



## Forkönnun á aukinni notkun endurnýjanlegra orkugjafa við Faxaflóahafnir

Verkefni unnið fyrir hönd Faxaflóahafna, Orkuveitu Reykjavíkur, Veitur ohf og Reykjavíkurborgar

Höfundur: Darri Eypórsson, M.Sc. Umhverfisverkfræði



## Efnisyfirlit

Efnisyfirlit .....	1
Helstu niðurstöður .....	2
Ágrip .....	3
Inngangur .....	4
Umhverfismál Faxaflóahafna .....	5
Útstreymi gróðurhúsalofttegunda í höfn .....	5
Raforkunotkun .....	6
Framtíðarhorfur í hafnarmálum .....	7
Löggjöf um mengandi starfsemi í höfnum .....	7
Alþjóðleg þróun .....	8
Parfaggreining raforkukaupenda .....	9
Innlend fiskiskip .....	9
Skemmtiferðaskip .....	10
Flutningaskip .....	11
Tankskip .....	11
Rannsóknarskip .....	11
Önnur skip og bátar .....	12
Samantekt .....	12
Aðrir kostir í samdrætti gróðurhúsalofttegunda .....	13
Sala á heitu vatni .....	13
Orkuskipti tækjabúnaðar Faxaflóahafna .....	13
Endurhönnun dreifikerfis .....	14
Hönnun núverandi dreifikerfis .....	14
Straumur .....	14
Spenna .....	14
Tíðni .....	15
Álag á dreifikerfi Veitna .....	15
Lausleg kostnaðaráætlun .....	15
Kostnaðarskilvirkni aðgerða .....	16
Samantekt .....	19
Næstu skref .....	20
Heimildaskrá .....	21
Viðauki A – Útreikningar .....	0



## Helstu niðurstöður

- Mælt er með að Faxaflóahafnir útbúi útstreymisbókhald fyrir viðskiptavinum sína
- Mælt er með að Faxaflóahafnir bæti upplýsingum um umhverfismál viðskiptavina sinna í Grænt bókhald fyrirtækisins
- Kortleggja þarf þörf skipa fyrir raforku og sundurliða vænta orkuþörf eftir núverandi og væntum tengipunktum við hafnirnar.
- Út frá þarfagreiningu þarf að uppfæra tengibúnað við hvern tengipunkt svo unnt verði að sinna þörfum allra viðskiptavina.
- Sundurliða þyrfti kostnaðarskilvirkni uppbyggingar á hverjum tengipunkti fyrir sig svo unnt sé að forgangsraða fyrirhugaðri uppbyggingu.
- Skýra þarf kostnaðarpátttöku hagsmunaraðila fyrir fyrirhugaða uppbyggingu.
- Við endurhönnun rafdreifikerfis þarf að hafa samráð við helstu viðskiptavinum hafnanna og áætla framtíðar orkuþörf þeirra m.t.t. endurnýjunar skipaflota og tækjabúnaðar.
- Meta þarf áhrif löggjafar sem skylda myndi skip til að tengjast landorkukerfum og bera saman við áhrif núverandi reglugerða.
- Niðurstöður benda til að verulega megi draga úr útblæstri mengunarefna á hafnarsvæðum með landtengingum eða sem nemur um 3,9% af heildarútstreymi frá sjávargeiranum.
- Miklum árangri mætti ná í að draga úr útblæstri staðbundinna mengunarefna með því að skilgreina ECA svæði innan íslenskrar lögsögu.
- Niðurstöður benda til að kostnaðarskilvirkni landtenginga sé í meðallagi miðað við aðra kosti í samdrætti útstreymis gróðurhúsalofttegunda sem hafa verið til skoðunar undanfarið.
- Auknar landtengingar auðvelda stjórnvöldum að standast markmið sín í loftlagsmálum í samræmi við alþjóðasamninga, s.s. Parísarsamkomulagið
- Auknar landtengingar greiða fyrir frekari uppbyggingu íbúðarbyggðar í grennd við hafnarsvæði.



## Ágrip

Hafnarstarfsemi almennt er umsvifamikil og veldur talsverðri mengun, bæði á hnattvísu og í nærumhverfi hafna. Engu að síður eru siglingar einn umhverfisvænsti valkostur sem völ er á, samanborið við ferðir á lofti eða landi. Helstu möguleikar hafnaryfirvalda og stjórnvalda til að draga úr mengun skipa við höfn er að auka notkun skipa á landtengingum við landorkukerfi sem kemur í staðinn fyrir keyrslu ljósavéla. Í þessu verkefni voru kannaðar forsendur fyrir aukinni sölu á raforku til skipa við Faxaflóahafnir. Þá var áætlaður umhverfislegur ávinningur af slíkum aðgerðum, sem og metinn kostnaður við endurbætur dreifikerfis Faxaflóahafna og Veitna ohf. Loks var metin kostnaðarskilvirkni aðgerðanna og hún borin saman við aðra kosti í samdrætti á útblæstri gróðurhúsalofttegunda sem eru til skoðunar hjá stjórnvöldum til að mæta skuldbindingum þjóðarinnar gagnvart alþjóðlegum loftslagsáttmálum, s.s. Parísarsamkomulaginu.

Niðurstöður gefa til kynna að umhverfislegur ávinningur af auknum landtengingum við Faxaflóahafnir geti orðið verulegur. Væri unnt að tengja öll skip sem að höfnunum koma myndi það leiða til samdráttar um 17,5 kt af CO<sub>2</sub> ígildum árlega, eða sem nemur um 3,9% af heildarútstreymi frá íslenska sjávargeiranum; aukinheldur myndu aðgerðirnar draga úr útstreymi SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> og svifryks. Slíkar aðgerðir myndu leiða til þess að raforkunotkun í rafdreifikerfi hafnanna myndi allt að sjöfaldast, en árleg raforkusala ykist úr um 4.300 MWh í um 29.000 MWh. Slíkar aðgerðir myndu krefjast aukinnar orkuöflunar í raforkukerfinu sem nemur um 3 MW og ljóst er að þær krefjast endurskoðunar á rafdreifikerfi Faxaflóahafna, sem og flutningskerfi Orkuveitunnar. Lausleg kostnaðaráætlun gefur til kynna að kostnaður við þessar aðgerðir sé verulegur og umfram það sem tekjur af raforkusölu geta staðið undir. Niðurstöðum ber saman við erlendar rannsóknir sem sýnt hafa fram á að til þarf að koma opinber stuðningur til að ná megi þeim umhverfislega ávinningi sem í aðgerðunum felst.

Kostnaðarskilvirkni aukinna landtenginga var metin og sýnt fram á að kostnaður við samdrátt á útblæstri gróðurhúsalofttegunda yrði um 6.300 ISK/kg CO<sub>2</sub> ígilda. Samanburður við aðra kosti sýnir að kostnaðarskilvirkni uppbyggingar fyrir auknar landtengingar sé í meðallagi og það sé vel samkeppnishæf aðgerð, miðað við margar aðrar loftslagsaðgerðir sem hafa verið til skoðunar undanfarið. Niðurstöður verkefnisins gefa til kynna að auknar landtengingar við Faxaflóahafnir geti verið fýsileg leið fyrir íslensk stjórnvöld til að standa við alþjóðlegar skuldbindingar sínar og draga úr heildarútstreymi gróðurhúsalofttegunda frá Íslandi. Þá myndi meðfylgjandi samdráttur í útstreymi staðbundinna loftmengunarefna styðja við skipulagsáform bæjaryfirvalda um aukna blöndun hafnarstarfsemi við þjónustusvæði í grennd við íbúðarbyggð.



## Inngangur

Siglingar eru nátengdar þróun mannlegra samfélaga. Hafa umsvif þeirra farið vaxandi frá örófi alda og útlit er fyrir að sú þróun muni halda áfram í fyrirsjáanlegri framtíð. Sjóflutningar anna í dag um 90% af alþjóðlegum vöruflutningum og eru valdur að um 2,2% af útstreymi gróðurhúsalofttegunda á heimsvísu. Þó svo að umhverfisáhrif sjóflutninga séu mikil, eru þau hverfandi samanborið við umhverfisáhrif land- og flugflutninga þegar borin er saman losun gróðurhúsalofttegunda á hvert kíló af farmi (SSI, 2015). Það er því ljóst að siglingar eru nauðsynlegar hagkerfi heimsins og að engir aðrir umhverfislega fýsilegri kostir til vöruflutninga eru í sjónmáli. Umtalsverð rannsóknar- og þróunarvinna hefur verið unnin til að draga úr umhverfisáhrifum siglinga, þá einna helst með aukinni notkun endurnýjanlegra orkugjafa (UNCTAD, 2015).

Meðal helstu lausna sem hafa verið rannsakaðar undanfarin ár er notkun vindorku með ýmsum tegundum segla og/eða vindorkuhverflum, notkun sólarorku með sólarcellum, notkun vetnis eða vetnisbera á efnarafala sem geta komið í stað ljósavélar í skipum; loks má nefna notkun lífeldsneytis, s.s. lífdísils, í stað hefðbundins jarðefnaeldsneytis (Mofor et al, 2015). Hérlandis hafa verið gerðar tilraunir með notkun lífdísils í trillur og báta, en fyrirtækið Orkey ehf. hefur staðið fyrir framleiðslu lífdísils úr notaðri steikingarolíu. Almennt er litið svo á að fyrstukynslóðar lífeldsneyti geti ekki annað nema mjög litlum hluta orkuþarfar skipa eða flutningageirans; þegar svo framleiðslan er í beinni samkeppni við matvælaframleiðslu er notkun eldsneytisins mjög umdeild. Þó svo að ýmsir kostir séu til skoðunar í orkuskiptum í skipum, eiga sjálfbærar siglingar enn þá langt í land. Talið er að fljótast megi ná árangri með aukinni notkun hreinna eldsneytis og tenginga við landorkukerfi þegar skipin eru í höfn (Theodoros, 2012). Eru því helstu leiðir stjórnvalda og hafnaryfirvalda til að draga úr mengun frá skipageiranum til skamms tíma þær að hvetja til aukinnar notkunar umhverfisvænna eldsneytis í höfn, annað hvort með lögum og reglugerðum eða með hagrænum hvötum.

Faxaflóahafnir sf. er opinbert sameignarfélag í eigu Reykjavíkurborgar, Akranesskaupstaðar, Hvalfjarðarsveitar, Borgarbyggðar og Skorradalshrepps. Eins og nafnið gefur til kynna fer félagið með umsýslu og rekstur hafna við Faxaflóa en til þeirra telja Gamla höfnin og Sundahöfn í Reykjavík ásamt höfnunum við Akranes, Borgarnes og Grundartanga. Hjá Faxaflóahöfnum er virk umhverfisstefna og leggur fyrirtækið mikla áherslu á umhverfisvitund og umhverfismál í rekstri sínum og tengdri starfsemi. Starfsemi sem fram fer á svæðum Faxaflóahafna er umsvifamikil og veldur eins og gefur að skilja talsverðri mengun í námunda við hafnarsvæði, bæði beint og óbeint. Það er vilji Faxaflóahafna að draga eins og unnt er úr neikvæðum umhverfisáhrifum af hafnsækinni starfsemi til að bæta umhverfi hafnanna, sem og að auðvelda stjórnvöldum að uppfylla markmið sín í tengslum við alþjóðasamninga sem snúa að mengunarvörnum, svo sem Parísarsamkomulaginu sem undirritað var í desember síðastliðnum. En í sóknaráætlun Íslands í loftslagsmálum sem var lögð fram í aðdraganda Parísarsáttmálans kemur meðal annars fram það markmið Íslendinga að draga úr losun koldíoxíðs (CO<sub>2</sub>) í sjávarútvegi um 40% fyrir árið 2030, miðað við útblástur á árinu 1990 (Umhverfisstofnun, 2015).

Stefna Faxaflóahafna og markmið þessa verkefnis er að kortleggja möguleika á að draga úr útblæstri gróðurhúsalofttegunda frá rekstri fyrirtækisins og tengdri starfsemi. Slík vinna getur auðveldað stjórnvöldum að forgangsraða verkefnum í loftslagsmálum, svo beina megi athygli að þeim verkefnum sem mestum árangri skila á sem skilvirkastan máta. Ákveðið var á samráðsvettvangi Faxaflóahafna, Veitur, Reykjavíkurborgar og Háskóla Íslands að hefja vinnu við að kanna fýsileika mögulegra leiða til að draga úr útstreymi frá hafnsækinni starfsemi við Faxaflóahafnir. Eru niðurstöður þeirrar vinnu birtar í þessari skýrslu.

## Umhverfismál Faxaflóahafna

Faxaflóahafnir leggja áherslu á að hafa forystu í umhverfismálum og hafa til þess markað umhverfisstefnu fyrir fyrirtækið (Faxaflóahafnir, 2011). Markmið fyrirtækisins í umhverfismálum er að draga úr neikvæðum umhverfisáhrifum frá starfseminni og vinna stöðugt að úrbótum í umhverfismálum hafnanna. Faxaflóahafnir gefa árlega út grænt bókhald fyrirtækisins þar sem fram koma upplýsingar um vöktun mikilvægra umhverfisþátta starfseminnar (Faxaflóahafnir, 2015). Þá reyna Faxaflóahafnir eins og unnt er að draga úr neikvæðum umhverfisáhrifum eigin starfsemi sem og að auðvelda notendum hafnarþjónustu að draga úr sínum eigin umhverfisáhrifum með bættri þjónustu og öðrum hvötum. Í þessari skýrslu verða kannaðar leiðir til að draga úr umhverfisáhrifum hafnanna í tengslum við útstreymi loftmengunarefna. Þá verður sérstaklega litið til útstreymis gróðurhúsalofttegunda, en samdráttur í því útstreymi mun auðvelda íslenskum stjórnvöldum að uppfylla skuldbindingar sínar í tengslum við alþjóðasáttmála, s.s. Parísarsamkomulagið.

### Útstreymi gróðurhúsalofttegunda í höfn

Stærsti beini þáttur í losun gróðurhúsalofttegunda frá starfsemi Faxaflóahafna er notkun eldsneytis á ökutæki og báta í eigu fyrirtækisins. Árið 2015 var losun gróðurhúsalofttegunda vegna brennslu eldsneytis 611 tonn CO<sub>2</sub> ígilda. Á sama tímabili var heildarlosun Íslands um 4.597 kílótonn (kt) CO<sub>2</sub> ígilda og var því bein losun Faxaflóahafna um 0.01% af heildarlosun Íslands (Faxaflóahafnir, 2015; Umhverfisstofnun, 2016). Til samanburðar var heildarlosun frá sjávarútvegi árið 2014, 442,6 kt eða um 10% af heildarútstreymi Íslands og hafði það minnkað úr 658,6 kt árið 1990 þegar það samsvaraði um 18% af heildarútstreyminu (Umhverfisstofnun, 2014).

Þó svo að bein losun gróðurhúsalofttegunda frá starfsemi Faxaflóahafna sé óveruleg samanborið við aðra þætti í heildarlosun gróðurhúsalofttegunda á Íslandi, er umtalsverð óbein losun tengd hafnarstarfseminni. Skip í höfn þarfnast orku og ef þau geta ekki tengst raforkukerfi í landi eru ljósavélar skipanna keyrðar til að halda nauðsynlegum búnaði í gangi eftir að slökkt hefur verið á aðalvélum. Töluverð mengun stafar af brennslu olíu í ljósavélum skipa, en fyrir utan gróðurhúsalofttegundir myndast efnin SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, VOC og svifryk sem eru skaðleg heilsu manna og umhverfi. Aukinheldur fylgir notkun ljósavéla hljóðmengun og titringur sem valdið getur ónæði í nálægri byggð. Þegar skip eru í höfn eru ljósavélar yfirleitt keyrðar á hlutaálagi sem veldur lélegri nýtingu olíunnar (Bailey et al., 2004). Tafla 1 sýnir útstreymi mengunarefna frá ljósavélum skipa við mismunandi aðstæður en þar er árlegur útblástur ljósavéla áætlaður út frá mismunandi notkun.

Tafla 1. Mengun frá ljósavélum skipa við mismunandi keyrsluáðstæður (tonn á ári) (Tetra Tech, 2007)

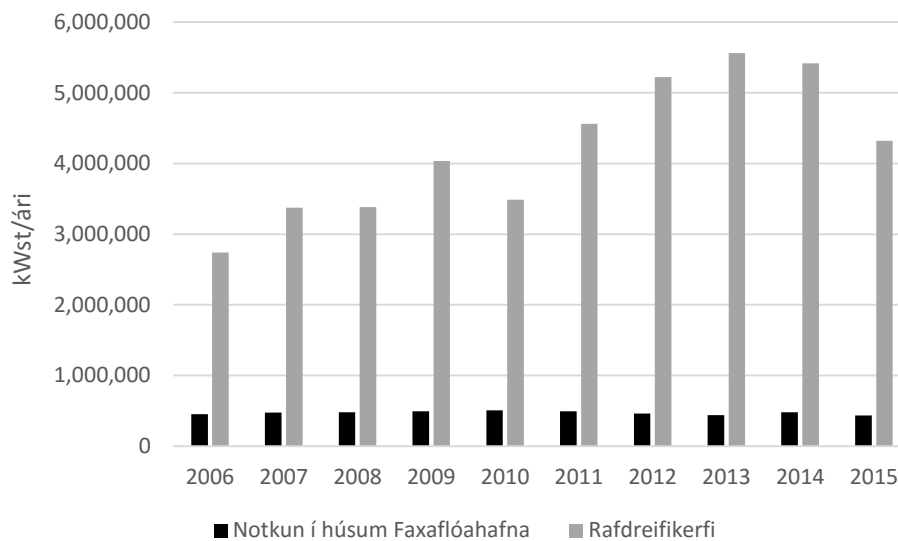
Keyrsla ljósavéla	NO <sub>x</sub>	TOG	CO	Svifryk	SO <sub>x</sub>
Í höfn	7227	219	548	621	5329
Í innsiglingu	1989	37	146	183	1460
Á ferð	3030	73	219	292	2336

Eins og sést á Töflu 1 er útblástur mengunarefna frá ljósavélum skipa langmestur þegar þær eru keyrðar í höfn og þá er útblásturinn rúmlega tvöfalt meiri en þegar skipin eru á ferð. Eftir legu hafna, fjölda skipa og veðurskilyrðum getur þessi útblástur valdið umtalsverðri mengun á hafnarsvæðum með tilheyrandi neikvæðum áhrifum á heilsu íbúa í nærliggjandi byggðum.

Það er því ljóst að aukin notkun skipa í höfn á innlendra endurnýjanlegri orku myndi draga úr mengun í námunda við hafnir og auðvelda íslenskum stjórnvöldum að standa við skuldbindingar sínar í tengslum við alþjóðasáttmála um útblástur gróðurhúsalofttegunda. eru þar talsverðir möguleikar fólgnir bæði í aukinni raforkusölu sem og sölu á heitu vatni í gegnum hitaveitu til skipa í höfn.

## Raforkunotkun

Ljóst er að aukin notkun endurnýjanlegrar innlendrar raforku er æskileg í starfsemi Faxaflóahafna. Bætt raforkunýting í tækjum og húsum hafnarinnar dregur úr orkuþörf og aukin raforkusala til skipa við hafnir kemur í veg fyrir notkun skipaolíu í höfn til að keyra ljósavélar um borð. Aukin raforkusala til skipa í viðlegu dregur því úr loftmengun og hávaða og bætir umhverfi hafna. Mynd 1 sýnir raforkunotkun í húsum Faxaflóahafna á tímabilinu 2006–2015 ásamt raforkusölu í gegnum dreifikerfi hafnanna á sama tímabili. Eins og myndin sýnir hefur raforkunotkun í húsum Faxaflóahafna verið nokkuð stöðug á tímabilinu og minnkaði m.a.s. um 6% milli árunna 2014 og 2015. Sala á raforku í gegnum dreifikerfi hefur hins vegar aukist nokkuð á tímabilinu, þó að um 20% samdráttur hafi orðið milli árunna 2014 og 2015. Þá er mun meiri breytileiki milli ára í raforkunotkun í dreifikerfinu sem getur stafað af mörgum ólíkum ástæðum, svo sem verði á jarðefnaeldsneyti og fjölda langleguskipa við hafnir, s.s. skip Hafró og Landhelgisgæslunnar..



Mynd 1. Raforkunotkun í húsum Faxaflóahafna og í rafdreifikerfi hafnanna

Orkukostnaður skipa vegna landtenginga er mun minni en ef ljósavélar eru notaðar. En orka með landtengingu kostar 16,1 kr./kWst en um 41 kr./kWst með ljósavélum, miðað við að verð á flotaolíu sé 136 kr./L og eyðslustuðull véla sé 0,3 L/kWst (Mannvit, 2012). Er því ljóst að útgerðir hafa nokkurn efnahagslegan hag af því að tengjast rafdreifikerfi hafna. Þar sem svo verulegur munur er á orkukostnaði eftir orkugjafa, eða um 150%, má ætla að ástæða kunni að vera til að endurskoða verðskrá dreifikerfisins, sér í lagi ef fjárfesta þarf í umbótum í kerfinu til að unnt sé að auka þjónustu hafnanna. Samkvæmt upplýsingum frá Faxaflóahöfnum eru tekjur af sölu raforku til skipa á ársgrundvelli á árinu 2016 um 73 milljónir ISK, en kostnaður við raforkukaup um 52 milljónir. Er því framlegð Faxaflóahafna af rekstri rafdreifikerfisins um 28% og er þá ótalin kostnaður við t.a.m rekstur og viðhald rafdreifikerfisins. Þá er ekki talið að framlegð af raforkusölu standi einn og sér undir aukinni fjárfestingu og uppbyggingu (Jón Þorvaldsson, 2016).

Það rafdreifikerfi sem Faxaflóahafnir reka nú var upphaflega gert til að þjónusta innlend fiskiskip og tekur hönnun þess mið af því. Uppbygging núverandi kerfis hófst árið 1980 og hefur svo þróast með viðbótum út frá þeirri grunn uppbyggingu. Til að auka raforkusölu til annarra tegunda skipa, s.s. flutningaskipa og skemmtiferðaskipa, er nauðsynlegt að ráðast í miklar endurbætur á dreifikerfinu með tilheyrandi kostnaði. Kortleggja þarf þörf skipa fyrir raforku eftir hafnarsvæðum og gera skrá yfir nauðsynlegar endurbætur á kerfinu til að tengja megi þau skip sem ekki nýta sér landraforku í dag. Þá þarf að skýra hver kostnaðarþáttaka hagsmunaaðila yrði í slíkri uppbyggingu, t.d. með því að meta



hvort erindi standi til að endurskoða raforkuverðskrá hafnanna. Leitast verður við að svara þessum atriðum í þessari skýrslu.

## Framtíðarhorfur í hafnarmálum

Faxaflóahafnir hafa gefið út framtíðarsýn sína þar sem þróun hafnarsvæða í framtíðinni er kortlögð. Í framtíðarsýn fyrirtækisins er gert ráð fyrir að Gamla höfnin í Reykjavík þróist í að verða blönduð hafnarbyggð með fjölbreyttu atvinnu- og mannlífi sem auðgi og fegri miðborgina. Þegar er hafin þróun í átt að léttari hafnarstarfsemi í Gömlu höfninni, s.s. smábátaútgerð og hvalaskoðunarsiglingum. Þá hefur þróunin verið í þá att að þyngri hafnarstarfsemi, s.s. vöruflutninga, færist í auknum mæli fjær miðborginni á svæði sem betur eru fallin til slíkrar starfsemi, eins og Sundahöfn og Grundartanga (Faxaflóahafnir, 2013). Engu að síður er útgerð í gömlu höfninni er forsenda fyrir rekstri hennar og ekki í sjónmáli að útgerðir sem þar starfa færi sig um set.

Með aukinni uppbyggingu þjónustu- og íbúðarbyggðar í grennd hafnarsvæði munu auknar kröfur verða gerðar til hafnanna, m.a. hvað varðar hljóðvist og loftgæði. Slíkum kröfum má mæta með aukinni notkun skipa á landorku þegar þau eru í höfn, sem kemur í veg fyrir útblástur og hávaða sem stafar af keyrslu ljósavéla. Þá má ætla að með aukinni umhverfisvitund almennings muni í framtíðinni verða gerðar auknar kröfur um vistvænni siglingar. Til að draga úr mengun og bæta vistgæði við hafnir Faxaflóahafna þarf að ráðast í endurbætur á núverandi rafdreifikerfi hafnanna, svo unnt verði að þjónusta öll skip sem leggjast þar að bryggju. Einnig kann að vera þörf á öðrum hvötum til landtenginga, svo sem reglugerðum eða lagasetningu þar sem skipum sé gert skylt að tengjast við rafdreifikerfið ef landlega skipa fer yfir tiltekin tímamörk, verði því við komið. En til að hægt sé að beita lagasetningu til að auka landtengingar þurfa að sjálfsögðu að vera til staðar tæknilegir innviðir, svo unnt sé að tengja skipin.

### Löggjöf um mengandi starfsemi í höfnum

Á vettvangi Alþjóða hafmálastofnunarinnar (International Maritime Organization, IMO) hefur verið samþykkt MARPOL-samkomulagið sem fjallar um allskyns mengun frá skipum. Í MARPOL, viðauka VI, eru settar reglugerðir varðandi ýmis mengunarefni sem stafa af siglingum. Í reglugerð 14 þess viðauka kemur m.a. fram að hlutfall brennisteinssambanda í skipaeldsneyti skuli fara úr 4.5% árið 2010 niður í 0.5% árið 2020. Reglugerð IMO mun því takmarka umtalsvert notkun svartolíu í siglingum og skylda útgerðir til notkunar hreinni orkugjafa eða umtalsvert bættrar útblásturshreinsunar.

Í Evrópusambandinu (ESB) hafa verið settar reglugerðir um loftmengun frá skipum sem byggja á samkomulagi IMO. Reglugerðir ESB ganga hins vegar lengra en IMO, en þar er skipum í höfn bannað að nota eldsneyti með meira en 0.1% brennisteinsinnihaldi. Farþegaskipum eða skipum sem reglulega sigla milli evrópskra hafna er þá meinað að hafa meira en 1.5% af brennisteini í sínu eldsneyti frá árinu 2010. ESB setti þessar reglugerðir, þar sem árið 2005 sýndu rannsóknir að útblástur brennisteinssambanda frá siglingum yrðu meiri en frá öllum uppsprettum á landi árið 2020 (ESB, 1999; ESB, 2012).

Markmið og umhverfisviðmið fyrrnefndra alþjóðasamninga hafa að mestu verið tekin upp hérlendis með innleiðingu reglugerðar 124/2015 um brennisteinsinnihald í tilteknu fljótandi eldsneyti. En í þeirri reglugerð kemur fram að brennisteinsinnihald í skipaeldsneyti sem notað er innan íslenskrar mengunarlögsögu skuli vera innan við 2.0% og skuli fara niður í 0.5% árið 2020. Þá skal brennisteinsinnihald í skipaeldsneyti skipa sem fara um ECA-svæði ekki fara yfir 0.1 %, en slík svæði eru skilgreind samkvæmt MARPOL-samningnum sem hafsvæðin í Eystrasalti og Norðursjó. Ekki hafa verið skilgreind ECA svæði innan Íslenskrar lögsögu. Verulega mætti draga úr útblæstri staðbundinna mengunarefna með því að skilgreina ECA svæði innan íslenskrar lögsögu.





Þegar frá eru talin staðbundin mengunarefni eins og SO<sub>x</sub> og NO<sub>x</sub> hafa íslensk stjórnvöld markað sér stefnu um aðferðir til að draga úr útblæstri gróðurhúsalofttegunda. Í samgönguáætlun fyrir tímabilið 2015–2026 kemur fram markmið ríkisstjórnarinnar um að draga úr útblæstri frá skipum í höfnum landsins með uppbyggingu fyrir landtengingu við rafmagn. Þá kemur einnig fram í samgönguáætlun að skipum sem stoppa í höfn lengur en tvær klukkustundir skuli vera gert að tengjast landrafmagni; þetta er í tengslum við ákvörðun sameiginlegu EES-nefndarinnar nr 35/2008 (Samgönguráð, 2012).

#### Alþjóðleg þróun

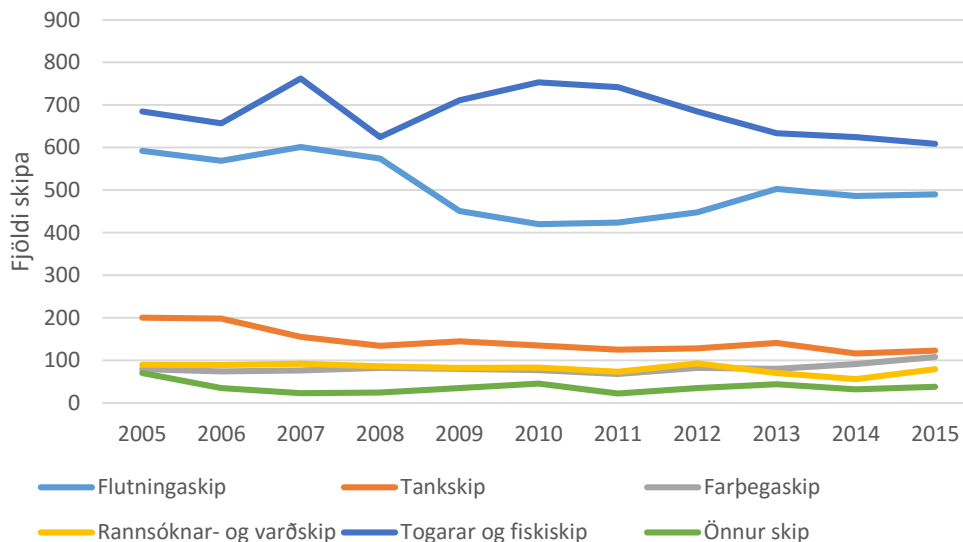
Þróun undanfarinna ára sýnir að umhverfiskröfur fyrir skipasiglingar hafa aukist verulega á síðustu misserum, sérstaklega í Evrópusambandinu og í nágrannalöndum Íslands. Útlit er fyrir að þessar kröfur muni aukast enn frekar á næstu árum og að æ fleiri lönd marki sér skýra stefnu um eldsneytisnotkun og útblástur í sinni mengunarlögsögu. Tenging skipa við landorku, eða í það minnsta notkun á vistvænna eldsneyti en skipaolíu, mun verða stór hluti þessarar þróunar á komandi árum.

Í nokkrum stærri höfnum í nágrannalöndunum, s.s. Norðurlöndum, ESB og Bandaríkjunum, er tengibúnaður fyrir skip til að tengjast landrafmagni. Á undanförunum árum hafa margar stærri hafnir fyrir tilstilli stjórnvalda aukin heldur hafið fjárfestingar og uppbyggingu á háspennukerfum, svo hægt verði að tengja stærri og aflfrekari skip, s.s. skemmtiferða- og flutningaskip. Umfang uppbyggingar landtenginga ræðst að miklu leyti af raforkuverði á hverju svæði; þar sem lítill hagrænn hvati er fyrir skip að tengjast vegna mikils kostnaðar, eins og t.d. í Danmörku, er uppbygging skemmra á veg komin. Þau háspennukerfi sem sett hafa verið upp á síðustu árum eru mjög misjöfn hvað varðar tækni og kostnað og hefur hönnun þeirra eðlilega mótast af þeim viðskiptavinum sem helst sækja hverja höfn (Mannvit, 2012).

Úttektir á umhverfislegum og efnahagslegum fýsileika landtenginga hafa leitt í ljós að verulega má draga úr útstreymi loftmengunarefnanna NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, svifryks og CO<sub>2</sub> með aukinni notkun landorku. Kostnaður við uppbyggingu búnaðar fyrir slíkar tengingar er hinsvegar mjög mikill og umfram það sem hafnir geta vænst að geta staðið undir vegna orkusölu. Aðrar leiðir sem kannaðar hafa verið til að draga úr mengun eru t.d. notkun eldsneytis með lítið brennisteinsinnihald og brennsla jarðgass. Með því má draga úr útblæstri SO<sub>x</sub> og NO<sub>x</sub> og svifryks en útstreymi gróðurhúsalofttegunda breytist lítið. Rannsóknir hafa gefið til kynna að til að ná megi öllum þeim árangri sem mögulegur er með notkun landtenginga þurfa að koma til stjórnvaldsaðgerðir sem styðja við innviðaupbyggingu (Fiadomor, 2009).

## Þarfagreining raforkukaupenda

Í núverandi rafdreifikerfi eru það aðeins fiskiskip og togarar sem nýta sér landtengingar í Faxaflóahöfnum. Stærri skip, eins og flutningaskip og skemmtiferðaskip, eru orkufrekari en núverandi tengimöguleikar geta annað og þarf að koma upp háspennutengingum til að geta þjónustað þau skip. Til að unnt sé að þjónusta öll innlend fiskiskip og togara með landrafmagni þarf að bæta tengimöguleika til að tryggja næga orku fyrir tækjanotkun í höfn, t.d. við umskipun og löndun. Mynd 2 sýnir fjölda skipakoma til Faxaflóahafna eftir tegundum skipa á tímabilinu 2005–2015.



Mynd 2. Fjöldi skipakoma til Faxaflóahafna tímabilið 2005–2015

Í þessari skýrslu er orkupörf væntanlegra raforkukaupenda í höfn áætluð út frá skipakomum, tegundum skipa og meðalflþörf hverrar skipategundar. Sú aðferðafræði sem beitt var í verkefninu fyrir þarfagreiningu raforkukaupenda var valin vegna tímamarka verkefnisins, sem og af þeim sökum að fyrirhugað er að taka upp nýtt skráningarkerfi fyrir skipakomur hjá Faxaflóahöfnum sem mun bæta aðgengi að gögnum um skipakomur. Sú aðferðafræði sem hér var beitt gefur aðeins mjög lauslega mynd af raforkuþörf og er aðeins sundurliðuð eftir tegundum skipa sem sækja hafnirnar heim; hún gefur litla sem enga mynd af því hvernig sú þörf skiptist niður á einstök skip, bryggjur og tengipunkta.

Töluverð vinna hefur farið fram erlendis til að þróa áreiðanlegar aðferðir til að útbúa útstreymisbókhald fyrir viðskiptavinum hafna, m.a. á vegum Alþjóða samgöngustofnunarinnar (Merk, 2014) og World Ports Climate Initiative (WPCI, 2010). Eindregið er mælt með því að Faxaflóahafnir taki upp slíkt útstreymisbókhald samhliða upptöku nýs skráningarkerfis, þar sem þær upplýsingar verða lagðar til grundvallar ítarlegri endurhönnun rafdreifikerfis hafnanna. Er þá einnig mælt með að upplýsingar um útstreymi viðskiptavina hafnanna verði teknar með í grænt bókhald fyrirtækisins, en það gefur mun betri mynd af heildarútstreymi frá starfsemi Faxaflóahafna heldur en ef aðeins eru birtar upplýsingar um beint útstreymi frá tækjum í eigu hafnanna, eins og nú er gert. Losun gróðurhúsalofttegunda var í þessu verkefni áætluð út frá útblástursstuðlum ljósavéla sem hafa verið metnir af loftgæðanefnd Kaliforníu (CARB, 2008).

### Innlend fiskiskip

Hefð er fyrir því að innlend fiskiskip tengi sig við dreifikerfi raforku í landi þegar þau eru í höfn. Þar sem aðstæður eru bestar til tengingar, í Gömlu höfninni og í Akraneshöfn, tengja sig að meðaltali um 40% skipa þegar þau eru í höfn. Ýmsar ástæður geta verið fyrir því að skip tengjast ekki landrafmagni þegar

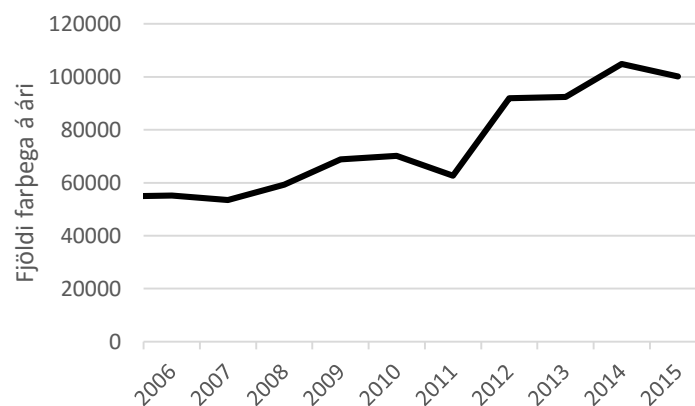
pau eru í höfn; séu stöpp t.d. stutt telja útgerðir ekki taka því að tengjast rafmagn og ef nota þarf orkufrek tæki um borð, svo sem krana og kælivélar, dugir orkuflutningsgeta landtengingarinnar oft ekki (Bergsdóttir, 2015a). Auka má orkuflutning til fiskiskipa í höfn með því að tengja það með tveimur 125 A tenglum eða einum 250 A tengli sem dregur úr líkum á að rafmagn slái út þegar orkufrek tæki eru keyrð um borð. Að setja upp slíka tengingu myndi kalla á aukna fjárfestingu fyrir útgerðirnar, en miðað við sparnaðinn sem hlýst af notkun landrafmagns ætti slík fjárfesting fljótt að borga sig upp (Mannvit, 2012).

Til að auka notkun landtenginga hjá innlendum fiskiskipum þarf hugsanlega að bæta tengibúnað landtenginga á einhverjum svæðum hafnanna. Hins vegar er margt sem bendir til að auka megi notkun landrafmagns í núverandi dreifikerfi með því að setja lög sem skylda skipin til að tengjast (Bergsdóttir, 2015a). Myndu þá skip í styttri stoppum sem telja landtengingu ekki borga sig við núverandi aðstæður nýta sér þessa þjónustu hafnanna. Í þessari skýrslu er gert ráð fyrir að auka megi landtengingarhlutfall innlendra fiskiskipa úr 40% í 70% með lagasetningu; einnig er gert ráð fyrir að með fjárfestingu í bættum tengibúnaði megi auka landtengingarhlutfall fiskiskipa sem stoppa lengur en 2 klst. í höfn upp í 90%. Meta þarf áhrif hugsanlegrar lagasetningar og bera saman við árangur fyrri reglugerða og samþykka sama efnis.

Á tímabilinu 2006–2015 var meðal raforkusala til skipa og báta við höfn hjá Faxaflóahöfnum um 4.200 MWh árlega. Sé gert ráð fyrir að nýting landtenginga aukist úr 40% í 90% með bættri þjónustu við tengingarnar má áætla að aflþörf innlendra fiskiskipa í höfn við Faxaflóahafnir aukist í um 9.500 MWh árlega.

### Skemmtiferðaskip

Á heimsvísu hefur verið að meðaltali 7,2% árleg farþegaaukning í skemmtiferðasiglingum frá 1990 og talið er að á tímabilinu 1980–2009 hafi meira en 176 milljónir farþega farið í siglingu með skemmtiferðaskipi. Þá er gert ráð fyrir að markaður með skemmtiferðasiglingum komi til með að aukast enn frekar á komandi árum (CLIA, 2010). Eins og þróunin hefur verið erlendis hefur að sama skapi verið mikil fjölgun á komum skemmtiferðaskipa til Íslands. Mynd 2 sýnir fjölda farþegakoma til Faxaflóahafna með farþegaskipum á tímabilinu 2005–2015. Eins og sést á myndinni hefur farþegafjöldi tæplega tvöfaldast á tímabilinu og undanfarin tvö ár hafa yfir 100.000 farþegar komið til landsins um Faxaflóahafnir.



Mynd 3. Fjöldi farþega sem komu til landsins um Faxaflóahafnir með farþegaskipum árin 2005–2015

Orkuþörf skemmtiferðaskipa er veruleg og er oft á við heilt bæjarfélag; þá er viðverutími þeirra í íslenskum höfnum oftast stuttur. Ekki er til staðar búnaður í íslenskum höfnum til að landtengja skemmtiferðaskip og mörg skemmtiferðaskip hafa ekki búnað til að tengjast dreifikerfum í landi. Til að



unnt sé að landtengja skemmtiferðaskip þarf að leggja háspennutengingar í hafnirnar sem geta gefið spennu frá 440V upp í 11 kV. Slíkar háspennutengingar geta flutt allt að 25 sinnum meiri orku en núverandi dreifikerfi býður uppá (Bergþórsdóttir, 2015b). Einhvern hluta skemmtiferðaskipa mætti sinna með því að efla núverandi lágspennukerfi verulega.

Erlendis hefur verið nokkur uppbygging á háspennutengingum til að þjónusta stærri skip og hafa slíkar tengingar verið settar upp í höfnum, m.a. á Norðurlöndum, í Bandaríkjunum og í Evrópusambandinu. Sögulega hafa verið nokkur vandamál tengd uppsetningu háspennutenginga vegna mismunandi staðla í Evrópu og Ameríku. Á undanförunum árum hefur hins vegar mikil vinna verið lögð í að útbúa einn sameiginlegan alþjóðastaðal fyrir landtengingar skipa á vegum IEC, ISO og IEEE (IEC/ISO/IEEE, 2012). Talið er að uppbygging tengibúnaðar í höfnum muni aukast nokkuð hratt á næstu árum þegar alþjóðlegur staðall hefur verið samþykktur fyrir landtengingar.

Meðal aflþörf skemmtiferðaskipa á heimsvísu þegar þau eru í höfn er um 5.8 MW, en getur farið upp í allt að 14 MW fyrir stærstu skipin. Gert er ráð fyrir að skemmtiferðaskip stoppi að meðaltali 18 klst. í höfn við Faxaflóahafnir. Má þannig gera ráð fyrir að fyrir sambærilegan fjölda skemmtiferðaskipa og hefur verið undanfarin ár verði aflþörf þeirra við höfn um 10.000 MWh árlega.

### Flutningaskip

Langstærstur hluti vöruflutninga til og frá Íslandi fer með sjófrakt og fer stór hluti þeirra flutninga um Faxaflóahafnir. Þorri þeirra flutningaskipa sem um Faxaflóahafnir fara er í eigu og rekstri Samskipa eða Eimskipafélags Íslands. Flutningaskip Samskipa og Eimskipa leggjast að bryggju í Sundahöfn og tengjast ekki dreifikerfi raforku í landi við núverandi aðstæður. Skipin standa stutt við í höfn, að meðaltali 12 klst., og orkuþörf þeirra er meiri en núverandi dreifikerfi getur annað. Meðal orkuþörf flutningaskipa í höfn á heimsvísu er um 800 kW sem samsvarar 2.800 lítrum af skipaolíu í 12 klst. stoppi. Til að tengja flutningaskip landrafmagni þarf háspennutengingar og hugsanlega munu flutningaskipin nýta sér sama kost og skemmtiferðaskip, sé þeim það hagkvæmt (Mannvit, 2012).

Meðal aflþörf flutningaskipa á heimsvísu þegar þau eru í höfn er um 800 kW, en getur farið upp í allt að 8 MW fyrir stærstu skipin. Gert er ráð fyrir að flutningaskip stoppi að meðaltali 12 klst. í höfn. Má þannig gera ráð fyrir að fyrir sambærilegan fjölda flutningaskipa og verið hefur undanfarin ár verði árleg aflþörf þeirra við höfn um 4.700 MWh.

### Tankskip

Umtalsverður innflutningur á olíu fer um Faxaflóahafnir, en tankskip sem flytja eldsneyti og hráolíuafurðir koma í höfn við Eyjagarð í Örfirisey. Eins og með flutningaskip er orkuþörf tankskipa veruleg og meiri en svo að núverandi rafdreifikerfi hafi undan. Til að mögulegt verði að tengja tankskip við landrafmagn þarf að setja upp háspennutengibúnað við Örfirisey. Sérstaklega þarf að hafa í huga öryggisatriði ef tengja ætti höfnina við Örfirisey en samþætting olíustöðva við háspennurafmagn krefst afar vandaðrar hönnunar.

Meðal aflþörf flutningaskipa á heimsvísu þegar þau eru í höfn er um 1.400 kW, en getur farið upp í allt að 2,7 MW fyrir stærstu skipin. Meðal viðverutími tankskipa í höfn hjá Faxaflóahöfnum er 17,5 klst. Má þannig gera ráð fyrir að fyrir sambærilegan fjölda tankskipa og verið hefur undanfarin ár verði árleg aflþörf þeirra við höfn um 3.000 MWh árlega.

### Rannsóknarskip

Reglulega koma í Faxaflóahafnir innlend og erlend rannsóknarskip sem leggjast að bryggju. Þau skip nýta ekki landtengingar hafnanna í núverandi dreifikerfi. Árið 2011 var áætlað að meðal rannsóknarskip í höfn noti um 19 MWh af raforku á ársgrundvelli (Mannvit, 2012).

## Önnur skip og bátar

Eins og gefur að skilja hafa þær tegundir skipa sem til Faxaflóahafna koma ekki verið taldar hér upp til hlítar, en til hafnanna kemur fjöldi ólíkra skipa í mismunandi tilgangi. Í þessari skýrslu eru sett í einn flokk skip sem flokkast sem önnur skip eða bátar og má þar nefna erlend herskip, snekkjur og hvalaskoðunarbáta. Gert er ráð fyrir að meðal aflþörf þessara skipa sé sambærileg og innlendra togara og fiskiskipa. Má þá áætla fyrir sambærilegan fjölda skipa í þessum flokki og verið hefur undanfarin ár að aflþörf þeirra í höfn verði um 800 MWh árlega.

## Samantekt

Með þeirri aðferðafræði sem beitt var í verkefninu má lauslega áætla aflþörf viðskiptavina Faxaflóahafna í höfn. Gera má ráð fyrir að eftirspurn eftir raforku fyrir þessi skip geti aukist í allt að 29.500 MWh, sem yrði tæplega sjöföld aukning miðað við árið 2015 þegar raforkusala til skipa í Faxaflóahöfnum var um 4.200 MWh. Umhverfislegur ávinningur af slíkum landtengingum var áætlaður út frá mengunarstuðlum ljósavéla (CARB, 2008) miðað við skipakomutölur ársins 2015 og eru niðurstöður sýndar í Töflu 2. Útreikninga fyrir þarfagreiningu má finna í Viðauka A.

Eins og sést á Töflu 2 gefa niðurstöður verkefnisins til kynna að ef unnt væri að landtengja öll skip sem nú koma til hafnar til Faxaflóahöfna myndi það draga umtalsvert úr losun mengunarefna í andrúmsloftið. Nánar tiltekið myndu slíkar aðgerðir draga úr losun gróðurhúsalofttegunda svo nemur um 17,5 kílótonnum (kt) af CO<sub>2</sub> ígildum árlega, en það svarar til um 3,9% af heildarlosun frá íslenskum sjávarútvegi. Þá sést einnig að beinn útblástur frá starfsemi Faxaflóahafna er hverfandi miðað við óbeinan útblástur sem af starfseminni stafar, en hann nemur um 0.1% af heildarútbæstri á hafnarsvæðunum.

Tafla 2. Áætluð orkunotkun og samdráttur í útblæstri vegna aukinna landtenginga

Tegund	Fjöldi	Aukin raforkunotkun [MWh]	GHL [tonn CO <sub>2</sub> -eq/ári]	CO [tonn/ári]	NO <sub>x</sub> [tonn/ári]	PM <sub>10</sub> [tonn/ári]	Pm <sub>2,5</sub> [tonn/ári]	SO <sub>x</sub> [tonn/ári]
Flutningaskip	490	4,704	3,255	5.1	61.1	1.1	1.6	1.9
Tankskip	123	3,013	2,085	3.3	39.2	0.75	1.05	1.2
Farþegaskip	108	9,914	6,861	10.9	128.8	2,5	3.5	3.9
Rannsóknar- og varðskip	79	1,501	1,038	1.6	19.5	0.4	0.5	0.6
Togara og fiskiskip	609	5,375	3,719	5.9	69.8	1.3	1.9	2.1
Önnur skip	38	791	547	0.9	10.2	0.2	0.3	0.3
Samtals:	1.447	24,352	17.500	27.8	328.8	6.3	8.8	10.1

Á Töflu 2 sést einnig að auknar landtengingar myndu draga verulega úr útblæstri annarra mengunarefna, s.s. nitur- og brennisteinsoxíða, kolmónoxíðs og svifryks. Samdráttur í þeim útblæstri kann að verða mikilvægari með aukinni uppbyggingar íbúðarbyggðar í grennd við hafnarsvæði, eins og skipulagsuppdrættir á höfuðborgarsvæðinu gera ráð fyrir. Niðurstöðurnar gefa til kynna að verulegur umhverfislegur ávinningur sé af auknum landtengingum skipa við Faxaflóahafnir.

## Aðrir kostir í samdrætti gróðurhúsalofttegunda

### Sala á heitu vatni

Skip í höfn þarfnast varmaorku til að halda skipum og vélum heitum. Þá orku geta skipin framleitt sjálf með ljósavélum sínum eða með rafhitun og landtengingu; þá geta þau tengst hitaveitu í landi, séu þau búin ofnakerfi. Hitaveitutenging er efnahagslega hagkvæmasta leiðin til að tryggja skipum varmaorku til upphitunar, sem og frá orkusjónarmiði. Þá mætti einnig nýta frárennslisvatn skipanna til snjóbræðslu og upphitunar á höfnum og bryggjuköntum, sem myndi bæta hafnaraðgengi og draga úr slyshættu vegna ísingar á bryggjuköntum.

Til að áætla megi að hve miklu leyti hægt sé að fullnægja varmaorkuþörf skipa við höfn í Faxaflóahöfnum með tengingu við hitaveitu í landi þarf upplýsingar um tækjabúnað allra þeirra skipa sem til hafnanna koma og hvort tengimöguleikar séu til staðar á þeim hafnarsvæðum sem þau sækja. Við gerð þessa verkefnis voru þessar upplýsingar ekki fyrir hendi, svo ekki var lagt mat á mögulega sölu á heitu vatni og þann umhverfislega ávinning sem af því hlytist. Þá má nefna að ef auka mætti notkun landrafmagns að því marki sem stefnt er að í þessari skýrslu næðist hámarks umhverfislegur ávinningur í tengslum við útblástur mengunarefna í andrúmsloftið. Að auka sölu á heitu vatni til skipa sem þegar tengjast landrafmagni myndi því draga úr raforkunotkun skipanna en skila takmörkuðum árangri í frekari samdrætti á útblæstri.

### Orkuskipti tækjabúnaðar Faxaflóahafna

Draga má úr útstreymi gróðurhúsalofttegunda sem stafar beint af starfsemi Faxaflóahafna með endurnýjun tækjabúnaðar fyrirtækisins, með það fyrir augum að auka notkun endurnýjanlegrar orku, en útstreymi GHG frá starfseminni stafar aðallega af notkun jarðefnaeldsneytis á farartæki (skipaolía, dísilolía og bensín). Tafla 2 sýnir eldsneytisnotkun og útstreymi GHG vegna brennslu jarðefnaeldsneytis í starfsemi Faxaflóahafna árin 2014–2015.

Tafla 3. Eldsneytisnotkun og útstreymi GHG vegna brennslu jarðefnaeldsneytis í starfsemi Faxaflóahafna 2014–2015

Eldsneyti	2014 Lítrar	2015 Lítrar	2014 Kg CO <sub>2</sub> ígilda	2015 Kg CO <sub>2</sub> ígilda
Skipaolía	179.514	188.183	480.559	503.766
Dísil	35.615	36.304	95.836	96.690
Bensín	6.422	3.875	14.938	9.013

Tafla 2 sýnir að helsta uppspretta gróðurhúsalofttegunda frá starfsemi Faxaflóahafna er notkun skipaolíu á báta fyrirtækisins. Faxaflóahafnir gera út 4 dráttarbáta á höfnum sínum til að lóðsa og draga skip inn til hafnar; togkraftur dráttarbátanna er á bilinu 6–40 tonn. Nokkur þróun hefur verið undanfarið í rafvæðingu þjónustuskipa, s.s. dráttarbáta og olíuhreinsunarbáta. Þau rafvæddu þjónustuskip sem þegar eru komin á markað notast annars vegar við rafhlöðugeymslu og hins vegar við raforkuframléiðslu með ljósavélum; þá eru margir bátar búnir báðum þessum orkukostum. Mestur árangur í samdrætti á útblæstri gróðurhúsalofttegunda næst með því að nýta aðeins innlenda raforku á bátunum, en því fylgir aukin þyngd og skert orkugeymslugeta. Vegna minni orkuþéttleika í rafhlöðum er rafvæðing dráttarbáta í nánustu framtíð bundin við þá báta sem hafa minnsta toggetu (Marcon, 2016; Harrop et al., 2014).

Rafvæðing skipa er verkefni á þróunarstigi við núverandi aðstæður og eru helstu möguleikar til orkuskipta í litlum þjónustubátum sem starfa undir litlu álagi. Þá getur þróun í þessum geira orðið ör á næstu árum og vel þess virði fyrir hagsmunaaðila að fylgjast vel með þeirri þróun. Umhverfislegur ávinningur af þessum orkuskiptum er óverulegur hvað varðar heildarlosun Íslands á



gróðurhúsalofttegundum, en í tengslum við umhverfisstefnu Faxaflóahafna er mælt með að hugað sé að orkuskiptum í farartækjum fyrirtækisins sem hluta af eðlilegri endurnýjun tækjakosts; á það jafnt við um skip, báta, bíla og tæki. Vegna örrar þróunar í rafvæðingu þjónustuskipa og takmarkaðs ávinnings var kostnaðarskilvirkni við slíka endurnýjun tækjabúnaðar ekki metinn í þessu verkefni.

## Endurhönnun dreifikerfis

Ljóst er að ef auka á sölu á raforku til skipa sem nemur um 24,300 MWh á ári þarf að endurskoða og endurhanna bæði rafdreifikerfi hafnanna og dreifikerfi Veitna sem flytur orkuna til þeirra. Þá mundi slík orkusala krefjast aukinnar raforkuöflunar fyrir innlenda raforkukerfið sem nemur um 3 MW. Gagnger endurskoðun dreifikerfisins er nauðsynleg til að unnt sé að öðlast þann umhverfislega ávinning sem hægt er að ná. Ljóst er að slík endurskoðun er stórt verk og krefst mikilla fyrirbyggjandi upplýsinga. Áætla þarf væntanlegt álag og flutningsþörf á öllum núverandi og fyrirhuguðum tengipunktum við hafnirnar, sem krefst ítarlegs útstremisbókhalds frá viðskiptavinum hafnanna. Þá þarf að endurskoða tíðni, straum og spennu dreifikerfisins fyrir einstaka tengipunkta út frá væntanlegri orkuflutningsþörf þeirra. Í þessari skýrslu er kostnaður við bættar landtengingar því aðeins lauslega áætlaður út frá lauslegri þarfagreiningu og fyrri kostnaðaráætlunum.

### Hönnun núverandi dreifikerfis

Núverandi rafdreifikerfi Faxaflóahafna var hannað til að þjónusta innlend fiskiskip og hefur reynst á viðunandi hátt fyrir þá notkun. Kerfið ræður hins vegar ekki við að þjónusta aðrar tegundir skipa sem hafa meiri orkuþörf og öðruvísi rafkerfi, s.s. flutninga- og skemmtiferðaskip, tankskip og erlend rannsóknarskip. Við endurhönnun dreifikerfis þarf að áætla þörf við hvern tengipunkt á bryggjunum út frá væntum skipakomum og væntri orkuþörf þeirra skipa sem við hvert svæði leggja. Við hönnun tengibúnaðar þarf að hafa í huga straumflutningsþörf, spennu og tíðni þeirra skipa sem leggjast að bryggju í höfnunum.

### Straumur

Núverandi dreifikerfi býður uppá 16 A, 32 A, 63 A, 125 A og 200 A tengla á flestum tengipunktum við íslenskar hafnir; auk þess er á nokkrum stöðum boðið upp á tvo 125 A tengla til að geta sinnt skipum með meiri orkuþörf.

Til að auka notkun innlendra fiskiskipa þannig að svo að segja öll fiskiskip tengist við höfn þarf að bæta tengimöguleika á bryggju. Aðallega þarf að fjölga bryggjum sem bjóða skipum annað hvort tvo 125 A eða einn 250 A tengil til að geta sinnt orkuþörf stærri skipa. Líkur eru á að með endurnýjun innlenda skipaflotans muni eftirspurn eftir 250 tenglum aukast hjá Faxaflóahöfnum í framtíðinni (Sæmundsson, 2015). Kostnaður vegna búnaðar fyrir einn 250 A tengil hefur verið metinn uppá 2 milljónir ISK. Einnig hefur verið áætlað að endurnýja þurfi lekaliða í tenglabrunnum Faxaflóahafna, en kostnaður á hvern lekaliða er um 200 þúsund ISK (Bergsdóttir, 2015b).

### Spenna

Í Faxaflóahöfnum er boðið uppá 400 V tengla, en spenna á skipum er mjög breytileg og getur verið frá 400 V upp í 11 kV. Núverandi tenglar henta togurum og fiskiskipum, en flutninga- og skemmtiferðaskip þarfnast hærri spennu til að unnt sé að flytja nægt rafmagn um borð.

Ljóst er að fara þarf í umtalsverðar fjárfestingar á rafdreifikerfi Faxaflóahafna til þess að geta þjónustað stærri skip á borð við skemmtiferða- og flutningaskip. Til þess þarf að koma fyrir 11 kV háspennu dreifikerfi í Sundahöfn, en þar leggjast flest slík skip að bryggju. Til þess að tengja megi tankskip þarf að setja upp 11 kV dreifikerfi við Örfirisey. Kostnaður við uppsetningu 11 kV háspennutenginga við Skarfabakka hefur verið metinn uppá 700–900 milljónir ISK (Mannvit, 2012). Í þessari skýrslu er gert



ráð fyrir fimmföldum þeim kostnaði til að setja upp tengibúnað fyrir Sundahöfn, Kleppsbakka, Vogabakka, Eyjagarð og Grundartanga..

#### Tíðni

Tíðni í rafkerfum skipa er breytileg eftir stærð og gerð. Skip í millilandasiglingum eru oftast með 60 riða (Hz) rafkerfi en í smærri skipum er tíðnin oftast 50 rið (Hz). Í Faxaflóahöfnum er boðin raforka með 50 riða (Hz) tíðni og þarf tíðnibreyti til að geta sinnt þeim skipum sem þurfa raforku á 60 riða tíðni.

Með því að fjárfesta í tíðnibreytum mætti auka raforkusölu til stærri og orkufrekari skipa, s.s. erlendra herskipa, stórra snekkja og rannsóknarskipa. Til þess að þjónusta þessi skip þyrfti þó að setja upp tvo 250 A tengla við þær bryggjur sem þau sækja. Kostnaður vegna tíðnibreyta sem setja þarf upp í hverjum tenglabrunni fyrir sig hefur verið metinn á um 13 milljónir ISK (Bergsdóttir 2014b).

#### Álag á dreifikerfi Veitna

Ljóst er að með mjög aukinni raforkusölu um dreifikerfi Faxaflóahafna mun álag aukast á flutningskerfi Veitna. Það mun krefjast fjárfestingar í dreifikerfinu til að geta annað þeirri eftirspurn. Til að áætla nauðsynlegar uppfærslur á dreifikerfi Veitna þarf að liggja fyrir áætluð orkuþörf á hvert hafnarvæði; þá þarf að meta út frá skipakomum hvert hámarksálag kunni að verða á hverjum tengipunkti, svo unnt sé að sinna orkufrekustu skipunum. Í þessu verkefni voru væntanlegar uppfærslur á dreifikerfi Veitna lauslega áætlaðar út frá eftirfarandi hönnunarforsendum:

- Orkusala í Gömlu höfnina eykst um 7.500 MWh í núverandi 400 V kerfi með 2 MW hámarksafli
- Orkusala í Sundahöfn eykst um 14.500 MWh í nýju háspennukerfi með 15 MW hámarksafli
- Orkusala í Örfirisey eykst um 2.000 MWh í nýju háspennukerfi með 1,5 MW hámarksafli

Nauðsynlegar framkvæmdir á dreifikerfinu ásamt lauslega áætluðum kostnaði til að anna megi ofangreindri eftirspurn voru metnar af sérfræðingum Veitna. Þær aðgerðir sem ráðast þarf í, að mati sérfræðinga, eru taldar upp hér að neðan (Fjalarr Gíslason, 2016):

- Leggja þarf nýja fæðingu á 11 kV frá aðveitustöð A1 við Barónsstíg og A2 við Meistaravelli til að auka orkuflutning í Gömlu höfnina.
- Reisa þarf nýja aðveitustöð við Sægarða vegna uppbyggingar atvinnu- og íbúðarhúsnæðis við Vogabyggð, sem einnig gæti sinnt skipatengingum við Sundahöfn. Enn fremur þarf að leggja strengi frá aðveitustöðinni að tengipunktum.
- Við Örfirisey þarf að leggja styrkja 11 kV dreifikerfið frá aðveitustöð A2 við Meistaravelli.

#### Lausleg kostnaðaráætlun

Eins og áður hefur verið greint frá er endurhönnun á dreifikerfi Faxaflóahafna fyrir utan verksvið þessarar skýrslu, en slík hönnun þarf að liggja fyrir til að unnt sé að áætla kostnað við verkið. Þess í stað er kostnaður lauslega áætlaður út frá fyrri úttektum á rafdreifikerfinu. Þar er gert ráð fyrir að skipt verði um lekaliða í öllum tengibrunnum við hafnirnar, sem og að bætt verði við einum 250 A tengli við alla brunna og á fjórðungi brunnanna verði settir upp 2 slíkir tenglar. Þá er gert ráð fyrir að settir verði upp tíðnibreytar á um helmingi tengibrunna til að unnt verði að þjónusta skip með 60 riða tíðni. Loks er gert ráð fyrir að kostnaður vegna háspennutenginga um 4.000 milljónir ISK. Miðað við fyrirliggjandi gögn má gera ráð fyrir að kostnaður við endurbætur og endurhönnun rafdreifikerfis Faxaflóahafna sé um 4,2 milljarðar ISK.

Kostnaður vegna rafdreifikerfi Veitna var áætlaður af sérfræðingum Veitna og er sýndur í Töflu 4. Eins og sést í töflunni er áætlaður kostnaður vegna aðgerðanna um 1,2–1,5 milljarðar ISK. Þó ber að hafa



Í huga að hér er gert ráð fyrir að kostnaður vegna aðveitustöðvar falli aðeins til vegna aukinna landtenginga, en í rauninni er þeirrar stöðvar þörf vegna fyrirhugaðrar uppbyggingar á svæðinu öllu, að frátöldum auknum landtengingum.

Tafla 4. Lauslega áætlaður kostnaður vegna endurbóta á dreifikerfi Orkuveitunnar til að auka sölu landrafmagns

Höfn	Aðgerð	Kostnaður MISK
Gamla höfnin	Lagning fæðingar	100–120
Sundahöfn	Aðveitustöð	1.000–1.200
Sundahöfn	Lagning strengja	50–100
Örfirisey	Lagning fæðingar	50–60
	Samtals:	1.200–1.480

## Kostnaðarskilvirkni aðgerða

Skilvirkni þeirra aðgerða sem taldar hafa verið upp í þessari skýrslu er metin sem kostnaður á massaeiningu af gróðurhúsalofttegundum sem dregið er úr losun á, metið sem krónur á tonn af CO<sub>2</sub>-ígildum. Eins og fram hefur komið er kostnaður lauslega metinn og endanlegt mat á kostnaðarskilvirkni krefst ítarlegrar hönnunar uppfærðs rafdreifikerfis. Það mat á skilvirkni aðgerða sem er birt hér gefur hins vegar góða mynd af mögulegum samdrætti mengunarefna frá hafnargeiranum, sem bera má saman við aðra samdráttarmöguleika út frá áætlaðri kostnaðarskilvirkni.

Búið var til skilvirknislíkan í verkefninu þar sem væntanlegur kostnaður og ávinningur vegna aukinnar sölu landrafmagns var metinn. Skilvirkni er reiknuð frá árinu 2020, þar sem gert var ráð fyrir 3–4 árum til undirbúnings og framkvæmda; líkanið gerir ráð fyrir að hámarksárangri sé náð árið 2020 með samdrætti uppá 17,5 kt CO<sub>2</sub>-ígilda. Forsendur líkansins eru sýndar í Töflu 4. Gert er ráð fyrir að heildar fjárfestingarkostnaður við aðgerðirnar sé um 3,1 milljarðar ISK, sem fellur annars vegar á Faxaflóahafnir og hins vegar á Orkuveituna. Þá er gert ráð fyrir 0.5% árlegri fjölgun skipakoma til Faxaflóahafna og að hagnaður hafnanna af raforkusölu sé 20% af tekjum af raforkusölu. Þá er gert ráð fyrir 5% reiknivöxtum í útreikningum.

Tafla 5. Forsendur skilvirknilíkans

Forsenda	Eining	Gildi
Fjárfestingarkostnaður FFH	MISK	4.200
Fjárfestingarkostnaður OR	MISK	1.350
Raforka frá OR	ISK/kWh	11,57
Raforka frá FFH	ISK/kWh	16,1
Árlegur vöxtur FFH	%	0,5
Reiknivextir	%	5
Hagnaður af raforkusölu	%	28
Samdráttur í losun GHG 2020	Kt	17,5

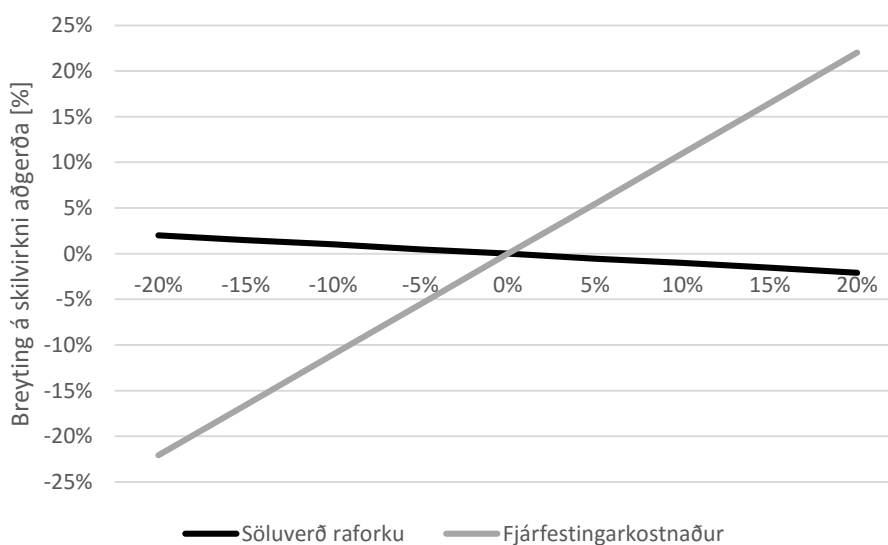
Kostnaðarskilvirkni var áætluð annars vegar til ársins 2030 og hins vegar til 2050. Niðurstöður líkansins eru birtar í Töflu 5. Af töflunni má sjá að með fyrrnefndum aðgerðum má draga úr útstreymi gróðurhúsalofttegunda sem nemur um 196 kt CO<sub>2</sub>-ígilda fyrir árið 2030 og um 583 kt fyrir árið 2050. Er þá samantlagður samdráttur til ársins 2050 sambærilegur við árlegt útstreymi frá íslenskum sjávarútvegi. Niðurstöður gefa til kynna að væntanlegur hagnaður af sölu landrafmagns til skipa komi ekki til með að standa undir áætluðum kostnaði vegna framkvæmdanna, en miðað við gefnar forsendur yrði framlegð hafnanna vegna orkusölu um 80 milljónir ISK árlega. Niðurstöður sýna að

kostnaðarskilvirkni aðgerðanna vegna samdráttar útstreymis til ársins 2030 sé um 23.200 ISK/tonn CO<sub>2</sub>-ígildi, sem fer niður í um 6.300 ISK/tonn CO<sub>2</sub>-ígildi fyrir árið 2050.

Tafla 6. Helstu niðurstöður skilvirknilíkans

Niðurstaða	Eining	Gildi
Samdráttur GHIL til 2030	Kt CO <sub>2</sub> -ígilda	196
Samdráttur GHIL til 2050	Kt CO <sub>2</sub> -ígilda	583
Kostnaður til 2030, núvirtur	MISK	4.580
Kostnaður til 2050, núvirtur	MISK	3.650
Skilvirkni aðgerða til 2030	[ISK/tonn CO <sub>2</sub> -ígildi]	23.200
Skilvirkni aðgerða til 2050	[ISK/tonn CO <sub>2</sub> -ígildi]	6.300

Þar sem forsendur kostnaðarskilvirknilíkansins eru nokkuð óljósar, var gerð næmnigreining á skilvirkni aðgerðanna til að meta áhrif breytinga, annars vegar á framkvæmdakostnaði og hins vegar á útsöluverði Faxflóahafna á raforku. Niðurstöður næmnigreiningar eru sýndar á mynd 4, en könnuð var næmni á kostnaðarskilvirkni fyrir ±20% breytingum á söluverði raforku og fjárfestingarkostnaði.



Mynd 4. Næmnigreining á kostnaðarskilvirkni

Niðurstöður næmnigreiningar sem sýndar eru á Mynd 4 gefa til kynna að kostnaðarskilvirkni sé mun næmari fyrir upphaflegum fjárfestingarkostnaði en söluverði raforku. Þannig myndi 20% minnkun fjárfestingarkostnaðar leiða til um 22% betri skilvirkni, en 20% aukning á söluverði raforku myndi aðeins bæta skilvirkni um 2%. Niðurstöðurnar falla vel að niðurstöðum Fiadomors frá 2009 sem bentu til að raforkusala til skipa gæti einungis staðið undir litlum hluta fjárfestingarkostnaðar við umsvifamikla uppbyggingu landtenginga.

Þó svo að umhverfislegur ávinningur af áformum um auknar landtengingar sé verulegur, er kostnaður við aðgerðirnar það mikill að ljóst er að hafnaryfirvöld geta ekki staðið að þeim einsömul. Þar þarf að koma til stuðningur frá stjórnvöldum, bæði til að fjármagna framkvæmdir sem og til að tryggja lágmarksnotkun kerfisins með lagasetningu. Íslensk stjórnvöld vinna nú að því að leita leiða til að draga úr losun gróðurhúsalofttegunda innanlands til að efna skuldbindingar þjóðarinnar við alþjóðasamninga, s.s. Parísarsamkomulagið. Kostnaðarskilvirkni þeirra aðgerða sem verið hafa til skoðunar hjá stjórnvöldum hefur verið metin af sérfræðinganefnd Umhverfisstofnunar (Brynhildur

Davíðsdóttir og fleiri, 2009). Niðurstöður þeirrar vinnu er birt í Töflu 7, þar sem kostnaðarskilvirkni aukinna landtenginga til ársins 2050 er höfð til samanburðar.

Tafla 7. Kostnaður við ýmsar aðgerðir í samdrætti GHL, krónur á hvert tonn GHL

Aðgerð	Kostnaður á tonn CO <sub>2</sub> [ISK]
Sparneytnari bílar	-215.000
Ganga og hjóleiðar	-37.800
Fiskveiðar	-24.800
Úrgangur	-14.000
Dísilfólksbílar	-9.200
Járblendi, rafhitarar í stað olíu	-7.700
Fiskimjöl	-7.000
Bætt nýting búfjáraburðar	-2.500
Binding í lífmassa, aðferð A	0
Umbætur í áliðnaði	0
Járblendi, kurl úr fersku timbri	0
Járblendi, timburkurlsúrgangur	400
Bætt meðferð búfjáraburðar	900
Endurheimt votlendis	900
Metanbílar	1.000
Landgræðsla	1.300
Skógrækt	1.500
Sementsverksmiðjan, aðgerðir	1.900
Etanól í bensín, bílar og tæki	3.200
Lífdísil í dísilolíu, tæki	4.600
Breytt fóðrun búfjár	5.000
Lífdísil í dísilolíu, bílar	5.600
Endurnýting kolefnis í eldsneyti	5.600
Binding lífmassa, aðferð B	5.700
Jurtaolía í stað gas-svartolíu, skip	5.800
<b>Auknar landtengingar skipa</b>	<b>6.300</b>
Lífdísil í stað gasolíu, skip	7.900
Metan í stað gasolíu, skip	8.700
Tilbúin gasolía í stað gasolíu, skip	9.600
Metanól í bensín	10.400
Skipaskrúfa	11.900
DME í stað gasolíu, skip	15.200
Tvinnbensín- og dísilbílar	15.600
Hraðvagnakerfi	24.800
Vetni á skip	30.200
E85-bílar	42.000
Rafmagnsbílar	92.000
Léttlestarkerfi	192.000
Vetnisbílar	258.000

Tafla 7 sýnir að samanborið við aðra kosti í samdrætti gróðurhúsalofttegunda á Íslandi er kostnaðarskilvirkni aukinna landtenginga í meðallagi. Ýmis verkefni myndu skila árangri með minni tilkostnaði og jafnvel nettóhagnaði, en önnur eru mun dýrari en þær leiðir sem hafa verið til umfjöllunar í þessari skýrslu. Þá benda niðurstöður til að auknar landtengingar séu meðal hagkvæmari samdráttarleiða í sjávarútvegi.



## Samantekt

Starfsemi innan Faxaflóahafna er þung og umsvifamikil og veldur talsverðri mengun. Engu að síður er ljóst að starfsemi hafnanna er lífsnauðsynleg íslenskum efnahag og mannlífi. Hafnaryfirvöld hafa á undanförunum árum markað sér metnaðarfulla og skýra umhverfisstefnu með það að markmiði að draga úr neikvæðum umhverfisáhrifum sem reksturinn veldur. Góður árangur hefur náðst í umhverfismálum í tengslum við grænt bókhald og hafa umhverfisáhrif sem rekja má beint til reksturs Faxaflóahafna dregist saman undanfarið. Niðurstöður þessa verkefnis gefa hins vegar til kynna að beint útstreymi mengunarefna frá hafnarrekstrinum í andrúmsloftið sé aðeins um 0.1% af heildarútstreymi á hafnarsvæðunum, en 99,9% eiga uppruna sinn hjá viðskiptavinum hafnanna. Er því ljóst að til þess að draga úr mengun við hafnirnar er vænlegast að auðvelda viðskiptavinum að draga úr eigin umhverfisáhrifum.

Mestum umhverfislegum ávinningi má ná með því að auka notkun landrafmagns um borð í skipum við höfn. Nýta skipin sér þá innlenda raforku sem framleidd er á umhverfisvænan og endurnýjanlegan máta, í stað þess að brenna skipaolíu í ljósavélum sínum. Nú þegar nýta innlend fiskiskip og togarar sér þessa þjónustu, en rafdreifikerfi hafnanna var hannað með það í huga að þjónusta þessi skip. Til að auka megi sölu á raforku til annarra og orkufrekari skipa sem hafnirnar sækja þarf að endurhanna og uppfæra núverandi dreifikerfi. Í þessari skýrslu eru birtar lauslegar áætlanir á orkuþörf skipa við Faxaflóahafnir, á umhverfislegum ávinningi af auknum landtengingum og á kostnaði við nauðsynlegar aðgerðir til að auka megi landtengingar. Áætlanir eru aðeins byggðar á fjölda skipa hvernar tegundar sem hafnirnar sækja og meðal eyðslustuðlum slíkra skipa á heimsvísu. Eindregið er mælt með að Faxaflóahafnir taki upp sundurliða útstreymisbókhald fyrir viðskiptavinum sína. Slíkt bókhald myndi bæta til muna yfirsýn yfir útstreymi mengunarefna við hafnirnar, sem og myndi það verða lagt til grundvallar ítarlegri endurhönnun rafdreifikerfisins.

Niðurstöður verkefnisins benda til að talsverður umhverfislegur ávinningur sé af auknum landtengingum við hafnir Faxaflóahafna. Með slíkum aðgerðum mætti draga úr losun gróðurhúsalofttegunda við hafnirnar sem nemur allt að 17.5 kt CO<sub>2</sub>-ígilda á ári, en það samsvarar 3,9% heildarútstreymis frá íslenskum sjávarútvegi. Aukinheldur myndu þessar aðgerðir draga úr útstreymi mengunarefnanna SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> og svifryks svo nemur fjölda tonna á ári. Kostnaður við nauðsynlegar endurbætur á rafdreifikerfinu til að unnt sé að höndla þann umhverfislega ávinning er verulegur, eða um 5,5 milljarður ISK samkvæmt lauslegri kostnaðaráætlun. Hagnaður af sölu rafmagns mun ekki einn og sér geta staðið undir svo umsvifamiklum innviðafjárfestingum, miðað við núverandi skipakomur og núverandi gjaldskrá raforku. Þó svo að orka í gegnum landtengingar sé umtalsvert ódýrari fyrir útgerðir en notkun ljósavéla, bendir næmnigreining sem gerð var í verkefninu til þess að hækkun verðskrár raforku myndi ekki gera það að verkum að aðgerðirnar standi fjárhagslega undir sér.

Til að auknar landtengingar skipa í höfn verði að veruleika er því ljóst að til þarf að koma stuðningur frá stjórnvöldum. Sá stuðningur verður bæði að vera fjárhagslegur til að styðja við innviðauppbýggingu sem og lagalegur til að tryggja lágmarksnotkun kerfisins og festa landtengingarvenjur í sessi. Ávinningur stjórnvalda af auknum landtengingum skipa er tvíþættur. Í fyrsta lagi leiða aðgerðirnar af sér samdrátt í útstreymi gróðurhúsalofttegunda og geta því verið hluti af aðgerðum íslenskra stjórnvalda til að uppfylla skuldbindingar sínar gagnvart alþjóða loftslagssamningum, s.s. Parísarsamkomulaginu. Í öðru lagi munu aðgerðirnar bæta loft- og vistgæði við umhverfi hafnanna, sem mun auðvelda þá uppbyggingu íbúðarbyggðar í grennd við hafnarsvæði sem nú er á skipulagsáætlunum borgaryfirvalda.

Samanburður við aðra kosti í samdrætti í útblæstri gróðurhúsalofttegunda hérlendis sýnir að kostnaðarskilvirkni aukinna landtenginga sé í meðallagi. Samanburðurinn sýnir að auknar



landtengingar eru fjárhagslega samkeppnishæfar við marga kosti sem hafa verið í umræðunni undanfarið. Til að mynda sýna niðurstöður verkefnisins að samdráttur útstreymis með landtengingum sé ódýrari á hverja massaeiningu gróðurhúsalofttegunda en aðgerðir á borð við rafbílavæðingu, hraðvagnakerfi, alkóhól-íblöndun og endurnýtingu kolefnis í framleiðslu á tilbúnu eldsneyti. Þó svo að aðrar aðgerðir á borð við sparneytnari bíla og aukna göngu og hjólreiðar séu skilvirkari til að ná fram samdrætti í útstreymi mun margt þurfa að gera svo unnt verði að ná þeim háleitu markmiðum sem íslensk stjórnvöld hafa sett sér í loftslagsmálum. Niðurstöður þessa verkefnis benda til að auknar landtengingar geti verið þar ofarlega á forgangslista.

Næstu skref

Greining sú er framkvæmd var í þessu verkefni byggir á lauslegri þarfagreiningu viðskiptavina Faxaflóahafna ásamt fyrri verðtilboðum í framkvæmdir. Niðurstöður verkefnisins gefa því lauslega mynd af heildarskilvirkni fyrirhugaðra aðgerða sem bera má saman við aðra kosti í loftslagsmálum. Til að ýta verkefninu úr vör þarf hins vegar að ráðast í ítarlegri greiningarvinnu og áætlanagerð. Næstu skref í verkefninu eru því m.a.:

- Gera þarf þarfagreiningu fyrir öll skip sem koma til hafnar út frá skipakomuskrá. Sundurliða þarf væntanlega orkunotkun eftir bryggjum og tengipunktum og setja upp útstreymisbókhald fyrir viðskiptavini hafnanna.
- Hafa þarf samráð við helstu viðskiptavini hafnanna og ræða framtíð landtenginga, m.t.t. endurnýjunar skipaflota og tækjabúnaðar.
- Taka þarf tillit til framtíðarskipulags hafnarsvæða við uppbyggingu rafdreifikerfis. Sérstaklega þarf að hafa í huga orkuþörf í Gömlu höfninni, haldi þyngrri hafnarstarfsemi áfram að flytja þaðan.
- Sundurliða þarf kosti í landtengingum eftir hafnarsvæðum og skipategundum, svo unnt sé að meta skilvirkni hvers tengipunktar fyrir sig og forgangsraða í fyrirhugaðri uppbyggingu.



## Heimildaskrá

Bailey D., Plenys T., Solomon G. M., Campbell T. R., Feuer G. R., Masters J., Tonkonogy B. (2004), "Harboring Pollution – strategies to clean up U.S. ports". NRDC – The earth's best defence.

Bergsdóttir, Bergþóra (2015a), „Samantekt um landtengingar skipa – Gamla höfnin í Reykjavík og Akraneshöfn – vinnuþlagg“. Skýrsla unnin fyrir hönd Faxaflóahafna.

Bergsdóttir, Bergþóra (2015b), „Minnisblað um landtengingar skipa í Gömlu höfninni og Akraneshöfn“. Minnisblað unnið fyrir hönd Faxaflóahafna.

Brynhildur Davíðsdóttir, Ágústa Loftsdóttir, Birna Hallsdóttir, Bryndís Skúladóttir, Daði Már Kristófersson, Guðbergur Rúnarsson, Hreinn Haraldsson, Pétur Reimarsson, Stefán Einarsson, Þorsteinn Ingi Sigfússon (2009), „Möguleikar til að draga úr nettóútstreymi gróðurhúsalofttegunda á Íslandi“, Skýrsla Sérfræðinganevndar, Umhverfissráðuneytið.

CARB (2008), "Emissions Estimation Methodology for Ocean-Going Vessels", California Air Resources Board, Planning and Technical Support Division, May 2008.

CLIA (2010), "The overview – 2010 CLIA Cruise Market Overview". Cruise Lines International Association.

ESB, 1999, Council Directive 1999/32/EC of 26 April 1999, relating to a reduction in the sulphur content of certain liquid fuels and amending Directive 93/12/EEC.

ESB, 2012, Directive 2012/33/EU of the European Parliament and of the Council of 21 November 2012, amending Council Directive 1999/32/EC as regards the sulphur content of marine fuels.

Faxaflóahafnir (2011), „Umhverfisstefna Faxaflóahafna“, <http://www.faxaflaohafnir.is/umhverfisstefna-faxaflaohafna/> (sótt 05/07/16).

Faxaflóahafnir (2013), „Framtíðarsýn Faxaflóahafna“ <http://www.faxaflaohafnir.is/en/framtidarsyn-faxaflaohafna-sf/> (sótt 11/07/16).

Faxaflóahafnir (2015), „Ársskýrsla 2015“, <http://www.faxaflaohafnir.is/wp-content/uploads/%C3%81rssk%C3%BDrsla-2015.pdf> (sótt 05/07/16).

Fiadomor, Richard, "Assessment of alternative maritime power (cold ironing) and its impact on port management and operations" (2009). World Maritime University Dissertations. Paper 277.

Fjalarr Gíslason (2016), fagstjóri rafmagns hjá Veitum ohf. Persónuleg samskipti.

Harrop P., Das R. "Electric Boats and Underwater Vehicles". ELAnalyst, issue 99, <http://www.environmentalleader.com/wp-content/uploads/2014/02/EL-Analysts-99-electric-boats-IDTechEX.pdf> (sótt 11/07/16).

IEC/ISO/IEEE (2012), "International standard – Utility connections in port – Part 1: High voltage shore connection (HVSC) Systems – General Requirements", [https://webstore.iec.ch/preview/info\\_iecisoieee80005-1%7Bed1.0%7Den.pdf](https://webstore.iec.ch/preview/info_iecisoieee80005-1%7Bed1.0%7Den.pdf) (sótt 12/07/16).

Jón Þorvaldsson (2016), aðstoðarhafnarstjóri Faxaflóahafna, munnleg heimild á fundi (15/06/2016).

Mannvit (2012), „Landtengingar skipa“. Skýrsla unnin fyrir Faxaflóahafnir. <http://www.faxaflaohafnir.is/wp-content/uploads/Lokask%C3%BDrsla-Landtengingar.pdf> (sótt 06/07/16).



Marcon (2016), "Tug Market Report". Market overview report prepared by Marcon International Inc. [http://www.marcon.com/library/market\\_reports/2016/tg05-16.pdf](http://www.marcon.com/library/market_reports/2016/tg05-16.pdf) (sótt 11/07/16).

Merk, Olaf (2014), "Shipping Emissions in Ports". Discussion paper prepared for the International Transport Forum.

Mofor L., Nuttall P., Newell A. (2015), "Renewable Energy Options for Shipping". Technology Brief produced for IRENA (International Renewable Energy Agency).

Samgönguráð (2015), „Samgönguáætlun 2015–2026. Greinargerð með tillögu samgönguráðs – Drög“, <https://www.innanrikisraduneyti.is/media/frettir-2015/SGA-Drog--28.-september.pdf> (sótt 12/07/16).

SSI (2015), „Changing Context – Global Trends“. Sustainable Shipping Industry, report prepared for forum for the future, <http://www.ssi2040.org/wp-content/uploads/2015/04/SSI-Global-Trends-Digital-Final-Report.pdf> (sótt 22/07/16).

Sæmundsson, Gunnar (2015), „Minnisblað nr 2. – Landtenging skipa í Faxaflóahöfnum“. Minnisblað unnið fyrir hönd Faxaflóahafna.

Tetra Tech (2007), „Use of shoreside power for ocean-going vessels – White paper“. Report prepared for the American Association of Port Authorities.

Theodoros G Papoutsoglou (2012), „A cold ironing study on Modern Ports, Implementation and Benefits Thriving for Worldwide Ports“. Thesis, School of Naval Architecture & Marine Engineering, National Technical University of Athens.

Umhverfisstofnun (2015), „Losun Íslands“, <http://www.ust.is/einstaklingar/loftslagsbreytingar/losun-islands/> (sótt 06/07/16).

Umhverfisstofnun (2015), „Verkefni í sóknaráætlun í loftslagsmálum“, [https://www.umhverfisraduneyti.is/media/PDF\\_skrar/Soknaraaetlun---Vidauki.pdf](https://www.umhverfisraduneyti.is/media/PDF_skrar/Soknaraaetlun---Vidauki.pdf) (sótt 06/07/16).

Umhverfisstofnun (2016), „National Inventory Report – Emissions of greenhouse gases in Iceland from 1990–2014“. [http://www.ust.is/library/Skrar/Einstaklingar/Loftgaedi/Iceland%20NIR%202016\\_Version%205\(2016\\_0415\).pdf](http://www.ust.is/library/Skrar/Einstaklingar/Loftgaedi/Iceland%20NIR%202016_Version%205(2016_0415).pdf) (sótt 05/07/16).

UNCTAD (2015), „Review of Maritime Transport – 2015“, report by the United Nations Conference on Trade and Development, [http://unctad.org/en/PublicationsLibrary/rmt2015\\_en.pdf](http://unctad.org/en/PublicationsLibrary/rmt2015_en.pdf) (sótt 22/07/16).

WPCI (2010), „Carbon Footprinting for Ports – Guidance document“. Report prepared for the IAPH – Port Environment Committee.

## Viðauki A – Útreikningar

Orkuþörf	kW	Tími í höfn
Flutningaskip	800	12
Tankskip	1400	17,5
Farþegaskip	5100	18

Ár	Komur						Orkunotkun [MWh]						Alls
	Flutningaskip	Tankskip	Farþegaskip	Rannsóknar- og varðskip	Togarar og fiskiskip	Önnur skip	Flutningaskip	Tankskip	Farþegaskip	Rannsóknar- og varðskip	Togarar og fiskiskip	Önnur skip	
2005	592	200	79	90	685	70	5683.2	4900	7252.2				
2006	569	198	74	89	657	35	5462.4	4851	6793.2	1691	2700	757	<b>22254</b>
2007	601	155	76	92	762	23	5769.6	3797.5	6976.8	1748	3400	497	<b>22189</b>
2008	574	134	82	86	625	24	5510.4	3283	7527.6	1634	3400	519	<b>21874</b>
2009	451	145	80	82	711	35	4329.6	3552.5	7344	1558	4000	757	<b>21541</b>
2010	420	135	77	83	753	45	4032	3307.5	7068.6	1577	3500	973	<b>20458</b>
2011	424	125	68	73	742	22	4070.4	3062.5	6242.4	1387	4500	476	<b>19738</b>
2012	448	128	82	93	685	35	4300.8	3136	7527.6	1767	5200	757	<b>22688</b>
2013	503	141	80	70	634	44	4828.8	3454.5	7344	1330	5550	952	<b>23459</b>
2014	486	116	91	56	625	32	4665.6	2842	8353.8	1064	5400	692	<b>23017</b>
2015	490	123	108	79	609	38	4704	3013.5	9914.4	1501	9675	822	<b>29630</b>



Tegund	Fjöldi	MWhr	CO2-ígildi	CO	Útblástur kg/ári					
					Nox	PM10	Pm2,5	Sox	CO2	CH4
<b>Flutningaskip</b>	490	4,704	3,255,497	5,174	61,152	1,176	1,646	1,882	3,245,760	423
<b>Tankskip</b>	123	3,013	2,085,207	3,314	39,169	753	1,055	1,205	2,078,970	271
<b>Farþegaskip</b>	108	9,914	6,861,459	10,906	128,887	2,479	3,470	3,966	6,840,936	892
<b>Rannsóknar- og varðskip</b>	79	1,501	1,038,797	1,651	19,513	375	525	600	1,035,690	135
<b>Togarar og fiskiskip</b>	609	5,375	3,719,876	5,913	69,875	1,344	1,881	2,150	3,708,750	484
<b>Önnur skip</b>	38	791	547,444	870	10,283	198	277	316	545,807	71
<b>Total</b>	1447	25,298	17,508,281	27,828	328,880	6,325	8,854	10,119	17,455,913	2,277

Útblástursstuðlar kg/MWst	
CO	1.1
Nox	13
PM10	0.25
PM2,5	0.35
Sox	0.4
CO2	690
CH4	0.09

**Hlutdeild af sjávarútvegi [%]** 3.8%

**Aukin virkjanapörf [MW]** 3.088765