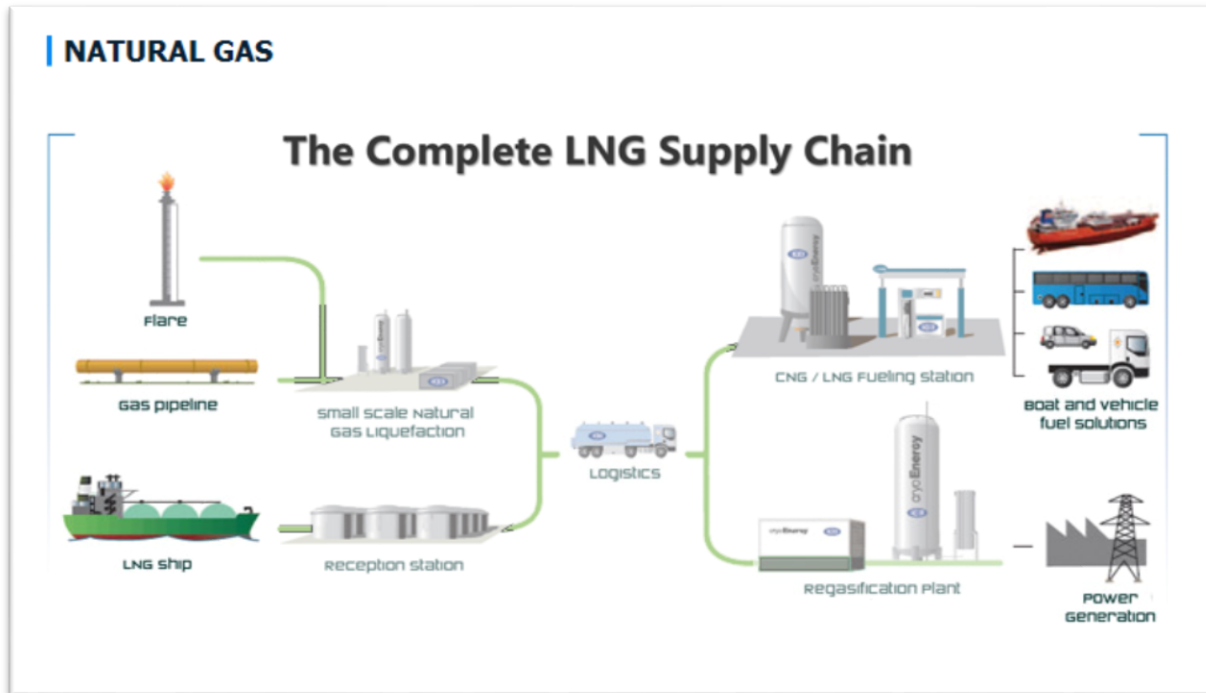
Stofnkostnaður við slík geymsluhylki er talinn kring um 1 EUR/pr.líter fyrir lítinn þrýsting (allt að 7 Bar) Til að koma í veg fyrir

„suðu“ (yfirþrýsting) á LNG í hylkjum þarf annað hvort stöðuga notkun úr hylkinu, - eða kælikerfi til að halda hitastigi vökvans fyrir neðan (mínus) -163°C með kælipressum sem er auðvelt í framkvæmd.

Geymslukostnaður verður alltaf háður því magni sem selst úr slíkum hylkjum en sá kostnaður virðist ætti að vera viðráðanlegur.



Helstu niðurstöður



1. Möguleikar virðast fyrir hendi til að orkugjafinn LNG komi að einhverju leyti í stað annarra orkugjafa jarðefnaeldsneytis á Íslandi, eins og t.d. svartolíu og díselolíu - en slíkt gæti minnkað mengun sjávarútvegsfyrirtækja um allt að 70%. (fyrirvari)
2. Ávinningur af notkun LNG væri möguleg lækkun orkukostnaðar, minna slit og viðhald véla, minni mengun, bætt orkunýting samfara möguleikum um á i „grænni vottun“ afurða til að bæta ímynd og sölu afurða í sjávarútvegi.
3. Til að geta flutt LNG á Íslandi á hagstæðu verði, þarf stærra markaðssvæði. Hér er bent á þann möguleika að efna til samstarfs við Færeysk fyrirtæki og/eða opinbera aðila. Íslenskar fiskmjölsverksmiðjur og færeysk fyrirtæki gætu hugsanlega myndað hagkvæmari einingu sem myndi gera mögulegt að eitt skip gæti þjónað mörkuðum á Íslandi og í Færeyjum t.d. með langtímasamningum (stefnumörkun) færeyskra og íslenskra fyrirtækja.
4. Ef það finnst arðsöm leið til að hefja notkun LNG á Íslandi og Færeyjum, þá myndi strax skapast færir til að vaxandi almennrar notkun á LNG í iðnaði, flutningastarfsemi o.fl. í þessum tveim löndum.
5. Fyrirtæki í sjávarútvegi sem myndi nýta LNG ættu þá möguleika á að skapa sér sérstöðu með t.d. „LCA mengunarbókhalði“ sem gagnagrunn fyrir frekari **grænni vottun** sem hægt væri að nýta til sóknar í umhverfismálum fyrirtækja

og þá sóknarfæri í sölu afurða þeirra fyrirtækja sem tækju upp notkun á LNG orkugjafa í stað svartolíu.

6. Brennsla á Metan (LNG) virðist menga allt að 70% minna en svartolía að mati höfundar – en það er ekki rökstutt hér ítarlegum vísindalegum gögnum umfram þær lauslegu athuganir sem komið hafa fram í skýrslunni. Sem eru:
- 25% minna CO₂
 - 72% minna NO_x (köfnunarefnisoxíð)
 - Ekkert SO₂ (brennisteinsoxíð)
 - Ekkert sót/óhreinindi
 - Ekkert díoxín
 - Ekkert blý
 - Ekkert kvikasilfur
 - Engin önnur mengandi efni eru í LNG (metan)

Höfundur metur það þannig að raunhæfur möguleiki sé að minnka heildarmengunar af notkun jarðefnaeldsneytis um allt að 70% ef notað yrði LNG í stað svartolíu – bar ef tekið er tillit til 7 verstu eiturefna / mengandi efna í þessum orkuvalkostum.

Hér er því mælt er með þessum valkosti – sem „millileið“ í minnkun mengunar af notkun jarðefnaeldsneytis – meðan unnið er að varanlegri lausn.

Niðurstaða er að það virðist áhugavert fyrir íslensk stjórnvöld - og íslensk fyrirtæki - að kanna enn frekar kosti þess að hvetja til notkunar LNG orkugjafa sem jarðefnaeldsneyti - í stað svartolíu og gasolíu sem dæmi.

Mikilvægt er einnig að hugað væri þá betur að því hvaða hugsanleg sóknarfæri (aukaafurðir) gætu skapast fyrir fyrirtæki á Íslandi og Færeyjum með notkun LNG orkugjafa í framtíðinni í stað svartolíu til að

1. Minnka mengun um allt að 70%
2. Spara orkukostnað / rekstrarkostnað vegna slit á vélum
3. Skapa nú sóknarfæri á „grænni vottun“ til að auðvelda sölu afurða auk fleiri kosta..

Verkefni þessu var skilað til Orkusjóðs 3. júlí 2015 – með þökk til Orkusjóðs fyrir stuðninginn við gerð þessarar skýrslu um hugsanlega notkun LNG á Íslandi og í Færeyjum.

Kristinn Pétursson (sign)