

FLÓTTINN FRÁ JÖRÐU - FERÐIN TIL STJARNANNA



HÁKON ÞORBERGUR JÓNSSON

*„The Earth is the cradle of humanity, but
mankind cannot stay in the cradle
forever.“ – Konstantin Tsiolkovsky,
geimflugavísindamaður*

3. maí 2022

Hákon Þorbergur Jónsson

Þetta verkefni er lokaverkefni mitt við Verkmenntaskóla Austurlands

Það er unnið í áfanga sem heitir lokaverkefni og er undir stjórn Pjeturs St.

Arasonar

Leiðbeinandi minn í verkefninu var Gunnar Sveinbjörn Ólafsson

Efnisyfirlit

1 - Inngangur.....	1
2 - Eilíf leit manna að nýjum og betri heimkynnum	2
3 - Loftslagsbreytingar.....	2
4 - Stutt saga geimferðalaga	5
5 - Elon Musk, Jeff Bezos og áhugi ofurríkra á geimnum.....	6
5.1 - Elon Musk og SpaceX	6
5.2 - Jeff Bezos og Blue Origin.....	7
6 - Er það í raun og veru möguleiki að lifa á öðrum hnöttum?.....	9
6.1 - TRAPPIST-1 sólkerfið	9
6.2 - Mars	10
Af hverju Mars?	10
Vandamálin við Mars sem þarf að leysa.....	10
6.3 - Getum við ferðast til annara hnatta í dag?	12
7 - Eigum við að leita út í geim? - Lokaorð	13
Heimildir	15
Myndaskrá	18

1 - Inngangur

Mannskjan hefur ávallt leitað að einhverju nýrra og betra en hún hefur haft í höndunum hverju sinni, þar er heimili manneskjunar, plánetan jörð, engin undantekning. Flutningur manna milli landsvæða á jörðinni hafa átt sér stað í þúsundir ára af fjölmörgum ástæðum, stríði, náttúrhamförum, uppskeruskorti, o.s.frv. En nú þegar ný ógn steðjar að mannkyninu, loftslagsbreytingar, er kannski þörf á róttækari flutningum manna en nokkurn tímann áður?

Loftslagsbreytingar eru stærsta ógnin sem nútímamaðurinn hefur nokkurn tímann staðið frammi fyrir og rannsóknir benda til þess að ef hlýnun jarðar af mannavöldum heldur áfram af sama hraða verða mörg svæði jarðarinnar brátt óbyggileg. (IPCC, 2018). Ýmsir hugsjónamenn hafa því stungið upp á að flytja mannkynið til annara hnatta.

Þessi möguleiki er auðvitað undir tækni og vísindum kominn en tækninni fleygir áfram á öllum sviðum og ekki er erfitt að ímynda sér flutninga til annarrar plánetu í framtíðinni. Undanfarna áratugi hafa tækniframfarir verið slíkar að ekki er óraunhæft að ætla að flutningur til annarrar plánetu sé eitthvað sem mögulega geti ræst.

Í skáldsögum, þá sérstaklega vísindaskáldsögum, hefur söguefnið oftast en ekki snúist um líf á öðrum hnöttum og/eða líf í risavöxnum geimstöðum þar sem daglegt líf snýst um að komast af. Einnig hefur fjöldi kvikmynda snúist um sama efni. Það er því frekar auðvelt fyrir hinn almenna borgara að ímynda sér að þessi möguleiki, að flytjast búferlum til annarra hnatta sé innan seilingar.

Milljarðamæringar hafa á seinustu 20 árum skoðað möguleikann á því að gera geimferðalög kostnaðarminni og auðveldari í framkvæmd ásamt því að nema land og stofna nýlendu á öðrum hnöttum eða í geimnum.

Markmið og tilgangurinn með þessari ritgerð er að kanna hvort að mannkynið ætti að leita slíkra tækifæra og hvort slíkt sé mögulegt miðað við þá þekkingu sem við höfum í dag.

2 - Eilíf leit manna að nýjum og betri heimkynnum

Leit manna að nýjum heimkynnum er ekki ný á döfinni og hefur átt sér stað í þúsundir ára. Kenningar eru til um af hverju fólk flytur á milli staða en alltaf þurfa að vera einhverjar ástæður á bak við flutninginn. Til þess að ferðast til annara heimkynna þurfa að vera kostir við nýju heimkynnin sem þau gömlu hafa ekki. Til að byrja með færði mannkynið sig um set til þess að leita sér matar og til þess að forðast sjúkdóma og sníkjudýr sem fylgdu því lifa í Afríku. Erfitt er að segja til um hversu langan tíma það tók formanninn að dreifa sér um alla jörðina en tólin sem maðurinn hafði umfram aðrar dýrategundir, eins og verkfæri, föt, samvinnuhæfni og tungumál gerðu honum kleift að ferðast til annarra heimsálfa á aðeins 50,000 árum eftir að fyrsti *Homo sapiens* kom fram. Maðurinn færði sig frá heimkynnum sínum í Afríku til þess að forðast sníkjudýr, rándýr, sjúkdóma og stundum öfgafullum breytingum í veðurfari sem fylgja þessu heita loftslagi. Þessi flutningur mannkynsins frá heimkynnum sínum í Afríku til Evrópu og Asíu olli því að dánartíðni lækkaði, þessi flutningur lengdi líf mannværunar (Teitelbaum, M. S., 2021).

Fólk flytur af mismunandi ástæðum og þeim má skipta í aðdráttarþætti og þrýstipætti, einnig er vert að skoða hvort flutningurinn sé frjáls eða þvingaður. Er flutningurinn varanlegur eða tímabundinn. Er flutningurinn um langan veg eða stuttan. Til aðdráttarþátta teljast ástæður sem lokka fólk til þess að flytja til einhvers staðar. Þessir flutningar sem eru vegna aðdráttarþátta eru frjálsir og oft eru þetta varanlegir flutningar. Til þrýstipátta teljast ástæður sem þvinga menn til þess að flytja frá viðkomandi svæði, eins og náttúrhamfarir til dæmis (Östman, Barrefors, Luksepp, Molin og Öberg, 1998/2000). Nú þegar loftslagsbreytingar eru farnar að breyta lífi á jörðinni eru kannski flutningur á mannkyninu vegna þrýstipátta að fara að gerast á næstu árum?

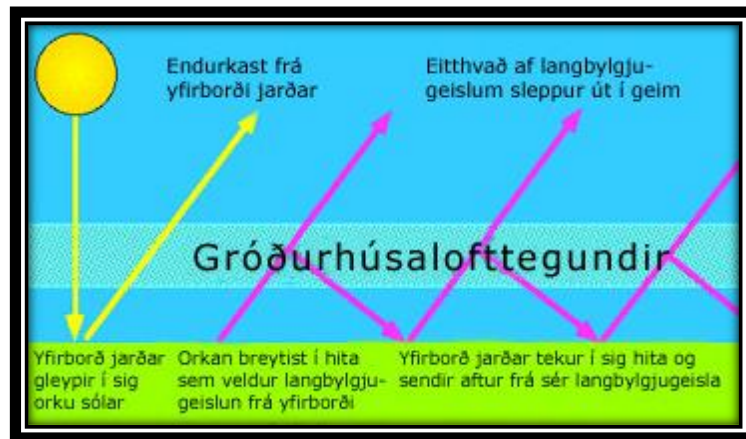
3 - Loftslagsbreytingar

Frá iðnbyltingunni hafa áhrif manna á loftslagið verið orsök fyrir hlýnun jarðar. Rannsóknir sýna að meðalýfirborðshiti jarðarinnar hefur hækkað um 0,85°C á milli árána 1880 og 2012. Stór landsvæði á jörðinni hafa upplifað meiri hækkun á hitastigi nú þegar. Ef núverandi hækkun á yfirborðshitastigi jarðarinnar heldur áfram með sama hraða án þess að inn í það verði gripið mun hitastig hafa hækkað um 1,5°C á milli árána 2030 og 2050. Vísindamenn eru sammála um að hækkandi hitastig á jörðinni sé af völdum mikillar aukningar á

gróðurhúsalofttegundum sem mannkynið mengar frá sér meðal annars með bruna jarðefnaeldsneytis og landnotkunar. Gróðurhúsalofttegundir svo sem Koltvíoxíð, eða CO_2 og Metan eða CH_4 hafa aukist í andrúmsloftinu og valda gróðurhúsaáhrifum (IPCC, 2018).

Skýring gróðurhúsaáhrifanna liggur í því hvernig sólargeislar hegða sér í andrúmslofti jarðarinnar. Sólargeislar ná til yfirborðs jarðar frá sólu og endurkastast aftur út úr lofthjúp jarðar. Gróðurhúsalofttegundirnar hafa takmarkandi áhrif á endurkast sólargeislanna og valda því að aðeins lítil hluti geislanna fer úr lofthjúp jarðar og að mikill hluti verður eftir sem veldur hlýnun. Því hærrí sem styrkur gróðurhúsalofttegundanna er því meiri verða áhrifin og því meira hlýnar í lofthjúp jarðar. Þessi aukna hlýnun hefur valdið loftslagsbreytingum sem ógna öllu lífi á jörðinni (IPCC, 2018).

Á myndinni er útskýrt hvernig sólargeislar hegða sér þegar þeir koma í gegnum lofthjúp jarðar.



1

Aukin tíðni náttúruhamfara, líkt og jarðskjálfta, flóða og fellibylja, í heiminum seinustu 50 ár eru af völdum loftslagsbreytinga. Á þessum fimmtíu árum hafa að hafa náttúruhamfarir átt sér stað einu sinni að meðaltali á hverjum degi. Á hverjum degi deyja að meðaltali 115 manns af völdum náttúruhamfara. Ásamt manntjóninu sem verður daglega vegna náttúruhamfara verða einnig eignatjón að verðmæti u.þ.b. 202 milljóna bandarískra dollara á hverjum degi. (World Meteorological Organization, 2021). Aftakahiti á landi og sjó, flóð, þurrkar, eldar og ofsaveður hafa valdið langvarandi áhrifum á fólk, innviði og vistkerfi og munu halda því áfram. (Veðurstofan, 2022).

Vísindalegar skýrslur og skoðanir um að loftslagsbreytingar séu að eiga sér stað á jörðinni hafa verið lengi í umræðunni. Loftslagið á jörðinni hefur breyst afar reglulega í gegnum söguna. Á seinustu 650,000 árum hefur loftslag jarðarinnar skipst í hlýskeið og kuldaskaið, en fyrir 11,700 árum síðan hófst nútíma loftslagstímabilið sem nú stendur yfir.

Þessar náttúrulegu breytingar á loftslagi á jörðinni verða vegna lítilla breytinga á sporbaug jarðar um sólu, þessar breytingar annað hvort minnka eða hækka sólarmagnið sem jörðin fær. Greinilegt er samt að nú eru nýjustu breytingar á loftslagi okkar að verða af mannavöldum. Það er óumdeilt að nýlegar breytingar á hitastigi í andrúmslofti, hafi og landi eru af mannavöldum. Þessar breytingar eru að eiga sér stað á mun skemmri tíma en áður þekktist í náttúrulegum loftslagsbreytingum. Gervihnettir á braut um jörðina, sem og aðrar nýjar tækniframfarir, hafa gert vísindamönnum kleift að sjá heildarmyndina og um leið safna margvíslegum upplýsingum um plánetuna okkar og loftslag hennar á heimsvísu. (NASA, e.d.)

Fyrsta geimferð mannkynsins markaði tímamót í sögunni, mannkynið allt sá í fyrsta sinn jörðina utan úr geimnum og áttaði sig á því hve lítil og varnarlaus plánetan okkar er í raun og að við höfum ekki endalausar auðlindir og að takmörk eru fyrir því hve mannkynið getur gengið á auðlindir jarðar.

“Our home was not limitless. There was an edge to our existence. It was a rediscovery of a fundamental truth. We are ultimately bound by and reliant upon the finite natural world about us“ – David Attenborough

David Attenborough rifjar upp tilfinninguna þegar Apollo 8 geimfarið streymdi mynd af jörðinni „The Blue Marble“ sem má sjá á forsíðunni og á mynd 2 hér að neðan. Mannkynið áttaði sig á grundvallaratriði, að plánetan okkar er ekki takmarkalaus og það eru takmörk fyrir tilveru okkar þegar það horfði á hversu smá jörðin virtist frá geimnum séð (Fothergill, Hughes, Scholey, 2020).



Mynd af jörðinni tekin frá Apollo 8 geimfarinu árið 1972. Myndin er oft kölluð „The Blue Marble“

2

4 - Stutt saga geimferðalaga

Mannkynið hefur ferðast um og rannsakað geiminn í meira en 60 ár, en áhugi manna á geimnum hófst löngu fyrir geimskot Spútnik gervitunglsins sem fór á loft árið 1957, og Apollo 8 árið 1968. Á árunum milli 1930 og 1940 höfðu nasistar í Þýskaland þróað þá hugmynd að nota langdrægar eldflaugar sem vopn. Þessar langdrægnu eldflaugar skiluðu árangri og virkuðu, margir hugsuðu sig um hvort hægt væri að nota þessa eldflaugatækni til að kanna geiminn. Eftir seinni heimsstyrjöldina hófu Bandaríkin og Sovétríkin að þróa sínar eigin eldflaugar til þess að komast út í geim. Geimferðalög hófust því árið 1957 þegar Sovétríkin sendu Spútnik út í geim en það merka geimfar var fyrsta manngerða gervitunglið til að vera sent út í geim. Við þetta geimskot hófst geimkapphlaupið (á ensku *The Space Race*) á milli Sovétríkjanna og Bandaríkjanna. Geimskotið á Spútnik átti sér stað á meðan að Bandaríkin og Sovétríkin voru í miðjum stjórnáladeilum, betur þekkt sem kalda stríðið. Sovétríkin settu svo Spútnik II á sporbaug sama ár, 1957, og nú með lífveru innanborðs, hundinn Laika. Laika varð þar með fyrsta lífveran, sem við vitum af, sem fór út í geim. Bandaríkjamenn sáu með geimskotinu að tækni Sovétmanna hafði tekið fram úr þeirra tækni og vildu þeir ekki líta út fyrir að vera minni þjóð en Sovétríkin svo þeir stofnuðu NASA árið 1958. Sigrar Sovétmanna í Geimkapphlaupinu héldu samt áfram, þeir sendu fyrsta manninn út í geim þegar Yuri Gagarin fór heilan hring í kringum jörðina árið 1961. Aðeins þremur vikum seinna sendu Bandaríkjamenn Alan Shepard út í geim en honum mistókst að fara heilan hring í kringum jörðina. Þáverandi forseti Bandaríkjanna, John F. Kennedy, sagði að Bandaríkin ættu að leggja áherslu á að koma manni á tunglið og koma honum heim heilum á húfi áður en 7. áratugurinn kláraðist. Þetta markmið tókst hjá Bandaríkjamönnum þegar Apollo 11 varð fyrsta mannaða geimfarið til þess að lenda á tunglinu árið 1969 og Neil Armstrong tók fyrstu skref mannkynsins á tunglinu (National Geographic, 2020).

NASA stóð fyrir sex Apollo-leiðöngrum til tunglsins á árunum 1969 til 1972. Á næstu áratugum hélt mannkynið áfram að kanna geiminn. Um miðjan áttunda áratuginn voru gervitungl komin í notkun og Mariner geimfarið var á sporbaug Mars til að kortleggja yfirborðið. Fyrir lok áttunda áratugarins höfðum við tekið fyrstu myndirnar okkar af Júpíter og Satúrni með Voyager geimfarinu. Á níunda áratugnum var tuttugu og fjórum geimferjum skotið á loft. Þessi geimskot gengu vel þar til 28. janúar 1986 þegar geimferjan Challenger sprakk aðeins 73 sekúndum eftir flugtak. Sjö manna teymið um borð Challenger lést í sprengingunni, þar á meðal Christa McAuliffe, kennari frá New Hampshire sem hefði verið fyrsti almenni borgarinn til að fara út í geim. Árið 2001 átti sér stað annar harmleikur þegar

geimferjan Columbia rifnaði í sundur skömmu áður en það kom aftur inn í lofthjúp jarðar. Allir sjö geimfararnir fórust. Eftir þessar hörmungar voru geimferðalög NASA sett í tveggja ára pásu. Seinasta geimferð NASA var lokið með landingu Atlantis 21. júlí 2011 og þar með lauk þrjátíu ára geimferjuáætlun NASA. NASA hefur síðan hafið hið svonefnda Commercial Crew Program þar sem það leitar til einkarekinna fyrirtæka til þess að framleiða geimför. (Aerospace, 2018).

5 - Elon Musk, Jeff Bezos og áhugi ofurríkra á geimnum

Þegar að þú átt meiri auð en allir aðrir í heiminum, hvað áttu þá að gera við hann? Aðeins örfáir geta spurt sig þessarar spurningar en nokkrir geta það þó. Samkvæmt Forbes eru 2,668 einstaklingar sem eiga meira einn en milljarð Bandaríkjadala. Þessir 2,668 einstaklingar eru 0,0000340253% af íbúum jarðar og eru samtals 12,7 trilljarða Bandaríkjadala virði. (Peterson-Withorn, C., 2022). Ríkustu menn heims, Jeff Bezos og Elon Musk hafa ákveðið að góð leið til þess að verja peningunum sínum sé að hefja byltingu í geimferðalögum til framtíðar og hafa þannig hvor sína leið þeim efnum sem eru mjög áhugaverðar.

5.1 - Elon Musk og SpaceX

Elon Musk fæddist árið 1971 í Suður Afríku. Hann flutti til Kanada þegar hann var 17 ára gamall til þess að komast hjá herskyldu. Musk vildi ekki styðja aðskilnaðarstefnuna í Suður Afríku með því að ganga í herinn svo hann flutti til heimalands móður sinnar, Kanada. Musk sá einnig fjárhagslegu tækifærin í Ameríku og var ungur að aldri farinn að smíða og finna upp hluti. (Gregersen, 2022).

Árið 1992 flutti Musk til Fíladelfíu til þess að stunda nám við Háskólann í Pennsylvaníu og útskrifaðist þar árið 1997 með BA gráður í eðlisfræði og hagfræði. Hann hóf svo nám í eðlisfræði við Stanford háskólann en hætti eftir aðeins tvo daga vegna þess að hann sá hversu mikil tækifæri fólust í Internetinu. Tveimur árum áður en hann útskrifaðist frá Háskólanum í Pennsylvaníu, árið 1995, stofnaði hann fyrirtækið Zip2 sem sérhæfði sig í að útbúa kort og bæklinga fyrir fyrirtæki. Árið 1999 seldi Musk Zip2 til tölvuframleiðandans Compaq fyrir 307 milljón Bandaríkjadali og notaði þá peninga til að stofna PayPal. Musk seldi svo Paypal til eBay árið 2002 fyrir 1,5 milljarða Bandaríkjadollara. Á aðeins sjö árum og

með sölu á tveimur fyrirtækum var Musk orðinn milljarðamæringur. Musk fjárfesti í bílavörumerkinu Tesla árið 2004. Tesla framleiðir og hagnar rafmagnsbíla. Musk hefur margfaldað þann pening sem hann fjárfesti í Tesla. (Gregersen, 2022).

Elon Musk stofnaði SpaceX árið 2002 með peningunum sem hann fékk fyrir söluna á PayPal í von um það að minnka kostnað geimferðalaga og gera ferðalög út í geim möguleg fyrir venjulegt fólk. Musk hefur þann draum að nema land á plánetunni Mars og hefur lengi haft þá skoðun að til þess að mannkynið eigi að lifa af þurfi mannkynið að lifa á fleiri hnöttum heldur en jörðinni. Fyrsta hönnun SpaceX bar nafnið Falcon 1 og var eldflaug sem var hönnuð til þess að skjóta litlum gervitunglum út í geim. Falcon 1 var miklu ódýrari í framleiðslu og betri á marga máta en svipaðar eldflaugar keppinauta fyrirtækisins sem fengu fjármagn frá Bandaríska ríkinu. Margar pantanir voru sendar inn fyrir Falcon 1 og með þessari vel heppnuðu fyrstu hönnun SpaceX tókst Elon Musk áætlunarverkið sitt í fyrstu tilraun þrátt fyrir að fyrsta geimskot Falcon 1 misheppnaðist. (Eldridge, 2022).

SpaceX hefur náð mörgum samningum við Bandaríska ríkið og NASA síðustu ár ásamt því að framleiða mikið ódýrari eldflaugar en keppinautar sínir. Árið 2018 hannaði SpaceX eldflaugina Falcon Heavy sem er í raun kerfi tveggja mismunandi eldflauga sem getur lyft meira en 100 tonnum. Falcon Heavy ber eldflaugina Starship upp í sporbaug jarðar þar sem það fer svo af stað sjálf. Starship er hannað til þess að sjá um samgöngur milli stöðva á tunglinu og á Mars. SpaceX hannaði einnig Dragon geimflaugina sem fer með birgðir til Alþjóðlegu Geimstöðvarinnar. Musk var í hönnunarteyminu í öllum þessum eldflaugum. (Gregersen, 2022).

Elon Musk hefur þá hugmynd efst í huga að flytja mannkynið til Mars þar sem borg verður byggð sem mun geta hýst milljón manns. Elon Musk setti stefnuna á að koma mönnum geimfari til Mars árið 2026 en hefur síðar sett stefnuna á 2029 svo flutningur til Mars borgarinnar er ekki mögulegur í allra nánustu framtíð en SpaceX hefur þann draum að byggja mögulega fleiri en eina borg á Mars (Brown, M., 2022). Starship er eldflaugin sem á að flytja mannkynið til Mars. (Sheetz, M., 2021).

5.2 - Jeff Bezos og Blue Origin

Jeff Bezos fæddist árið 1964 í Nýju Mexíkó. Bezos sýndi snemma áhuga á því að skapa og forrita, en hann útskrifaðist úr Princeton háskólanum árið 1986 með gráður í verkfræði og tölvunarfræði árið 1986. Bezos hóf störf hjá fjárfestingarbankanum D.E. Shaw & Co. árið 1990 þar sem hann vann sig fljótt upp metorðalistann sérstaklega vegna vinnu sinnar við að

finna fjárfestingartækifæri á Internetinu. Hann sagði upp hjá D.E. Shaw & Co. og stofnaði sitt eigið fyrirtæki sem seldi bækur í gegnum Internetið, fyrirtækið bar nafnið Amazon. Amazon fór fljótt að selja fleiri hluti en bækur og varð snemma risi í netverslunar geiranum og árið 2018 var árleg nettó sala fyrirtækisins meira en 233 milljarða Bandaríkjadala (Britannica, e.d.).

Jeff Bezos stofnaði Blue Origin árið 2000, fyrirtæki sem sérhæfir sig í geimförum og tækni tengd geimnum. Líkt og Elon Musk vildi Bezos minnka kostnað geimferðalaga og hefja sölu á geimferðalögum fyrir almenna borgara á einhverjum tímapunkti. Fyrsta eldflug Blue Origin bar nafnið Goddard og var skotið á loft árið 2006, eftir fylgdi geimfarið New Shepard sem tókst árið 2015 að fara út fyrir lofthjúp jarðar og lenda aftur, heilt, á jörðinni. New Shepard var þar með fyrsta geimferjan til þess að fara út í geim fyrir eigin vélarafli og lenti aftur heilt á jörðinni. Blue Origin hannaði og kynnti geimfarið Blue Moon árið 2019, sem er stórt geimfar hannað til þess að lenda á tunglinu. Ríkisstjórn Donald Trumps Bandaríkjaforseta valdi Blue Origin og geimfarið Blue Moon til þess að koma Bandaríkjamönnum á tunglið árið 2024. Árið 2021 byrjaði Blue Origin að ferðast með almenna borgara út í enda lofthjúps jarðar og í þyngdarleysi í geimferjunni New Shepard. Fyrstir voru það Jeff Bezos, stofnandi fyrirtækisins, bróðir hans, Mark Bezos, Wally Funk og Oliver Daemen. Leikarinn William Shatner ferðaðist út í enda lofthjúps jarðar með Blue Origin einnig árið 2021 um borð í New Shepard geimferjunni, líkt og ruðningsstjarnan Michael Strahan. (Rosencrance, L., 2022).

Hvað framtíðina varðar stefnir Blue Origin enn að því að þróa fleiri eldflaugar og geimför til að koma fólki og birgðum út í geim. Markmið fyrirtækisins er að nema land í sólkerfinu okkar á næstu árum. NASA er að undirbúa sig undir það að taka alþjóðlegu Geimstöðina úr notkun í kringum 2024, en það gæti þó verið framlengt til 2028. NASA leitaði sér að einkareknu fyrirtæki til þess að hanna og framleiða nýja geimstöð. NASA veitti Blue Origin 130 milljónir Bandaríkjadala til að þróa Orbital Reef, nýja geimstöð. Markmið NASA er að koma nýrri geimstöð á loft fyrir árið 2030 (Rosencrance, L., 2022). Jeff Bezos, ólíkt Elon Musk, finnst hugmyndin um það að flytja mannkynið til annara hnatta vera verri hugmynd en það að flytja það til risavaxinna geimstöðva sem munu geta hýst það í framtíðinni.

6 - Er það í raun og veru möguleiki að lifa á öðrum hnöttum?

Enginn hnöttur hefur fundist af vísindamönnum sem þeir geta sagt af fullri vissu að sé hæfur til þess að líf geti þrífist þar. Jörðin er fullkomin til lífs, þegar kemur að fjarlægð hennar frá sólinni, lofthjúpnum utan um hana, vatninu og efnasamsetningu hennar. Enga slíka plánetu, fyrir utan jörðina, er þekkt í alheiminum en nokkrar mögulegar plánetur gætu verið lífvænar líkt og jörðin.

6.1 - TRAPPIST-1 sólkerfið

TRAPPIST-1 sólkerfið var uppgötvað árið 2017 og er mest rannsakaða sólkerfi frá upphafi, fyrir utan okkar eigið. Pláneturnar í TRAPPIST-1 kerfinu eru mögulega nógu líkar jörðinni til þess að líf geti þrífist þar. TRAPPIST-1 kerfið hefur verið skoðað úr Spitzer-, Kepler- og Hubbilsjónaukanum. Í sólkerfinu eru sjö plánetur sem eru allar innan lífvænlega svæðisins hjá sinni stjörnu og allar eru þær úr svipuðum efnum. Lífvænlegt svæði sólkerfa er svæðið í kringum stjörnu þar sem það er ekki of heitt og ekki of kalt til að fljótandi vatn geti verið á yfirborði reikistjarna í kring. Rannsókn frá árinu 2021 leiddi meira í ljós um TRAPPIST-1 pláneturnar. Þær eru að öllum líkindum allar gerðar úr svipuðu efni, en eru ekki eins og jörðin þegar kemur að uppistöðu þeirra. Það gæti þýtt að þær innihalda allar um það bil sama hlutfall efna sem talið er að sé í flestum bergreikistjörnum; járn, súrefni, magnesíum og sílikon. Jörðin er einnig úr þessum sömu efnum en hlutföllin hljóta að vera öðruvísi vegna þess að pláneturnar í TRAPPIST-1 kerfinu hafa ekki sama þéttleika og heima-plánetan okkar, eða um 8% minna (Exoplanets – NASA, e.d.). Stjarnan sem hnettirnir snúast í kringum, TRAPPIST-1, er rauður dvergur, og er þess vegna einungis 0,08 – 0,6 af stærð sólarinnar okkar. Rauðir dvergar eru ekki jafn heitir og skína ekki jafn sterkt og stjörnur líkt sólinni en þeir hafa lengri líftíma og gæti það verið hliðhollt mannkyninu til lengri tíma (Gregersen, e.d.).

Erfitt er samt að segja hvort að TRAPPIST-1 sólkerfið sé raunhæfur möguleiki fyrir mannkynið þar sem 40 ljósár eru á milli jarðarinnar og þess. Mannkynið hefur enga tækni til þess að ferðast þessa vegalengd í nútímanum. Lengsta vegalengdin sem nokkur maður hefur farið út í geim er 400,171 kílómetrar þegar áhöfn Apollo 13 fór út af braut sinn er það ferðaðist til tunglsins árið 1970 áður en það kom heim til jarðar (ScienceABC, 2022).

Voyager 1 hefur farið lengst út í geim af öllum manngerðum hlutum. Voyager 1 fór í loftið

árið 1977 og var hannað til þess að taka myndir af stóru plánetunum í sólkerfinu okkar. Voyager 1 hefur nú ferðast áfram í 45 ár og fór framhjá ystu plánetunni í sólkerfinu okkar, Neptúnus, árið 1989 og er nú komið út í jaðra sólkerfisins okkar. Næstu kynni Voyager 1 við stjönu eða plánetu eru eftir 40,000 ár þegar það verður í 1,7 ljósárs fjarlægð frá stjörnunni AC +79 3888. Greinilegt er að það tæki gríðarlegan tíma fyrir mannkynið að ferðast 40 ljósár til TRAPPIST-1 kerfisins með nútímataækni það þyrfti jafnvel að senda menn eða vélmenni á undan geimfarinu sem myndi flytja mannkynið til kerfisins til þess að undirbúa komu þess. (Howell, E., 2022).

6.2 - Mars

Af hverju Mars?

Menn hafa litið á marga hnetti sem möguleg næstu heimili mannkynsins líkt og Evrópu, tungl Júpíters, og tunglið okkar. Menn líta samt mest á Mars, rauða plánetan sem er er fjórða reikistjarnan frá sólu talið og sú ysta af innri reikistjörnunum. Elon Musk sér Mars sem næstu heimkynni mannsins en er ekki sá fyrsti til að benda á hana, rithöfundurinn og verkfræðingurinn Robert Zubrin hefur í áratugi talað um mikilvægi þess að flytja mannkynið til Mars. Zubrin er skrifaði árið 1996 bókina *The Case For Mars* sem fjallar um af hverju menn ættu að nema land á Mars og hvernig. Í bókinni er sagt frá því að Mars hefur öll þau frumefni og steindir sem maðurinn þarf til þess að geta sett upp nýlendu þar. Það eru vatnsbirgðir á Mars líka, sem eru lífsnauðsynlegar mannum og lífi, en ekki er vitað hversu mikið. (Zubrin, R., 1996, bls. 15). Mars er eina reikistjarnan í sólkerfinu okkar sem að við getum ferðast til á skikkanlegum tíma, þ.e.a.s. hún er nógu nálægt okkur til að ferðalag til hennar valdi ekki of miklum vandamálum. Nágrannaplánetan okkar hefur líka ekki sömu vandamál og aðrar reikistjörnur í sólkerfinu okkar. Mars er ysta innri reikistjarnan, þ.e.a.s. hún er ysta bergreikistjarnar og er því ekki jafn heit og bergreikistjörnurnar eru innar en jörðin, líkt og Venus. Gasrisarnir, Júpiter, Satúrnus, Úranus og Neptúnus, eru enn utar en Mars og ekkert líf getur mögulega þrífist þar að sökum kulda og þær eru að mestu gerðar úr gasi. NASA og SpaceX hafa það í plönunum sínum að senda mönnuð geimför til Mars á næstu árum. Þessir þættir samanlagðir gera Mars að fýsilegum kost sem næsta heimili mannsins.

Vandamálin við Mars sem þarf að leysa

Segjum sem svo að við komumst til Mars, hvort það sé í geimfari Elon Musk og SpaceX eða einhverju öðru, þá eru mörg vandamál sem við þurfum að leysa.

Það að vera fyrir utan þyngdarafli jarðar til lengri tíma hefur margvísleg áhrif á líkama manna. Beinþéttni 35 geimfara sem fóru út í geim í 120 – 180 daga minnkaði um 10%. Mars hefur sterkara þyngdarafli en Alþjóðlega geimstöðin, þar sem margir af þessum geimförum voru, en ekki mikið meira. Þegar geimfarar sem eru flest allir í nánast fullkomlegu líkamlegu formi eru að missa svo mikla beinþéttni á aðeins fjórum til 5 mánuðum þá verður mjög erfitt fyrir venjulegt fólk að lifa í minna þyngdarafli en að er á jörðinni. Hjörtu geimfara í Alþjóðlegu geimstöðinni skiptu líka einnig um lag eftir veru í þyngdarleysi. Í geimnum, þar sem ekkert þyngdarafli, hefur hjartað enga mótstöðu til þess að pumpa blóði á móti. Þessi breyting í lagi hjartans hefur mögulega þau áhrif að meiri líkur eru á nýrnasteinum og vísindamenn telja að fleiri kvillar geti fylgt þessari breytingu en ekki hefur þetta verið nógu mikið rannsakað (Hamilton, I. A., 2021).

Elon Musk og fleiri hafa talað mikið fyrir því að jarðmóta (á ensku Terraform) Mars. Jarðmótun er það ferli sem menn, til dæmis, setja af stað til þess að gera plánetu lífvænni en hún var áður. Yfirborðshiti Mars er -63°C , svo að til þess að menn geti lifað á Mars og búið þar til lengri tíma hefur Musk sett fram hugmynd um að hita póla Mars með því að sprengja kjarnorkusprengjur til þess að losa frosnar birgðir af koltvíoxíð sem mun gera hana lífvænlegri. Samkvæmt kenningunni þegar koltvíoxíðbirgðirnar losna út í andrúmsloft Mars þá ættu gróðurhúsaáhrif að fara af stað og lofthjúpur myndi myndast um Mars. Vandamálið er samt það að ekki er vitað hvort að nógu mikið af koltvíoxíð er bundið í pólunum á Mars til þess að lofthjúpur myndist eða gróðurhúsaáhrif geta farið af stað. Svo er líka ekki víst að þyngdarkraftur Mars sé nógu sterkur til þess að missa koltvíoxíð ekki í burtu. Musk hefur samt sagt að tæknin til þess að jarðmóta Mars sé ekki enn til og að erfitt sé að segja hvort að hún verði til í náinni framtíð. Musk vill frekar setja stefnuna á það að komast til Mars, setja upp nýlendu og svo borg (Brown, M., 2022).



Á myndinni er yfirborð Mars eftir landingu manna. Hægra megin á myndinni sést í hvelfingu sem hýsa myndu mannkynið.

3

6.3 - Getum við ferðast til annara hnatta í dag?

Allt ferðalag innan okkar sólkerfis er mögulegt, en frekar hægfara með nútímatækni. Ferðalag til Mars með nútímatækni tæki 7 til 8 mánuði, svo að stutt heimsókn til frændfólks á Mars væri kannski ekkert svo stutt. NASA hefur, hins vegar, rannsakað og gert tilraunir með ýmsa nýja aflagjafa sem myndu flýta ferðalaginu til Mars heilmikið en ennþá er mikið óvitað og engar tilraunir verið gerðar, einungis reikningar út frá frumstæðum frumgerðum (Renstrom, J., 2017). SpaceX heldur því fram að með geimfarinu Starship taki það 6 mánuði að ferðast til Mars og að hægt sé að nota geimfarið aftur og aftur (SpaceX, e.d.).

Ferðalag til annars sólkerfis vefst mikið meira fyrir okkur en allt ferðalag innnan okkar sólkerfis. Hraðinn sem mannkynið þyrfti að ferðast á til annara sólkerfa er svo annað mál. Eitt ljósár er $9,46 \times 10^{13}$ kílómetrar. Ef geimfar væri að ferðast til TRAPPIST-1 kerfisins, sem er í 40 ljósára fjarlægð, á mesta hraða sem mannkynið hefur tekist að ná í nútímanum tæki það u.þ.b. 1,5 milljón ár að ferðast til TRAPPIST-1 kerfisins. Ef að við værum í Star Wars myndunum myndum við einfaldlega skella geimfarinu í „hyperdrive“ og ferðast á ljóshraða eða ef við værum í Star Trek myndum við finna næsta „jump gate“ og ferðast í gegnum ormagöng, og vera mætt eftir enga stund í glænýtt sólkerfi, en við höfum ekki enn hugmynd um hvernig við eigum að gera þessa hluti (Renstrom, J., 2017).

Raunveruleikinn er samt sá að samkvæmt takmörkuðu afstæðiskenningu Albert Einsteins og formúluna sem hann setti fram; $E = mc^2$ (Orka = massi, sinnum, hraði ljóssins í öðru veldi) er ljóshraði mesti hraði sem einhver hlutur getur komist, einhvers konar alheims hámarkshraði. Þetta gerir þeirri hugmynd að menn geti einhvern tímann ferðast á ljóshraða að eðlisfræðilegum ómöguleika. Frumeindi, agnarsmá atóm, eiga ótrúlega erfitt með að ferðast á ljóshraða svo risavaxið geimfar ætti töluvert erfiðara með það en ein lítil frumeind. Í stóra sterkeindarhraðallinum í Genf, sem er stærsti eindarhraðall í heimi, er hraðað róteindum og blýatómkjörnum nálægt ljóshraða. Til þess að hlutir sem hafa massa, líkt og þessar agnarsmáu eindir, ferðist á ljóshraða þarf nær óendanlega orku og mannkynið hefur ekki enn fundið nær óendanlega orku. Þessi afleiðing eðlisfræðarinnar gerir það ómögulegt fyrir mannkynið að ferðast til annara pláneta eða sólkerfa í geimförum sem ferðast á ljóshraða, nema einhver tækni verði fundin upp sem brýtur allar reglur eðlisfræðarinnar. (Petruzzello, M., e.d.)

Í kvikmyndinni *Passengers* frá leikstjóranum Morten Tyldum sem kom út árið 2016 er sagt frá fólki sem vaknar 30 árum of snemma í 120 ára ferðalagi geimfars til plánetu í 60 ljósára fjarlægð frá jörðu. Í myndinni er allt fólkið um borð sett í dvala þar sem það getur lifað

af í 120 ár án þess að eldast. Myndin gerist í framtíðinni þar sem þessi tækni er til staðar og ekkert mál virðist að ferðast 60 ljósár út í geim á aðeins 120 árum. Tækni sem frystir eða setur fólk í dvala og heldur fólki ungu gæti gert mannkyninu kleift að ferðast innanborðs í geimfari sem ferðaðist lengi um geiminn til annara sólkerfa, en engin slík tækni er til í dag. (Weitering, H., 2016).

7 - Eigum við að leita út í geim? - Lokaorð

Í þessari ritgerð hef ég fjallað um möguleikann á því að maðurinn geti flust búferlum til annarra pláneta. Trúlega nálgast sá tímunktur að líf á jörðinni sé ekki lengur mögulegt, nema maðurinn gerir róttækar breytingar á líferni sínu og umgengni um jörðina. Náttúruhamfarir eru nú tíðari en áður sökum loftslagsbreytinga og umgengi mannsins við jörðina virðist ekki lagast þrátt fyrir yfirvofandi vá. Mannkynið hefur flutt sig um set á jörðinni í gegnum aldirnar, flutt sig þar sem búsetuskilyrði eru betri og afkoman betri sjálfum sér til heilla. Nú þegar jörðin er orðin þéttsetin og möguleikar á betri búsvæðum fara fækkandi er það þá rökrétt hugsun mannsins að leita út fyrir mörk hins byggilega heims í leit sinni að betra lífi? Er það rökrétt þróun mannsins að finna sér nýtt heimili þegar að jörðin gefst upp?

Rökin fyrir því eru að jörðin er að verða óbyggileg vegna loftslagsbreytinga og ef mannkynið bæti ekki umgengni sína um jörðin virðist það afar ólíklegt að sú þróun snúist við en engin loforð eru um að betra lífi bíði okkar handan lofthjúps jarðar. Það er mjög kostnaðarsamt að ferðast um geiminn, kostnaður Project Apollo, áætlunin um tunglendinguna, kostaði NASA 28 milljarða Bandaríkjadala frá árunum 1960-1973. Þessir 28 milljarðar Bandaríkjadala samasvara meira en 280 milljörðum Bandaríkjadala í dag (The Planetary Society, e.d.). Þrátt fyrir að bæði Elon Musk og Jeff Bezos og fyrirtæki þeirra hafa unnið að því að lækka kostnað geimferða þá er kostnaðurinn enn mikill, sérstaklega ef að á að setja upp nýlendur á öðrum hnöttum. Elon Musk sagði á Twitter árið 2019 að kostnaðurinn við það að ferðast til Mars og setja upp sjálfbæra nýlendu væri einhvers staðar á bilinu 100 milljarða og 10 billjónir Bandaríkjadala (Elon Musk, 2019). Þessi Twitter-færsla Musk er ekki besta heimildin en greinilegt er að kostnaðurinn við það að setja upp nýlendu á öðrum hnetti er stjarnfræðilegur.

Árið 2021 svöruðu Sameinuðu þjóðirnar spurningu Elon Musk hvernig þeir gætu nýtt auðæfi hans til að binda endi á hungursneið í heiminum. Sameinuðu þjóðirnar svöruðu því til með því að sýna hvern 6 milljarðar Bandaríkjadollara gætu hjálpað 42 milljónum jarðarbúa að lifa af árið 2022. Musk sagði á Twitter ef Sameinuðu þjóðirnar gætu sýnt fram á að 6 milljarðar Bandaríkjadala gætu bundið enda á hungursneið myndi hann gefa þá upphæð til þeirra. Musk hefur ekki enn gefið peningana þegar þessi ritgerð er skrifuð (Wood, 2021). Auðvelt væri að spyrja sig hvort að fjárhæðunum sem er verið

að setja í þessa geimferðarþróun væri ekki betur varið í málefni líkt því að binda endi á hungursneyð á jörðinni. Einnig er gott að spyrja sig hvort að við ættum yfirhöfuð að kanna möguleikanna á því að fara til annara hnatta, sem eru ekki byggilegir, ef við lifum á þeim eina lífvænlega hnetti í margra ljósára fjarlægð. Hægt er að draga úr loftslagsbreytingum, eða jafnvel stöðva þær alveg, ef við leggjumst öll á eitt og beinum að því fjármagni og þekkingu til að þróa lausnir í þeim efnum. Mér finnst því að hugmyndir þeirra Musk og Bezos eru spennandi þá væri þessum fjármunum betur varið í það að takast á við loftslagsbreytingar og snúa við þeirri þróun sem mun gera jörðina óbyggilega

Heimildir

Aerospace. (2018, 1. júní). *A brief history of space exploration*. Sótt 1. maí 2022 af

https://aerospace.org/article/brief-history-space-exploration?fbclid=IwAR37q9X0wKEzBUgrVzoRyIw99OL6_qCtwFyNJVG69e6GQoFeSlhsX5c8c4E

Allen, M.R., O.P. Dube, W. Solecki, F. Aragón-Durand, W. Cramer, S. Humphreys, M. Kainuma, J. Kala, N. Mahowald, Y. Mulugetta, R. Perez, M. Wairiu, and K. Zickfeld. (2018). Special Report: Global Warming of 1.5°C. *IPCC*. Sótt 29. apríl 2022 af <https://www.ipcc.ch/sr15/chapter/chapter-1/>

Britannica. (e.d.). Jeff Bezos. *Britannica*. Sótt 4. maí 2022 af <https://www.britannica.com/biography/Jeff-Bezos>

Brown, M.. (2022, 11. apríl). SpaceX Mars City: Why, When and How Elon Musk Wants To Build His Ambitious Plan. *Inverse*. Sótt 5. maí 2022 af <https://www.inverse.com/innovation/spacex-mars-city-codex>

Eldridge, A.. (2022, 8. apríl). SpaceX. *Britannica*. Sótt 1. maí 2022 af <https://www.britannica.com/topic/SpaceX>

Fothergill, A., Hughes, J. Scholey, K. (leikstjórar). (2020). David Attenborough: A life on our planet. [Kvikmynd]. Netflix.

Gregersen, E. (e.d.). Red dwarf star. *Britannica*. Sótt 21. apríl 2022 af <https://www.britannica.com/science/red-dwarf-star>

Gregersen, E.. (2022, 26. apríl). Elon Musk. *Britannica*. Sótt 1. maí 2022 af <https://www.britannica.com/biography/Elon-Musk>

Hamilton, I. A.. (2021, 22. júlí). Jeff Bezos and Elon Musk both want to colonize space. Here are the 6 biggest problems with their plans, from thinning bones to toxic plants on Mars. *Business Insider*. Sótt 6. maí 2022 af <https://www.businessinsider.com/gaping-holes-elon-musk-and-jeff-bezos-space-plans-2019-7?r=US&IR=T>

Howell, E.. (2022, 19. janúar). Voyager 1: Earth's farthest spacecraft. *SPACE.com*. Sótt 4. maí 2022 af <https://www.space.com/17688-voyager-1.html>

Konstantin Tsiolkovsky. (e.d.). *The European Space Agency*. Sótt 29. mars 2022 af https://www.esa.int/Science_Exploration/Human_and_Robotic_Exploration/Exploration/Konstantin_Tsiolkovsky

- Musk, E. (2019, 9. ágúst). Between \$100B and \$10T. [Svar á Twitter]. Sótt 6. maí 2022 af <https://twitter.com/elonmusk/status/1159964499975135232>
- NASA. (e.d.). Climate Change: How Do We Know. *Climate – NASA*. Sótt 30. apríl 2022 af <https://climate.nasa.gov/evidence/>
- NASA. (e.d.). Largest Batch of Earth-size Habitable Zone Planets Found Orbiting TRAPPIST-1. *Exoplanets – NASA*. Sótt 21. apríl 2022 af <https://exoplanets.nasa.gov/trappist1/>
- National Geographic. (2022, 24. janúar). The History of Space Exploration. *National Geographic*. Sótt 1. maí 2022 af <https://www.nationalgeographic.org/article/history-space-exploration/7th-grade/>
- Peterson-Withorn, C.. (2022, 5. apríl). Forbes' 36th Annual World's Billionaire List: Facts And Figures 2022. *Forbes*. Sótt 1. maí 2022 af <https://www.forbes.com/sites/chasewithorn/2022/04/05/forbes-36th-annual-worlds-billionaires-list-facts-and-figures-2022/?sh=40ae82187e30>
- Petruzzello, M.. (e.d.). Will Light-Speed Space Travel Ever Be Possible?. *Britannica*. Sótt 4. maí 2022 af <https://www.britannica.com/story/will-light-speed-space-travel-ever-be-possible>
- Renstrom, J.. (2017, 2. mars). TRAPPIST-1 Is Only 40 Light Years Away! Wait. What?. *wbur*. Sótt 4. maí 2022 af <https://www.wbur.org/cognoscenti/2017/03/02/trappist-1-40-light-years-away-joelle-renstrom>
- Rosencrance, L.. (2022, janúar). Blue Origin. *TechTarget – WhatIs*. Sótt 2. Maí 2022 af <https://www.techtarget.com/whatis/definition/Blue-Origin>
- ScienceABC. (2022, 4. janúar). What's The Farthest Humans Have Gone In Space?. *ScienceABC*. Sótt 4. maí 2022 af <https://www.scienceabc.com/nature/universe/farthest-humans-have-gone-space-apollo-13-moon-254-km.html>
- Sheetz, M.. (2021, 23. apríl). Elon Musk wants SpaceX to reach Mars so humanity is not a 'single-planet species'. *CNBC*. Sótt 2. maí 2022 af <https://www.cnbc.com/2021/04/23/elon-musk-aiming-for-mars-so-humanity-is-not-a-single-planet-species.html>
- SpaceX. (e.d.). Mars & Beyond: The Road To Making Humanity Multiplanetary. *SpaceX*. Sótt 4. maí 2022 af <https://www.spacex.com/human-spaceflight/mars/>
- Teitelbaum, M. S.. (2021). Population: Biology and anthropology. *Britannica*. Sótt 6. maí 2022 af <https://www.britannica.com/science/population-biology-and-anthropology/Mortality>

The Planetary Society. (e.d.). How much did the Apollo program cost?. *The Planetary Society*. Sótt 6. maí 2022 af <https://www.planetary.org/space-policy/cost-of-apollo>

Veðurstofan. (2022, 28. febrúar). Loftslagsbreytingar eru ógn við velferð fólks og heilsu jarðar. *Veður.is*. Sótt 22. apríl 2022 af <https://www.vedur.is/loftslag/rannsoknir/skyrslur-ipcc/loftslagsbreytingar-eru-ogn-vid-velferd-folks-og-heilsu-jardar-1>

Weitering, H.. (2016, 21. desember). Voyager 1: Sci-Fi Gets Science Right: 'Passengers' Nails the Physics. *SPACE.com*. Sótt 4. maí 2022 af <https://www.space.com/35104-passengers-scifi-movie-nails-space-physics.html>

Wood, J.. (2021, 19. nóvember). The UN tells Elon Musk how his money could end world hunger. *World Economic Forum*. Sótt 6. maí 2022 af <https://www.weforum.org/agenda/2021/11/elon-musk-un-world-hunger-famine/>

World Meteorological Organization. (2021, 31. ágúst). Weather-related disasters increase over past 50 years, causing more damage but fewer deaths. *World Meteorological Organization*. Sótt 21. apríl 2022 af <https://public.wmo.int/en/media/press-release/weather-related-disasters-increase-over-past-50-years-causing-more-damage-fewer>

Zubrin, R.. (1996). *The Case For Mars: The Plan To Settle The Red Planet And Why We Must*. New York: Touchstone

Östman, P., Barrefors, O., Luksepp, K., Molin, L. og Öberg, S. (2000). *Landafraeði: maðurinn, auðlindirnar, umhverfið*. (Jónas Helgason þýddi og staðfærði). Reykjavík: Mál og menning. (Upphaflega gefið út árið 1998).

Myndaskrá

1 Vísindavefurinn. (2004). Hvað veldur gróðurhúsaáhrifum?. [Stafræn ljósmynd]. Sótt 5. maí 2022 af <https://www.visindavefur.is/svar.php?id=4686>

2 Wikipedia. (Upprunalega tekin árið 1972). The Blue Marble. [Stafræn ljósmynd]. Sótt 28. apríl 2022 af https://en.wikipedia.org/wiki/The_Blue_Marble

3 Autoevolution. (2020). SpaceX Will Have People Living in Glass Domes on Mars, Before Terraforming. [Stafræn ljósmynd]. Sótt 6. maí 2022 af <https://www.autoevolution.com/news/spacex-will-have-people-living-in-glass-domes-on-mars-before-terraforming-151852.html#>