

Febrúar 2019



Ísland og fjórða iðnbýltingin

Stjórnarráð Íslands
Forsætisráðuneytið

Huginn Freyr Þorsteinsson
Guðmundur Jónsson
Ragnheiður Hrefna Magnúsdóttir
Lilja Dögg Jónsdóttir
Kristinn R. Þórisson

ISBN 978-9935-482-06-8

Nefnd um fjórðu iðnbyltinguna:

Huginn Freyr Þorsteinsson

Guðmundur Jónsson

Ragnheiður Hrefna Magnúsdóttir

Lilja Dögg Jónsdóttir

Kristinn R. Þórisson

Hönnun og umbrot:

Jónsson og Le'macks


Inngangur	3
Niðurstöður nefndar um fjórðu iðnbyltinguna	5
Iðnbyltingarnar fjórar	10
Iðnbylting á Íslandi	14
Fjórða iðnbyltingin	18
Sjálfvirknivæðing með gervigreind	21
Uppbrot í kjölfar sjálfvirknivæðingar	23
Spár um sjálfvirknivæðingu og þróun vinnumarkaðar	25
Hvaða störf eru líklegust til að verða fyrir áhrifum sjálfvirknivæðingar?	28
Mat á áhrifum sjálfvirknivæðingar á íslenskan vinnumarkað	30
Uppbrot á íslenskum vinnumarkaði	34
Færni og menntun	40
Ísland á þröskuldi fjórðu iðnbyltingarinnar: tækni og nýsköpun	44
Tækifæri Íslands sem auðlinda- og þekkingarhagkerfis	49
Siðfræði og tækniþróun	54
Jöfnuður og tæknibreytingar	57
Gervigreind og fjölbreytileiki	59
Tilvísanir	62



Inngangur

Umræða um fjórðu iðnbyltinguna hefur farið sem eldur um sinu víða um heiminn undanfarin ár. Hún snýst um að skilja eðli og umfang hraðfara tæknibreytinga á síðustu áratugum en ekki síður um að meta jákvæð og neikvæð áhrif þeirra og hvernig megi stýra þeim til hagsbóta fyrir samfélög heimsins. Spurningar hafa vaknað um hvers mannkynið má vænta af þeim gríðarlegu tækninýjungum sem gengið hafa yfir heiminn og eru fyrirsjáanlegar á næstu árum og áratugum. Er hættu á því að störfum fækki varanlega, vélarnar og sjálfvirknivæðingin taki við og grafi þannig undan lífsafkomu manna? Hvernig er hægt að hagnýta tæknina til að auka hagsæld og velferð í samfélaginu? Hvað geta stjórnvöld gert til að stýra þessari þróun inn á jákvæðar brautir? Áhrif tækninnar eru ekki fyrirfram gefin heldur ráðast þau af því hvernig maðurinn notar hana.

Síðan 2016 hefur World Economic Forum haldið mjög á lofti hugmyndinni um fjórðu iðnbyltinguna um þær öru tæknibreytingar sem orðið hafa á síðustu áratugum. Þó að hugtakið hafi notið mikillar hylli getur verið erfitt að skera úr um hvort hér sé á



ferðinni stigmögnun samfélagsbreytinga sem hafa verið að safnast upp á löngum tíma eða slík þáttaskil í tækniþróun að réttlætanlegt sé að tala um upphaf nýrrar samfélagsbýltingar. Hér er ekki tekin afstaða til þess heldur er athyglinni fremur beint að örum tæknibreytingum undanfarinna ára og hugsanlegum áhrifum þeirra.

Um mitt ár 2018 skipaði forsætisráðherra nefnd um fjórðu iðnbýltinguna og var markmiðið með skipan nefndarinnar að „greina frá umræðu um fjórðu iðnbýltinguna á alþjóða-vettvangi, afleiðingar hennar fyrir íslenskt samfélag og tækifæri Íslands í þessum breytingum“.

Í nefndinni sátu:

Dr. Huginn Freyr Þorsteinsson, formaður

Sérfræðingur hjá Aton og stundakennari við Háskóla Íslands í vísindaheimspeki og vísindasögu,

Ragnheiður H. Magnúsdóttir

Forstöðumaður hjá Veitum og formaður tækninefndar Vísinda- og tækniráðs,

Lilja Dögg Jónsdóttir

Hagfræðingur og MBA frá Harvard-háskóla,

Dr. Guðmundur Jónsson

Prófessor í sagnfræði við Háskóla Íslands,

Dr. Kristinn R. Þórisson

Prófessor í tölvunarfræði við HR og stjórnandi Vitvélstofnunar Íslands.

Nefndin hefur unnið skýrslu með það að markmiði að safna saman þekkingu um þær stórstígu tæknibreytingar sem hafa verið felldar undir fjórðu iðnbýltinguna og örva umræðu um þau tækifæri og ógnanir sem felast í henni. Nefndin hefur tekið mið af þeirri alþjóðlegri umræðu sem nú á sér stað um fjórðu iðnbýltinguna. Einnig hefur nefndin með aðstoð Hagstofunnar og Efnahags- og framfarastofnunarinnar (OECD) greint möguleg áhrif sjálfvirknivæðingar á íslenskan vinnumarkað. Í skýrslunni má einnig finna niðurstöður nefndarinnar um mörg þau álitamál sem vakna þegar fjórða iðnbýltingin er rædd. Nefndin vill þakka starfsmönnum Hagstofunnar og forsætisráðuneytisins fyrir veitta aðstoð. Von nefndarmanna er að skýrslan nýtist til að efla umræða um þau brýnu álitamál sem vakna við breytingar sem verða á samfélögum vegna tækni.

Niðurstöður nefndar um fjórðu iðnbyltinguna

Þær öru tæknibreytingar sem orðið hafa síðustu ár og kenndar eru við fjórðu iðnbyltinguna hafa hrundið af stað umræðu víða um lönd um hver áhrif hennar kunni að verða á samfélag og efnahagslíf á næstu áratugum. Í aðra röndina hafa tæknibreytingarnar ýtt undir óvissu og jafnvel vakið ugg um að með tilkomu nýju tækninnar muni störfum fækka stórlega og þannig verði lífsafkomu milljóna manna ógnað, en hins vegar hafa þær vakið vonir um að tækifærum til að skapa ný og betri störf muni stórfjölgja og lífsgæði geti aukist á mörgum sviðum samfélagsins.

Umræða um áhrif fjórðu iðnbyltingarinnar á íslenskt samfélag er enn skammt á veg komin. Íslenskt atvinnulíf hefur þó lengi verið opið fyrir tækninýjungum og tileinkað sér í auknum mæli þær nýjungar sem einkenna fjórðu iðnbyltinguna. Mikilvægt er að skipuleg umræða fari fram hér á landi um þessar nýjungar og er skýrsla nefndar forsætisráðherra um fjórðu iðnbyltinguna innlegg í hana. Nefndin lagði eyrun við alþjóðlega umræðu um fjórðu iðnbyltinguna, þar á meðal nýlegar rannsóknir á tækniþróun undanfarinna ára og þau áhrif sem hún kann að hafa, jafnframt því sem nefndin leitaðist við að meta stöðu Íslands í þessari tækniþróun og hver hugsanleg áhrif hún kann að hafa á samfélagið.

1 Fjórða iðnbýltingin: Öflug ný tækni með víðtæk áhrif. Framþróun gervigreindar og tengdrar tækni á síðastliðnum árum mun leiða til umbýltingar á fjölmörgum sviðum samfélagsins. Áhrifanna er þegar farið að gæta í vinnu og framleiðslu í mörgum geirum atvinnulífsins. Ólíkt sjálfvirknivæðingu fyrri iðnbýltinga, þ.m.t. upplýsingabýltingarinnar, er nútímagervigreind svo til óháð tegund gagna og býður upp á fjölbreytta sjálfvirknimöguleika í gagna- og iðnaðarferlum. Tækni sem þegar er í notkun, svo sem vélmenni, samskiptamiðlar, gistinga- og ferðabókanir svo fátt eitt sé nefnt, hefur þegar notið góðs af áhrifum nýrrar tækni en mun breytast enn meira á komandi árum eftir því sem sjálfvirknin verður öflugri. Tilkoma nýrrar þekkingar á sviði líftækni, nanótækni, Hlutanetið (e. Internet of things), o.m.fl. á næstu áratugum mun skapa samlegðaráhrif sem mun hafa víðtæk áhrif á daglegt líf okkar og þjóðfélag.

2 Ný tegund sjálfvirknivæðingar leiðir til uppbrots. Fram að fjórðu iðnbýltingunni kom tækni yfirleitt í stað verkefna sem unnin voru með handafli og einkenndust af endurtekningu. Sú þróun mun halda áfram en með fjórðu iðnbýltingunni mun ný tækni í síauknum mæli leysa verkefni sem einungis hugarafli mannsins hefur getað leyst hingað til. Þróunin mun ekki bara auka hraða sjálfvirknivæðingar fyrri iðnbýltinga heldur gera algjörlega nýja sjálfvirknivæðingu mögulega. Í kjölfarið verður óumflýjanlegt uppbrót (e. disruption) þar sem tæknin breytir verulega skipulagi samfélaga. Í því felast margar áskoranir en jafnframt umtalsverð tækifæri.

3 Verulegar breytingar á vinnumarkaði í vændum. Með aukinni sjálfvirknivæðingu verða sum störf óþörf en jafnframt verða til ný störf. Nefnd um fjórðu iðnbýltinguna fékk aðstoð frá Hagstofu Íslands við að reikna út möguleg áhrif sjálfvirknivæðingar á grundvelli aðferðafræði OECD. Þær niðurstöður sýna að á Íslandi eru miklar líkur á að um 28% íslensks vinnumarkaðar verði fyrir verulegum breytingum eða að störf hverfi alveg vegna sjálfvirknivæðingar. Þetta eru um 54.000 einstaklingar á vinnumarkaði miðað við árið 2017 og svipar þessu hlutfalli til áætlaðra áhrifa tækni-framfara annars staðar á Norðurlöndunum. Einnig er því spáð að 58% starfa (rúmlega 113.000 einstaklingar) taki talsverðum breytingum vegna áhrifa tækni en aðeins 14% starfa (tæplega 27.000 einstaklingar) breytist lítið. Út frá þessari spá er líka hægt að sjá að hópar í samfélaginu verða fyrir mismiklum áhrifum af þessum breytingum og skoðuð eru áhrif út frá menntun, kyni, aldri, búsetu og ríkisfangi.

4

Ísland er tæknilega vel í stakk búið til að taka þátt í fjórðu iðnbyltingunni. Íslendingar

þekkja vel til samfélagslegra breytinga af völdum tækni. Stórstígar tæknibreytingar hafa gengið í bylgjum yfir íslenskt samfélag síðan á öndverðri 20. öld og valdið miklum samfélagslegum breytingum eins og í öðrum löndum. Rauður þráður í iðnbyltingum fyrri tíma er sjálfvirknivæðing þar sem vélarafi leysir vöðvafl manns og dýra af hólmi. Á Íslandi hefur á mörgum sviðum tekist ágætlega að innleiða tækni þriðju iðnbyltingarinnar (farsíma, net, tölvur og upplýsingatækni). Ísland er enginn eftirbátur hinna norrænu ríkjanna, sem standa mjög framarlega þegar kemur að tæknilegum innviðum.

5

Opinber stefna hefur mikil áhrif á hvernig samfélög aðlagast og nýta sér tækni.

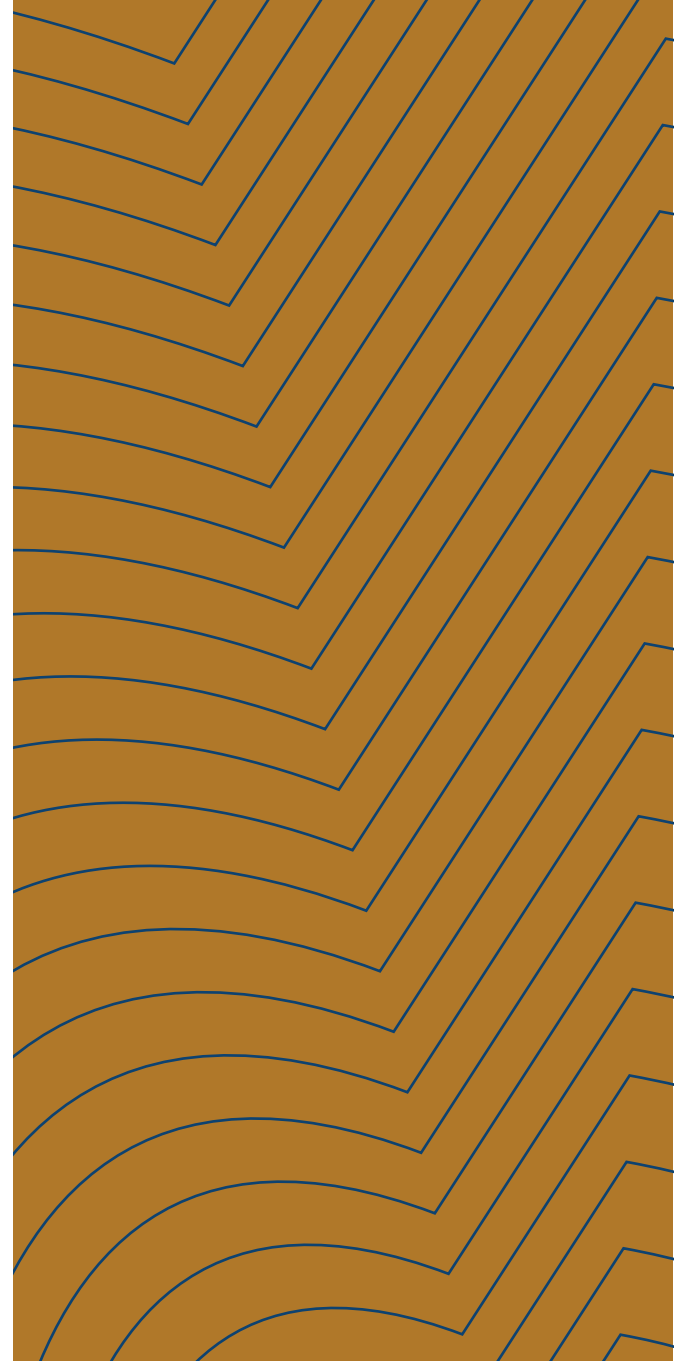
Uppbrot af völdum tæknibreytinga mun reyna verulega á skipulag samfélags okkar. Tryggja þarf að framleiðniaukning af aukinni sjálfvirknivæðingu dreifist með sanngjörnum hætti í samfélaginu. Styrkja þarf þjónustu og stuðningskerfi fyrir þá sem verða fyrir áhrifum sjálfvirknivæðingar, hvort sem þau eru talin jákvæð eða neikvæð. Velferðarkerfið gegnir mikilvægu hlutverki við að styðja einstaklinga í gegnum þær breytingar sem verða af völdum tækni. Einnig þarf að ræða hvernig tæknibreytingar geta skilað okkur annars konar ábata en bættri framleiðni eða auknum efnislegum gæðum. Þjóðfélagslegar breytingar í kjölfar aukinnar sjálfvirknivæðingar ættu að hafa í för með sér aukin lífsgæði, t.d. með því að auka sveigjanleika í atvinnulífinu þannig að fólk eigi auðveldara með að ákveða sjálft hvernig tíma þess er best varið.

6

Nýr stuðningur við færni í grunntækni fjórðu iðnbyltingarinnar nauðsynlegur.

Án færni í grunnþáttum fjórðu iðnbyltingarinnar er nánast sjálfgefið að Ísland dragist aftur úr öðrum þjóðum. Margar þjóðir bjóða fólki með ákveðna sérþekkingu að setjast að án mikilla vandkvæða. Stjórnvöld þurfa að huga að þessu til að ekki flytji stór hluti sérmenntaða fólks til landa sem bjóða betur, hvort sem er á sviði skóla eða atvinnuvega. Fyrsta skrefið í þessa átt er kerfisbundið mat á færni-, menntunar-, og mannaflapörf á vinnumarkaði til lengri tíma. Í kjölfarið þarf skipulagðar aðgerðir til að ýta undir uppbyggingu, viðhald og hagnýtingu þekkingar héraðs á sviðum tengdum fjórðu iðnbyltingunni, þá sérstaklega sjálfvirknivæðingu. Menntakerfið og vísindastarf mun gegna lykilhlutverki í að nýta tækni frá útlöndum og stuðla að öflugri staðbundinni

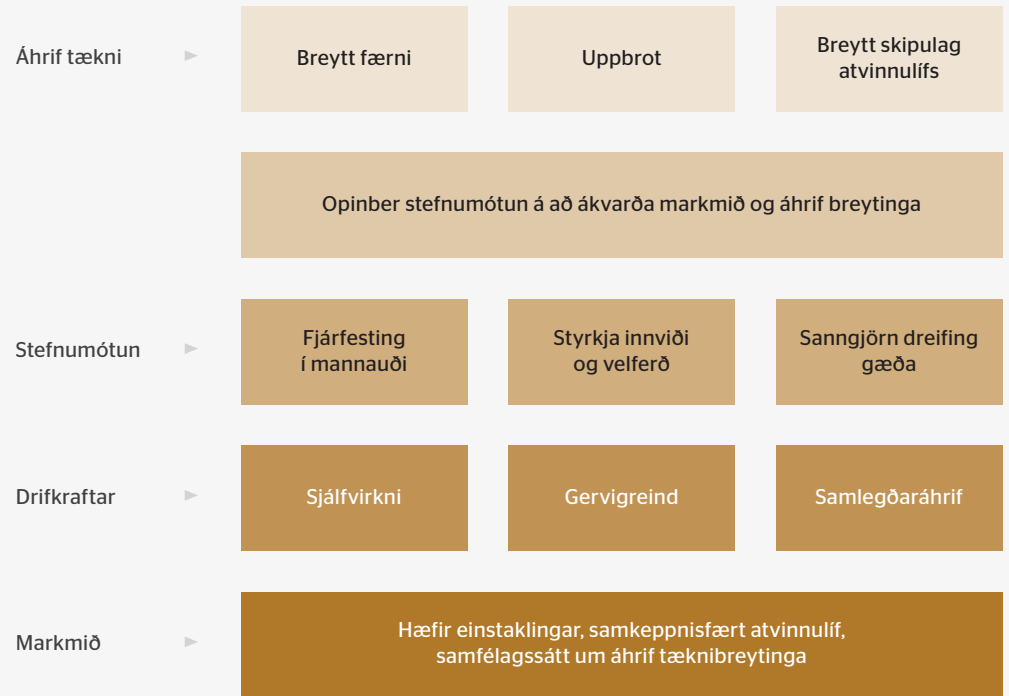
færni í þróun nýrrar tækni. Í mörgum erlendum rannsóknum kemur fram að mikilvægt er að fólk búi yfir getu til að leysa flókin vandamál, beiting gagnrýnnar hugsunar, skapandi hugsun og samskipti við annað fólk. Til að verðmætasköpun í samfélaginu aukist í fjórðu iðnbyltingunni er nauðsynlegt, til viðbótar við styrkingu menntunar og grunnfærni í tækni fjórðu iðnbyltingarinnar, að halda áfram að byggja undir og efla nýsköpun á fjölmörgum sviðum.



7 Uppbrot vegna tæknibreytinga fjórðu iðnbyltingarinnar skapar siðferðileg álitamál. Hröð tækniþróun og uppbrót

skapar oft togstreitu milli siðferðilegra verðmæta og þess ábata sem við teljum að tæknin færi okkur. Þannig getur upplýsingasöfnun og hagnýting ógnað frelsi og sjálfræði einstaklinga. Með aukinni sjálfvirknivæðingu og framþróun verða æ flóknari ákvörðunarferli í höndum vélmenna og tölvukerfa. Spurningar um siðferðilega ábyrgð vegna þeirra ákvarðana sem teknar eru verða flókin álitamál. Frekari úrvinnsla á erfðafræðilegum upplýsingum og hagnýting þeirra reyna á mannréttindi okkar og mannskilning. Misnotkun á upplýsingaveitum getur ógnað lýðræðisskipulagi með skipulagðri dreifingu rangra upplýsinga sem hefur það að markmiði að afvegaleiða fólk. Þróun og beiting nýrrar tækni á ekki vera á hendi einsleitra hópa heldur þarf að endurspeglja fjölbreytta flóru fólks og jafna kynjaskiptingu. Samfélagsleg sátt þarf að ríkja um hvaða markmiðum á að ná fram með hagnýtingu nýrrar tækni.

Mynd 1 / Fjórða iðnbyltingin.





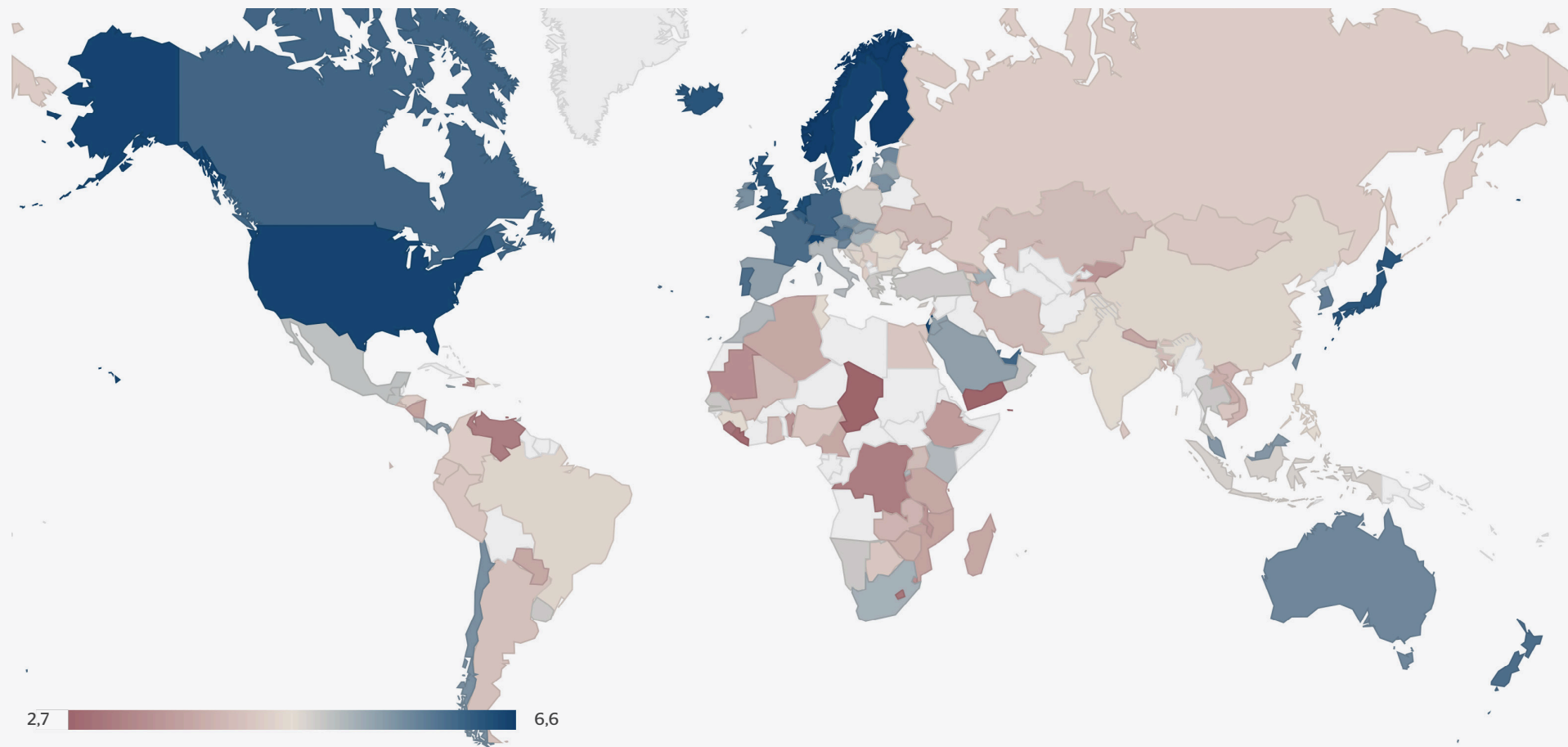
Iðnbyltingarnar fjórar

Umræða um fjórðu iðnbyltinguna á sér nú stað um allan heim. Hún snýst ekki bara um þær tæknibreytingar sem hugtakið nær yfir heldur einnig hvaða samfélagsbreytingar munu hugsanlega eiga sér stað. Á hverju má mannkynið eiga von í þeirri hrinu breytinga sem spáð er að gangi yfir á næstu árum og áratugum? Það er lærdómsríkt að horfa til tímamótabreytinga í tækni sem orðið hafa í sögunni og þeirra samfélagslegu áhrifa sem þær hafa haft.

Til skamms tíma hefur verið viðtekin venja að tala um þrjár iðnbyltingar í sögu mannkyns en upp á síðkastið hefur hin fjórða unnið sér sess í opinberri umræðu og vísar hún til hraðfara tæknibreytinga á síðari árum, einkum á sviði sjálfvirknivæðingar og gervigreindar. Það getur verið snúið að tímasetja nákvæmlega iðnbyltingarnar hverja fyrir sig. Upphafið markast af nokkrum tímamótabreytingum í tækni sem höfðu viðtæk áhrif á efnahagslíf og samfélag.

Í tímans rás komu síðan nýjar tækninýjungar, eðlisólíkar þeirri tækni sem fyrir var, og umturnuðu samfélaginu. Þá má segja að ný iðnbylting hafi verið hafin og segja sæmilega vel til um upphaf hverrar af hinum þrem iðnbyltingum, en þær hafa ekki eiginlegan endapunkt

Mynd 2 / Aðgengi að tækni í heiminum eftir löndum - Heimild: Alþjóðabankinn.



vegna þess að tækninýjungar lifa áfram og geta af sér frekari breytingar. Rétt er að hafa í huga að tímasetningar sem hér eru nefndar miðast við þróuð iðnríki á Vesturlöndum en mörg lönd hafa enn ekki náð tæknistigi annarrar iðnbyltingarinnar. Samkvæmt tölum frá Saminuðu þjóðunum voru árið 2015 um 1,2 milljarðar íbúa jarðar enn án rafmagns og ekki gert ráð fyrir að allir hafi fengið aðgang að rafmagni fyrr en árið 2030 (mynd 2).

Iðnbyltingarnar fjórar hafa einkennst af tímamóta-breytingum í tækni, s.s. gufuvélinni, rafmagninu, sprengihreyflinum, tölvunni og gervigreindinni, sem hafa umturnað samfélögum um allan heim. Í hverri iðnbyltingu voru gerðar nýjar uppgötvanir sem smám saman voru hagnýttar í atvinnulífi til að auka framleiðslu og afköst - sem skiluðu sér um síðir í bættum lífskjörum. Skipulagsbreytingar í fyrirtækjum, t.d. aukin verkaskipting, breytt vinnutilhögun og verksmiðjurekstur, verkuðu í sömu átt. Tækninýjungar höfðu víðtæk vinnusparandi áhrif með því að vélaraflið leysti vöðvaafli manna og dýra af hólmi og afkastaði margfalt meiru. Heilu starfsstéttirnar hurfu af vettvangi fyrir tilstilli tæknibreytinga, í stað handverksmanna komu iðnverkamenn í verksmiðjum,

rafknúin heimilistæki leystu vinnukonur af hólmi og tölvurnar gerðu mörg skrifstofustörf úrelt.

Iðnbyltingarnar höfðu ekki aðeins áhrif á framleiðslu og vinnumarkað heldur höfðu margvíslegar félagslegar afleiðingar. Ávinningi af þeim var mjög misskipt milli hópa, stétta og landa. Þeim fylgdi mikið þjóðfélagslegt umrót þegar þungamiðja framleiðslunnar færðist frá landbúnaði til iðnaðar með tilheyrandi fólksflutningum, vexti borga, nýrri stéttaskiptingu og röskun á eigna- og tekjuskiptingu. Lýðfræðilegt mynstur þjóða breyttist, hlutverk fjölskyldunnar og daglegt líf almennings gjörbreyttist.

Fyrsta iðnbyltingin hófst í Englandi um 1760 og síðan í öðrum Vestur-Evrópulöndum og Bandaríkjunum á tímabilinu 1820-1860. Hún markast af tækninýjungum á mörgum sviðum, vefjariðnaði, járnvinnslu og kolanámi, en umfram allt beislun gufuafslins. Gufuvélin var forsenda samgöngubyltingar þar sem gufuknúin skip og járnbrautir leystu eldri samgöngumáta af hólmi.

Önnur iðnbyltingin varð á seinni hluta 19. aldar með nýjum framleiðslugreinum, stálframleiðslu, efnaiðnaði,

rafmagnsiðnaði og vélaiðnaði, sem hagnýttu sér nýlegar tækniuppgötvanir. Forysta í iðnþróun færðist smám saman frá Bretlandi til Bandaríkjana og meginlands Evrópu, einkum Þýskalands. Um aldamótin 1900 var sprengihreyfillinn, knúinn olíu eða bensíni, farinn að leysa gufuvélar af hólmi. Rafmagnið hafði æ meiri þýðingu sem orkugjafi, einkum eftir að fjöldaframleiðsla með færriböndum og framleiðslulínum hófst eftir 1920.

Þriðja iðnbyltingin hófst með samþættingu fjarskipta- og tölvutækni á sjöunda og áttunda áratug 20. aldar og lagði hún grundvöll að upplýsingatækni samtímans. Tölvur, ljósleiðarar, gervihnettir, farsímar og Internetið eru stórir áfangar á þeirri vegferð. Upplýsingatæknin varð mikil driffjöður alþjóðavæðingarinnar sem einkenndi samfélagsþróun víða um heim undir lok 20. aldar. Fjórdi iðnbyltingin er framhald fyrri þróunar - öflugri tækni leysir af hólmi þá sem fyrir var og umbreytir efnahagslífi og samfélagi með ört vaxandi hraða.¹ Rauður þráður í tæknibreytingum undanfarinna áratuga er sjálfvirknivæðingin sem felst í því að beita reikniáðgerðum á stafræn gögn. Raunar eiga allar iðnbyltingarnar það sammerkt að þær voru að miklu leyti knúnar áfram af

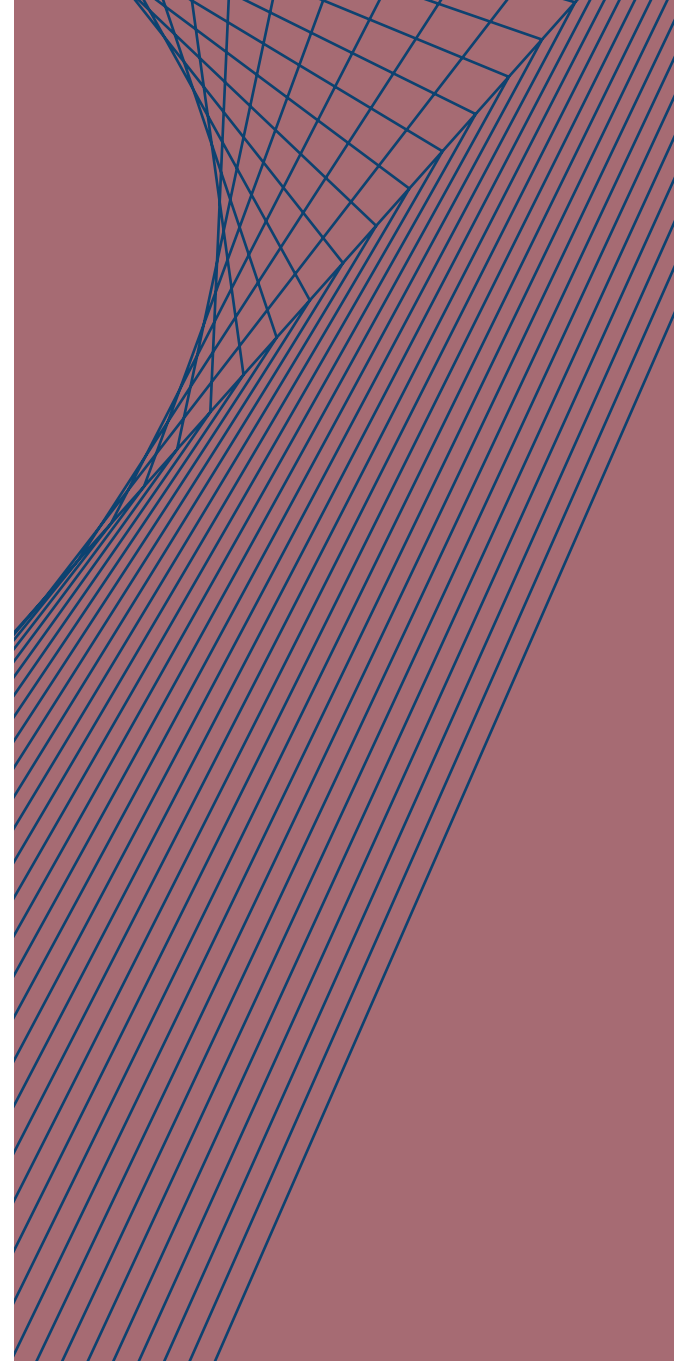
sjálfvirknivæðingu sem ýmist leysti mannshöndina af hólmi eða opnaði nýja möguleika til framleiðslu, þótt fjöldi annarra tækniframfara hafi að sjálfstöðu einnig komið við sögu.

Segja má að að í fyrstu og annarri iðnbyltingunni hafi sjálfvirknivæðing miðað að því að því að leysa vöðvaafli manna og dýra af hólmi, en í þriðju iðnbyltingunni fólst hún æ meir að leysa hugarafli manna af hólmi. Slík sjálfvirknivæðing hefur færst í aukana í fjórðu iðnbyltingunni en hún hefur náð nýju stigi þar sem vélar fylgja ekki aðeins skipunum heldur geta bætt getu sína til að vinna verkefni með því að „læra“ betur til verka.

Núorðið finnst sjálfvirkni nánast alls staðar í þjóðfélaginu: Þegar við þrýstum á hnappinn „n“ á tölvulyklaborðinu birtist svart form sem myndar stafinn „n“ þar sem bendillinn er staðsettur á skjánum. Þótt fæstir hugsi um þetta sem sjálfvirkni má greina á bak við þennan einfalda verknað fjölda ferla; allt frá rafeindunum sem ferðast um rafrásirnar samkvæmt skipunum milljóna smára (e. transistor) til skipana sem örgjörvar hlaða inn til að framleiða kóða sem stjórnar stöðu dila (e. pixels) í

skjánum og stöðva þannig baklýsingu skjásins þar sem hið öfuga „u“-form birtist og myndar „n“ næsta orðs. Rafeindatækni tekur við af setjaranum. Það sem við köllum „sjálfvirkni“ á hverjum tíma stjórnast af samhengi; oftast hugsum við um nýjustu sjálfvirknivæðinguna sem verðugan fánabera nafnsins „sjálfvirkni“, en allt hitt er tekið sem sjálfgefið: beining símhringinga, uppvottavélar, hitastilling bókunarofnsins, hraðbankinn og fókusinn á farsímamyndavélinni.

Að þessu sinni er ýmis nýleg tækni og þekking sem tína má til. Ofarlega á listanum trónir sú sem gefur mestu möguleikana á áframhaldandi sjálfvirknivæðingu og margföldunaráhrifum: gervigreind, gervinárnám og tengd tækni sem snýst um sjálfstýringu flókinna ferla.





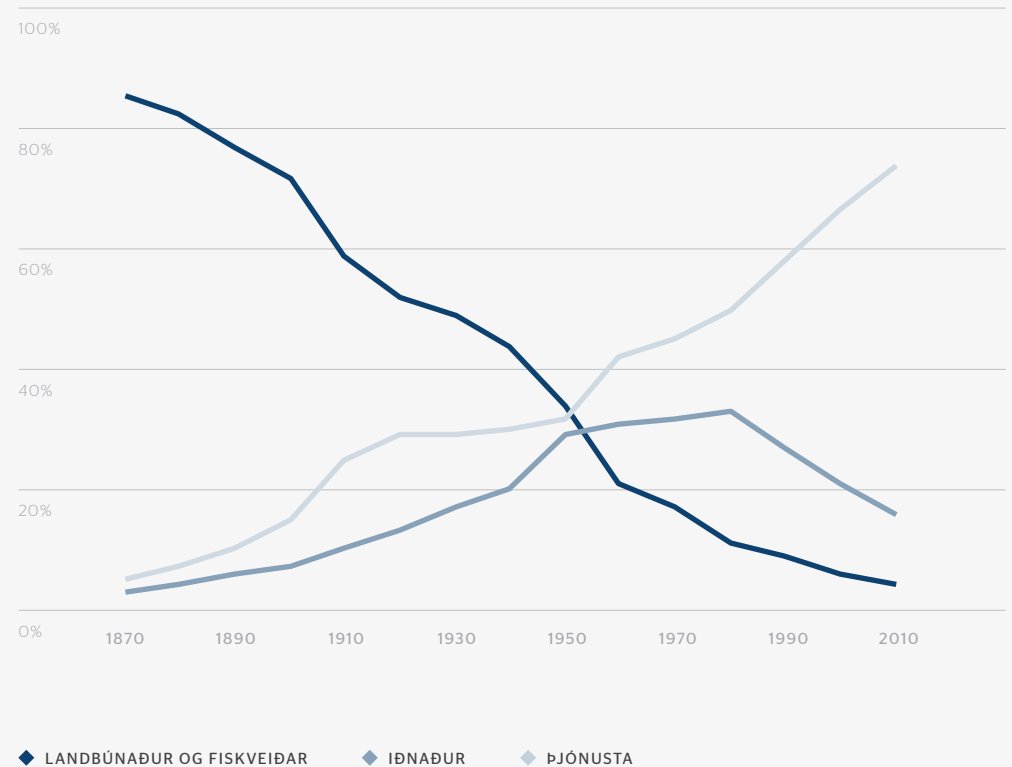
Iðnbylting á Íslandi

Þegar efnahagsþróun Íslands er skoðuð í ljósi iðnbyltinganna fjögurra kemur vel í ljós hve breytingarnar eru þjappaðar saman á stuttan tíma eða á 120 ára tímabil. Iðnbyltingin fyrsta hófst seint á Íslandi, ekki fyrr en um aldamótin 1900, þótt Íslendingar hefðu um áratugaskeið notið góðs af iðnvæðingunni í Evrópu í aukinni eftirspurn eftir framleiðsluvörum sínum og samgöngubótum, þar á meðal gufuskipunum. Iðnbyltingin tók á sig annað form hér á Íslandi en í mörgum Vestur-Evrópulöndum þar sem vélvæddur verksmiðjuiðnaður var einkennismerki hennar og hún kom fyrst og fremst fram í vélvæðingu sjávarútvegs og annarra atvinnugreina. Gekk hún þó mishratt yfir, t.d. hófst vélvæðing í landbúnaði ekki fyrr en í lok síðari heimsstyrjaldar. Iðnaðurinn eflist og vélarafið var nýtt þar sem það hentaði, en athyglisvert er að iðnaðurinn varð aldrei megingrein í efnahagsstarfsemi á Íslandi hvort sem litið er til hlutdeildar hans í landsframleiðslu eða í vinnuafli. Hluttur iðnaðarins í vinnuafli komst hæst um 1980 og nam þá um þriðjungi, eins og myndrit 3 sýnir.

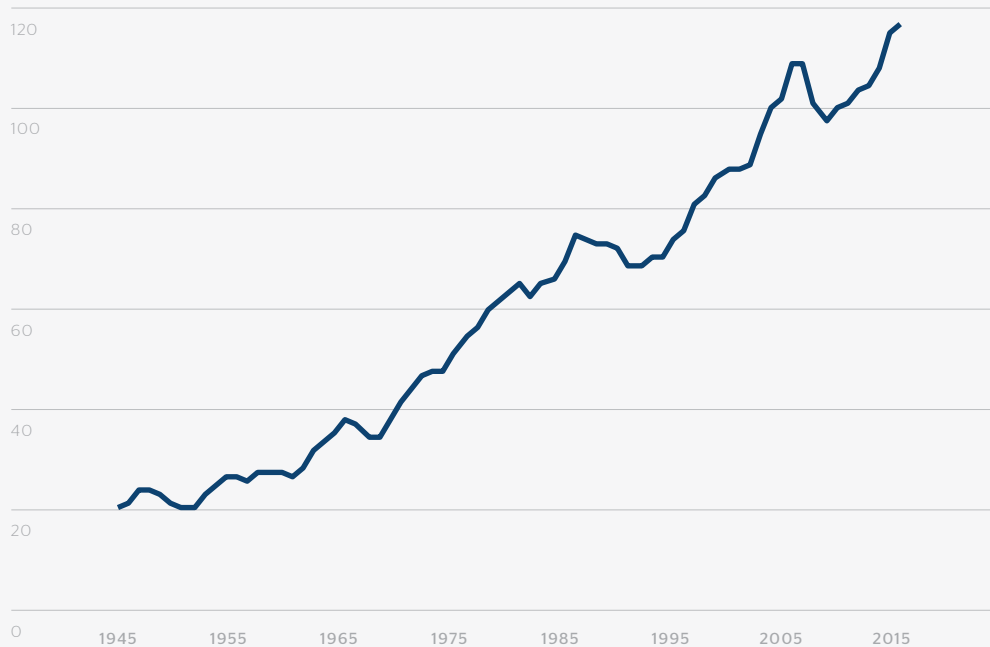
Tækniþynging í sjávarútvegi gekk undrhratt fyrir sig. Vélbátar og togarar leystu þilskip og árabáta af hólmi

og leiddi það til stórkostlegrar afkastaaukningar. Fiskafli fimmfaldaðist á fyrstu þrem áratugum 20. aldar og um 1930 var Ísland komið í hóp mestu fiskútflytjenda Evrópu. Í iðnbyltingunni fólst margt fleira en tæknibreytingar, m.a. framrás markaðsbúskapar, þéttbýlismyndun og gjörbreytt atvinnuskipting. Nýjar atvinnugreinar urðu til í þéttbýli, s.s. trésmíði, járn- og málmsmíði og þrjóna- og saumaskapur. Breytingarnar skiluðu sér í bættum lífskjörum og var hagvöxtur mun meiri en í mörgum ríkjum Evrópu á þessum tíma, þótt enn væru Íslendingar með fátækari þjóðum Vestur-Evrópu um 1940. Það má skýra m.a. með því að tækninýjungar fyrstu og annarrar iðnbyltingar voru enn bundnar við afmarkaða hluta efnahagslífsins, en eftir því sem störfum í lágæknigreinum fækkaði – og munaði þar mestu um landbúnað – jókst hagvöxtur. Störfum í landbúnaði fækkaði ört en iðnaðarstörfum og þá sérstaklega þjónustustörfum fjölgaði. Svo var komið um 1950 að meirihluti landsmanna vann við þjónustustörf en landbúnaður hafði þá glatað forystu sinni sem höfuðatvinnuvegur. Árið 2010 störfuðu 76% landsmanna við þjónustu, 18% við iðnað en aðeins 6% við fiskveiðar og landbúnað (mynd 3).

Mynd 3 / Atvinnuskipting á Íslandi 1870–2010. – Heimild: Hagstofa Íslands.



Mynd 4 / Verg landsframleiðsla á mann, vísitala (2005=100). - Heimild: Hagstofa Íslands.



Önnur iðnbyltingin kom svo að segja strax í kjölfar þeirrar fyrstu. Rafmagn til lýsingar kom til sögunnar laust fyrir aldamótin og var lengi vel að mestu notað þannig eingöngu. Heimarafstöðvar voru byggðar víða í sveitum en fyrsta stóra vatnsaflsvirkjunin var reist við Elliðaárnar 1921. Stór áform voru um virkjun fallvatna og áburðarframleiðslu tengda henni en þau áform dagaði uppi á árunum milli stríða vegna pólitískrar andstöðu. Ritsíminn kom til landsins 1906 og bílaöldin hófst á Íslandi laust fyrir heimsstyrjöldina fyrri og varð gifurleg samgöngubót, ekki síst vegna þess að ekkert varð úr áformum um að leggja jarnbrautir þar sem ekki reyndist efnahagslegur grundvöllur fyrir þeim. Tækninýjungar tengdar annarri iðnbyltingunni komu annars til Íslands í formi innfluttrar vöru, t.d. efnavöru, rafknúinna tækja og véla. Efnaiðnaður og vélaiðnaður urðu ekki fyrirferðarmiklar greinar í atvinnulífni.²

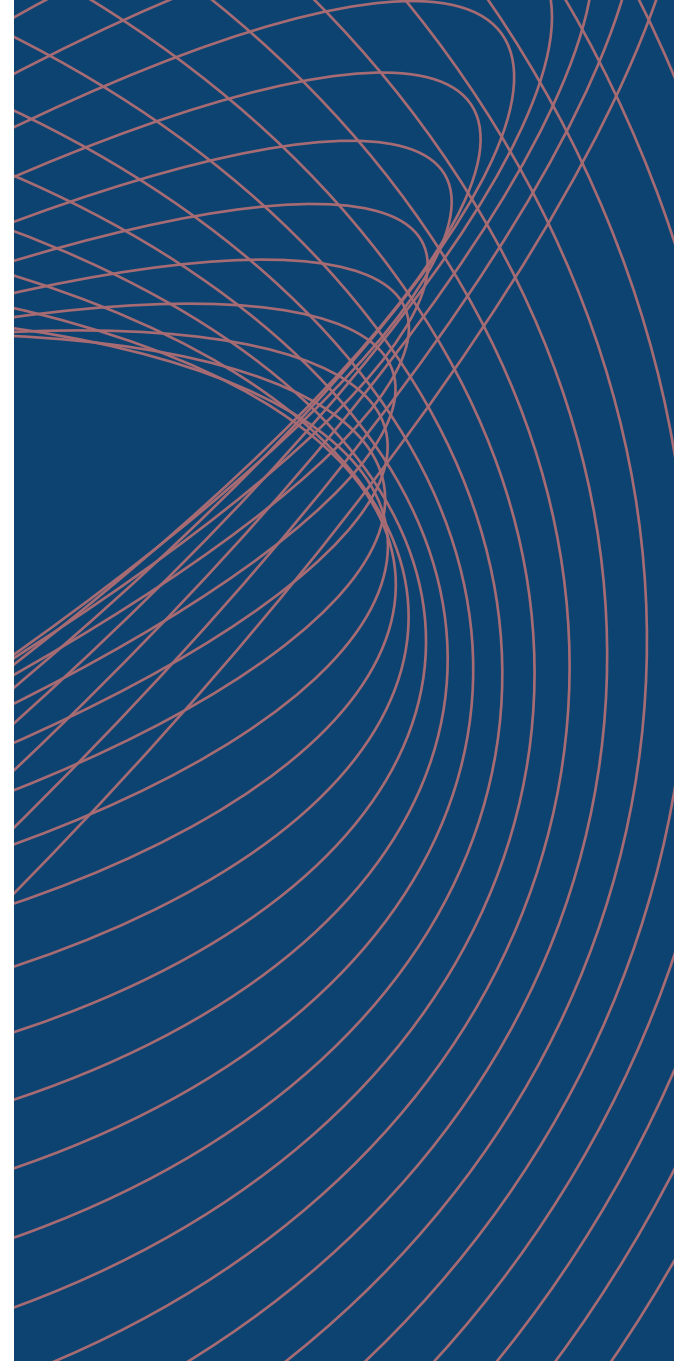
Síðari heimsstyrjöldin markar þáttaskil í hagþróun Íslands en þá náðu Íslendingar öðrum þjóðum í lífskjörum. Í aðalatriðum hefur tekist að halda þeirri stöðu allt til samtímans og eru nokkrar mikilvægar forsendur fyrir því, m.a. þær að Íslendingar náðu að tryggja sér full

yfirráð yfir auðugum fiskimiðum í kringum landið. Þá skiptir höfuðmáli að tekist hefur að saxa á á tæknilegt forskot þróaðra iðnríkja og ná svipuðu tæknistigi og er í nágrannalöndunum. Íslendingar voru opnir fyrir erlendum tækninýjungum svo að tæknifærsla gekk fremur hratt fyrir sig. Þetta sást best í sjávarútvegi sem varð tæknivæddari en víðast hvar annars staðar. Í þriðja lagi jókst menntunarstig landsmanna til muna og gerði þeim kleift að takast á við þær kröfur sem iðnvædd tæknivædd samfélög gera. Loks má nefna að víðtækt velferðarkerfi, þar á meðal mennta- og heilbrigðiskerfi, stuðlaði að almennum lífsgæðum, tiltölulega háu menntunarstigi og almennri þátttöku á vinnumarkaði.

Þriðja iðnbyltingin kom til Íslands um svipað leyti og nálæggra landa. Upphaf tölvuvæðingarinnar má rekja til sjöunda áratugarins þegar fyrstu rafeindareiknivélar SKÝRR og Háskóla Íslands voru teknar í notkun. Á næstu árum margfaldaðist afkastageta tölva og fyrirtæki og stofnanir tóku þær í þjónustu sína. Einkatölvun ruddi sér til rúms eftir 1980. Árið 1995 hófst svo netvæðingin sem gjörbylti flæði upplýsinga um samfélagið og milli landa. Upplýsingatæknin olli fækkun starfa á ýmsum sviðum

en skóp líka ný störf, m.a. starfa hundruð fyrirtækja að hugbúnaðargerð. Þá eru ónefndir samfélagsmiðlarnir sem hafa haft áhrif á samskiptamynstur okkar og þjóðfélagsumræðu.

Með grundvallarbreytingum á íslensku samfélagi hefur tekist að auka verðmætasköpun í samfélaginu og velsæld. Þannig hefur landsframleiðsla (VLF) á mann sextánfaldast frá árinu 1945 að raunvirði sem setur Ísland í flokk með þjóðum sem hafa hæsta landsframleiðslu á mann. Til að lífskjör haldist áfram góð á Íslandi er því mikilvægt að gera sér grein fyrir hvað það er sem drífur næstu iðnbyltingu áfram, hvernig hægt er að undirbúa sig og hvaða tækifæri og ógnanir eru til staðar.





Fjórgða iðnbýltingin

Til að skilja betur hvað felst í „fjórgða iðnbýltingunni“ getum við annars vegar horft til margvíslegra tækninýjunga sem hafa litið dagsins ljós eða eru taldar vera skammt undan og hins vegar reynt að greina undirliggjandi drifkraft breytinganna.³ Klaus Schwab prófessor, stofnandi og forseti Alþjóðaeftahagsráðsins, skiptir nýjungum og uppfinningum tengdum henni í þrennt: efnislegar, stafrænar og erfðafræðilegar.⁴ Sumar þeirra sem fá reglulega umfjöllun í fréttum hljóma enn sem vísindaskáldskapur en margar þeirra eru þegar komnar í notkun, jafnvel umfram það sem flestir gera sér grein fyrir.

Á meðal *efnislegra tækninýjunga* má nefna sjálfvirk farartæki, þrívíddarprentun, háþróuð vélmenni og þjarka, nanótækni, gríðargögn (e. big data) og nýtt hráefni. Sjálfkeyrandi bíla og sjálfstýrð flygildi þekkja flestir, en þeim hefur verið teft fram sem mögulegum lausnum á umferðarvanda stórborga. Þrívíddarprentun snýst um að framleiða áþreifanlega hluti með því að prenta lag ofan á lag á þrívíddarteikningu eða módel. Tæknin hefur verið notuð í stóru og smáu, allt frá vindtúrbínunum yfir í smáa hluti sem græddir eru í fólk. Næsta skref verður

„fjórviðdarprentun“ og er þá átt við prentun hluta sem geta brugðist við umhverfinu, lagað sig að hita og raka, þannig að til dæmis verður hægt að prenta ný líffæri til ígræðslu í fólk. Nanótækni gerir okkur kleift að vinna á smærri skala en fyrr og er sú tækni handan við hornið.

Vélmenni hafa verið notuð í stórum stíl í verksmiðjum víða um heim frá sjöunda áratug síðustu aldar en verða nú sífellt háþróaðri og eru enn að taka verulegum framförum með gervigreindum stjórnunarkerfum. Eftir því sem þróun þeirra vindur fram verða þau útbreiddari og ráða við flóknari verkefni, þar á meðal samskipti við fólk. Veruleg aukning í almennum áhuga á vélmönnum til skemmtunar og menntunar hefur orðið á síðustu árum og þótt vélmenni séu rétt „nýsloppin úr verksmiðjunni“ eru engar líkur til að þessi þróun snúi til baka. Vísindamenn vinna stöðugt að framþróun nýrra hráefna og mikil bylting hefur orðið á því sviði á undanförunum árum. Efni úr kolefnisatómum sem leiðir vel rafmagn og hita, er 200 sinnum sterkara en stál en milljón sinnum þynnra en mannhár.⁵ Það er enn eitt dýrasta efni jarðar, en með frekari þróun verður það ódýrara og hægt að nota víðar.

Stafræna byltingin mun halda áfram og auðvelda notkun gríðargagna. Tölvur, sem áður voru aðeins notaðar í háskólum og ríkisstofnunum, eru nú í vösum fólks. Við tengjumst hvert öðru á Internetinu, nánast hvar sem er í heiminum, og rötum um með því að ráðfæra okkur við tölvuna sem síminn okkar er. Leitun er að framleiðslu sem ekki styður á einhvern hátt við tölvur og tölvan hefur áhrif á daglegt líf okkar flestra. Fram undan er innleiðing Hlutanetið (e. Internet of Things - IoT), þar sem fjöldi tækja, allt frá snjallsímum til kaffivéla og ísskápa, tengjast netinu og þar með hvert öðru. Í kjölfarið verður til gríðarlegt magn gagna sem nýta má í ýmsum tilgangi. Framleiðsla gríðargagna mun aukast verulega við þetta, en hún hefur þegar tekið stór stökk fram á við með samfélagsmiðlum, ódýrari gagnageymslu og öflugri reiknigetu. Búist er við svipuðum áhrifum á sviði heilbrigðisþjónustu á næstu árum og áratugum. Samhliða þessu hefur hagnýting gríðargagna sem og smærri gagnasafna aukist verulega og enn meiri aukning fyrirséð.

Örar framfarir hafa orðið í *erfðafræði* og þá sérstaklega í þekkingu á genamenginu mannsins. Stórátaki í vísindum

var hrundið af stað þegar hafist var handa árið 1990 við að kortleggja genamengi mannsins. Um 13 árum síðar var tilkynnt að verkinu væri lokið og að þessi kortlagning hefði tekist. Rannsóknin var umfangsmikil og er talin hafa kostað hátt í þrjá milljarða bandaríkjadala. Frá þeim tíma hefur kostnaður við úrvinnslu upplýsinga um erfðaefni minnkað gríðarlega og það skapar tækifæri til notkunar á slíkum upplýsingum. Erfðafræðilegar uppgötvanir hafa nú þegar haft áhrif á meðhöndlun sjúkdóma og möguleikarnir á nýtingu þekkingarinnar verða sífellt fleiri eftir því sem tækninni vindur fram.

Eftir því sem fleiri uppfinningar og tækninýjungar eru nýttar í daglegu lífi og ýmiss konar framleiðslu, því meiri og víðfeðmari verða áhrifin. Þetta er veigamikili atriði þegar kemur að því að átta sig á fjórðu iðnbyltingunni vegna þess að skriðþungi tækninnar eykst verulega eftir því sem meiri upplýsingar og fleiri kerfi tengjast. Slík stigmögnun er einmitt lykilkáttur í til að skilja einkenni fjórðu iðnbyltingarinnar, þ.e. undirliggjandi áhrifapætti og afleiðingar þeirra. Lykilhugtök í þessari nalgun eru *gervigreind*, *samlegðaráhrif* og *uppbrot*

(e. disruption) sem fjallað er nánar um í næstu köflum. Sjálfvirknivæðing fjórðu iðnbyltingarinnar er vissulega áframhald fyrri tækniþróunar og tekur sömu stefnu og upplýsingabyltingin, en eðli sjálfvirknivæðingarinnar er hins vegar verulega ólíkt fyrri iðnbyltingum – að hvaða ferlum hún beinist, hvernig hún tengist annarri tækni og hverjar afleiðingarnar verða.

Þegar fjöldaframleiðsla ruddi sér til rúms með tilkomu verksmiðja fyrir um 200 árum voru orkugjafar, svo sem olía og rafmagn, nýttir til að leysa vöðvafl af hólmi. Þriðja iðnbyltingin er yfirleitt kölluð „upplýsingabyltingin“ en hún snerist raunar fyrst og fremst um sjálfvirknivæðingu ákveðinnar tegundar hugarafs – *reikniaðgerða*. Með sjálfvirknivæðingu reikniaðgerða hefur simakerfið verið endurhannað frá grunni – hliðrænni upplýsingamiðlun skipt út fyrir stafræna – og fjöldi annarra upplýsingaveituaðferða kynntur til sögunnar, svo sem vefsíður, blogg, hlaðvarp, VoD o.m.fl. Þessi þróun byggist á margföldunaráhrifum í framleiðslu örgjörva, en fjöldi smára í rafrásum hefur nánast tvöfaldast á 18 mánaða fresti síðan um miðja síðustu öld.⁶ Merki um þennan vöxt má sjá hvarvetna, þegar við berum t.d. saman nútíma farsíma og

fyrstu tölvu sem Reiknistofnun Háskóla Íslands (RHÍ) fékk til afnota árið 1976, IBM 360/30⁷, kemur í ljós að reiknigeta farsíma eins og þeirra sem margir geyma í vasanum er milljónföld á við IBM-tölvu RHÍ.

Sjálfvirknivæðing fjórðu iðnbyltingarinnar snýst um hugarafi í *viðari skilningi* en reikningi, þar sem nýtt eru fjölbreyttari og ýtarlegri gögn en áður til að láta tölvur sjá um *fjölda verka* sem standa utan við útreikningana sjálfa. Þessi nýju kerfi styðjast við þekkingu sem er ekki forrituð beint, heldur „lærir“ vélin í þar til gerðu umhverfi. Sem dæmi má nefna kerfi sem þjálfuð eru til að herma eftir sjónskyni manna og dýra (tölvusjón), bregðast við fjölbreyttu áreiti og framkvæma flókin verk eins og t.d. sjálfstýring bíla, dróna og vélmenna. Líkt og í fyrri iðnbyltingum eru vélum falin verkefni sem maskínur fyrri tíma eru ekki færar um að framkvæma, en ólíkt sjálfvirknivæðingu fyrri byltinga byggist fjórða iðnbyltingin á hagnýtingu nýrra tegunda sjálfvirkra stjórnkerfa sem að einhverju leyti „forrita sig sjálf“. Afleiðingin er samlegðar-áhrif þar sem nánast öll ferli sem nýta stafræn gögn og geta nýtt sér gervigreindartækni umbreytast í sjálfvirk ferli.

Sjálfvirknivæðing með gervigreind

Fyrir tíma tölvunnar voru útreikningar framkvæmdir af fólki en nútíma tölva framkvæmir stærðfræðiaðgerðir sem áður kröfðust mannlegrar greindar. Allar tölur eru því í raun „sjálfvirkar“ með tilliti til *reikniaðgerða* og nauðsynlegra tenginga við umheiminn: netkerfi, skjáir, lestur og skrift gagna á og af hörðum diskum, mýs, lykklaborð o.m.fl.

Þegar við berum sjálfvirknivæðingu fjórðu iðnbyltingarinnar saman við þær frá fyrri öldum felst helsti munurinn í fjölbreytileika þeirra gagna sem vélarnar geta nýtt til athafna, fjölbreytileika þeirra aðstæðna sem þær höndla og fjölbreytileika aðgerðanna sem verkin krefjast. Sú var tíðin að áburðarpokum var einungis lyft af fólki og burðardýrum og eingöngu menn stjórnðu flóknum iðnaðarferlum. Nú er það engum vafa undirorpið hvort að lyftari sem lyftir tonni sé „raunverulega að lyfta“. „Greind“ og „hugsun“ eru hins vegar, enn sem komið er, ekki eins vel skilgreind hugtök og þau sem tengjast vöðvaflí. Þótt hugtökin nýtist okkur sæmilega í daglegu tali vísa þau í flókin fyrirbæri og oftast er það svo að þegar reynt er að skilgreina þau nánar gleymist eitthvað mikilvægt.

Gervigreind er enn sem komið er töluvert langt frá mannlegri greind - og reyndar einnig flestra húsdýra. Sú fjölbreytni sem einkennir hegðun hunds eða manneskju sem losar sig úr óþægilegum kringumstæðum tekur „hugvitssemi“ öflugustu gervigreindar langt fram að langflestu leyti, með því að nýta hæfileikann til að takast á við ófyrirséðar kringumstæður, læra ný verk og hugtök, taka fjölmarga og fjölbreytta þætti með í reikninginn, útskýra og spá fyrir um atburðarásir, geta gengið úr einu verki í annað og fjölmargt fleira - allt er þetta eitthvað sem nútíma gervigreind er engan veginn fær um. Staðreyndin er þó sú að þessi bylting - þ.e. *sjálfvirknivæðing mannlegra vitsmuna* og *ímyndunarafis* - er nú komin á fulla ferð og eru nýjustu tæki og tækni til vitnisburðar um það. Þar sem þjóðfélög öll grundvallast á mannlegri greind má búast við miklum breytingum í kjölfar þessarar þróunar, sérstaklega þegar til lengri tíma er litið. Hversu hröð hún verður og hvernig hún mun skiptast í tímabil er erfitt að segja til um. Þó má finna vísbendingar með því að líta til þeirra afla sem móta vísinda- og tæknilegar framfarir þessarar tækni.⁸

Sjálfvirknivæðing með gervigreind má nýta til að gera tækni sem fyrir er áreiðanlegri, hagkvæmari, ódýrari og

hraðari. Í öllum ferlum með breytur sem má mæla og hafa áhrif á með stafrænni tákun er hugsanlega hægt að nýta gervigreind til sjálfvirknivæðingar. Mengi þeirra ferla er nú orðið mjög stórt og fer sífellt vaxandi. Gervigreind virkar því sem margföldunarstuðull, hvort sem nýting hennar er takmörkuð við lítinn hluta hvers ferlis eða stóran. En hún hefur enn víðfeðmari áhrif því hún opnar líka möguleika á algjörlega nýjum aðferðum, nálgunum, vörum og þjónustu sem ekki var mögulegt áður, hvorki með tækni, fleira starfsfólki né samstarfi manns og vélar. Gott dæmi um þetta er deiliahagkerfið, Airbnb í húsnæði og Über í borgarferðum, sem krefjast mynstursgreiningar og áætlanagerðar sem ekki var hægt að framkvæma fyrr en með tilkomu víðeigandi gervigreindartækni. Vegna fjölbreyttra nýtingarmöguleika gervigreindar er einnig hægt að nýta hana til nýrrar verkaskiptingar milli véla og manna, þar sem gervigreindin styrkir eða bætir ferli í fyrirtækjum sem þegar eru framkvæmd af fólki. Líklegt er að slíkar samsetningar verði jafnvel algengasta nýtingarform gervigreindar þegar fram líða stundir. Afleiðing þessa alls eru samlegðaráhrif þar sem bæði ný og gömul tækni lyftist á hærra plan, starfskraftur nýtist betur og á nýjan hátt, og nýir möguleikar opnast.

Hvort vélar muni einhvern tímann verða „eins greindar“ eða jafnvel „greindari“ en menn er mikilvæg spurning sem við látum vísindasamfélagi og heimspekingum eftir að svara. Á hinn bóginn er nauðsynlegt að taka til skipulegrar umræðu hagnýtingu sjálfvirkni og áhrif gervigreindar á atvinnulíf og samfélag og marka skrefin sem Ísland getur tekið - og á að taka - til að vera þjóð meðal þjóða í þeirri þróun. Til þess þarf að skoða stöðuna á því hver þekkingin er í gervigreindartækni, þá þætti sem knýja hana áfram og þá sérstaklega þá sem ráða því hve hraðar framfarir hennar eru í átt að alhliða gervigreind (e. artificial general intelligence). Á næstu árum munu fjölmargar birtingarmyndir tækninnar nýtast í síauknum mæli á öllum sviðum mannlegrar tilveru, frá iðnaði og framleiðslu til frítíma, náms og samskipta. Hagnýt gervigreind er orðið afl sem mun móta samfélag okkar gífurlega á næstu áratugum.



Uppbrot í kjölfar sjálfvirknivæðingar

Eins og áður hefur komið fram hefur sjálfvirknivæðing þegar haft áhrif á mannlega tilveru í gegnum aldirnar – vélvæðing, færibönd, rafvæðing, tölvubylting – allt hefur þetta orðið til þess að störf verða úrelt, breytast og endurmótast.

Fyrri iðnbyltingum fylgdi uppbot samfélaga. Lúddítar voru handverksmenn á Bretlandseyjum á 19. öld sem voru ósáttir við að lifibrauð þeirra var í hættu vegna verksmiðjuframleiðslu á vefnaði. Fram að þeim tíma gat handverksfólk haft góðar tekjur af því að selja kaupmönnum vefnaðarvörur og hafði tileinkað sér ákveðna iðn til þess. Á Bretlandseyjum dreifðist handverksfólk sem sá um framleiðslu á vefnaðarvörum um landið. Með tilkomu gufuafls var hægt að stunda fjöldaframleiðslu á vefnaðarvörum með öflugri vefstólum. Þetta þýddi uppbot á skipulagi á framleiðslu þar sem lærðu handverksfólki fækkaði og samþjöppun varð í greininni. Lítil fjölskyldufyrirtæki sem sérhæfðu sig í vefnaði gátu ekki keppt við fjöldaframleiddar vörur.

Annað dæmi um uppbot er uppbygging verslunarmiðstöðva í Bandaríkjunum sem lengi hafa

verið tákn amerískrar neyslumenningar. Borgir í Bandaríkjunum lögðu stór svæði í skipulagi sínu undir verslunarmiðstöðvar. Á síðustu árum hefur verslunarmiðstöðvum fækkað sem skýrist m.a. af vexti netverslunar, netverslun hefur breytt neyslu- og hegðunarmynstrinu og í stað þess að fólk fari í verslunarmiðstöðvar að sækja vörur eru þær pantaðar á netinu. Þetta þýðir einnig breytt skipulag á uppbyggingu verslana: Í stað stórra verslunarmiðstöðva rísa stór vöruhús og skipulag verslunar snýst um að tryggja snurðulausan flutning á vöru til kaupandans.

Með tilkomu gervigreindar er nú mögulegt að láta tækni leysa vandamál sem áður þurfti mannshuga til. Tölvur geta flutt á milli gríðargögn, algrím ákveðið hvað telst markvert í gögnunum og tekið ákvarðanir um hvernig framleiðslu skuli háttáð og hvernig brugðist skuli við. Þar sem tækifærin, breytingarnar og endurmótunin gerist á nýjum forsendum leitar uppbotið í nýjan farveg. Í fjórðu iðnbyltingunni mun tæknin enn fremur leiða til uppbrots á hefðbundnum viðskiptalíkönnum og skipulagi samfélagsins. Uppbrot verður til þess að núverandi mörkuðum, iðnaði eða tækni, er skipt út fyrir framleiðslu á einhverju algjörlega nýju, sem er skilvirkara, hagkvæmara, öruggara

eða að öðru leyti eftirsóknarverðara. Í uppbroti felst því bæði nýsköpun og niðurrif eða eyðing á því sem fyrir var.

Ein leið til þess að greina fjórðu iðnbyltinguna er að spyrja hvernig tiltekin tækni geti leitt til uppbrots. Uppbrot vegna tæknibreytinga getur verið mismikið. Þannig getur nýting á sýndarveruleika leitt til uppbrots á því hvernig fyrirtæki þróa frumgerðir af tækjabúnaði sem þau vilja koma á markað. Til þessa hefur hin hefðbundna leið verið nýtt til að byggja frumgerðir, oft kostnaðarsamar, til þess að prófa hvort ný tæki eða þjónusta virki. Síðan eru gerðar prófanir og það sem aflaga fer lagað og ný útgáfa gerð. Með hermun, sýndarveruleika og gervigreind er hægt að forprófa nýjar vörur, tæki og þjónustu á nýjan hátt. Þannig er dregið verulega úr kostnaði við vöruþróun, sem hefur svo margföldunaráhrif með því að fjölga tilraunum til nýsköpunar og auka möguleika nýrra leikenda til að ná fótfestu innan hvers geira, umbylta geirum og skapa nýja.

Með hagnýtingu gervigreindar til sjálfvirknivæðingar breytast hefðbundin störf eða hverfa, eins og nánar er fjallað um í kaflanum um sjálfvirknivæðingu og vinnumarkað hér aftar. Eftir því sem sjálfvirknivæðingunni

vex ásmegin stigmagnast hún; áhrifin verða ekki einungis á framleiðni hagkerfa eða vinnumarkaða heldur jafnframt á skipulag samfélaga. Uppbygging borgarsamfélaga sem gerir ráð fyrir einkabílum breytist t.d. talsvert ef þeir verða sjálfkeyrandi, sem kallar svo aftur á skipulagsbreytingar. Notkun gervigreindar við að taka ákvarðanir um lánveitingar hefur ekki bara áhrif á starfsfólk banka heldur þýðir að fleiri aðilar geta komið inn á þann markað. Viðskiptasaga einstaklinga er ekki lengur geymd í útibúi þess banka sem einstaklingur á viðskipti við heldur komast lánveitendur í miðlæg stafræn gögn um þá og beita svo gervigreind til að taka ákvörðun um lán til viðkomandi.

Spár um sjálfvirknivæðingu og þróun vinnumarkaðar

Á öld gervigreindar minnkar í sífellu bilið sem skilur á milli þess sem fólk getur gert og þess sem tækni getur gert. Ný störf verða til, sum störf hverfa og önnur breytast. Sumum verkum er auðveldara að úthluta tölvum en öðrum og áhrifin verða meiri á sum störf en önnur – bæði jákvæð og neikvæð. Þannig segir Erik Brynjolfsson, deildarstjóra stofnunar um nýsköpun og stafræna hagkerfið við MIT-háskóla í Bandaríkjunum

„Hugmyndin um að tæknin muni ásælast störf okkar er stærsta rökvillan. Stærra tækifæri liggur í því að nota tæknina til að bæta frammistöðu og auka við virkni mannanna.“ Og hann bætti við: „Það er hægt að nýta tækni bæði til að útrýma störfum og skapa þau. Það er ekkert efnahagslegt lögmál sem segir til um að allir muni njóta ávaxtanna jafnt. Það verður að marka stefnuna.“⁹

Þessi orð sýna mikilvægi þess að undirbúa jarðveginn fyrir þær breytingar sem eru í vændum. Á næstu árum og áratugum gefst tækifæri til að hugsa vel um hvernig ný tækni getur fært þjóðfélagið í átt að jafnrétti, jöfnuði og hamingju þegnanna. Sjálfvirknivæðing á vinnumarkaði er alþjóðleg þróun sem mun að lokum hafa einhver áhrif á

öll lönd, atvinnugreinar og störf. Eðli hinnar undirliggjandi tækni gefur ástæðu til að ætla að breytingar kunni að verða hraðar og dreifast víða eins og áður hefur komið fram. Það er auðvitað ómögulegt að segja nákvæmlega til um hver áhrif alls þessa verða á einstök störf, enda tæknin breytileg og störfin líka. Þó eru ýmsar vísbendingar í eðli þeirra tækniframfara sem þegar hafa orðið sem geta gefið vísbendingu um hvar áhrifa sjálfvirknivæðingar kann helst að gæta.

Þetta hafa margir rannsað og reynt að spá fyrir um hversu mörg störf hverfi og hvenær, hvar ný störf verði til og hvernig önnur störf komi til með að breytast. Þó niðurstöðum beri sjaldnast saman um nákvæman fjölda eða tímasetningu er töluverður samhljómur um eðli þeirra breytinga sem horft er fram á, það er hvaða störf teljast líkleg til að hverfa eða taka miklum breytingum og í hvaða átt atvinnugreinar og starfsstéttir eru líklegar til að þróast.

Einna þekktust er bresk rannsókn sem unnin var við Oxford-háskóla árið 2013.¹⁰ Höfundarnir, þeir Osborn og Frey, fengu hóp sérfræðinga til að leggja mat á líkur á sjálfvirknivæðingu fyrir ákveðið úrtak starfa, miðað við þá

tækni sem þegar er til staðar eða búast má við að verði innleidd á næstu einum til tveimur áratugum (þ.e. fyrir árið 2033). Þeir notuðu þetta mat á tæknilegum eiginleikum gervigreindar og sambandi þeirra við þær starfsstéttir sem til eru í dag auk tölfræði um fjölda starfa í hverri starfsstétt (miðað við bandarískan vinnumarkað), og komust að þeirri niðurstöðu að mögulega verði *47% allra starfa* sjálfvirknivædd á næstu tveimur áratugum. Óhætt er að segja að þessar niðurstöður hafi vakið mikla athygli og hefur aðferðafræði höfundanna lagt grundvöllinn að fjölda rannsókna sem á eftir hafa fylgt.

Gallinn við nálgun þeirra Osborn og Frey er að niðurstöðurnar byggðust eingöngu á starfsheitum og er því töluverð einföldun á fjölbreytileika flestra þeirra. Þetta hafa bæði þeir og aðrir bætt í seinni verkum. Innan hvers starfs má finna fjölda ólíkra verkefna sem krefjast ólíkrar færni. Störf krefjast til dæmis í auknum mæli samþættingar tæknilegrar og almennrar þekkingar og sama starf hjá tveimur ólíkum fyrirtækjum, hvað þá í tveimur ólíkum löndum, getur falið í sér gjörólík verkefni. *Við mat á áhrifum tækninýjunga á störf er því mikilvægt að horfa til færni og verkefna fremur en að einblína á starfstitla og stöður.*

Ráðgjafafyrirtækið McKinsey og Alþjóðlega efnahags- og framfarastofnunin, OECD, eru meðal þeirra sem síðar hafa byggt á aðferðafræði Osborn og Frey en bætt um betur, bæði með því að taka tillit til þeirrar færni sem ólík störf krefjast og með því að horfa til fleiri landa.

Í tveggja ára rannsókn McKinsey frá árinu 2017 voru metin 2000 verkefni (e. activities) sem heyra undir 800 starfsheiti. Niðurstaðan var sú að mögulega verði meira en helmingur verkefna sem framkvæmd eru leyst af tölvum með notkun þeirrar tækni sem nú þegar er til staðar. Þrátt fyrir að tölvur geti að öllu leyti unnið aðeins um 5% allra starfa áætla McKinsey að *60% allra starfa* samanstandi af að minnsta kosti þriðjungi verkefna sem hægt væri að tæknivæða.¹¹

Ein nýjasta rannsókn um þetta efni var gerð á vegum OECD og birt snemma árs 2018. Þar voru nýttar niðurstöður PIAAC-könnunarinnar um færni fullorðinna til að leggja nákvæmara mat á líklega breytingu starfa í aðildarlöndum.¹² Auk þess var byggt á nákvæmari flokkun starfa en áður. Þannig var hægt að skoða með meiri nákvæmni þá færni sem *ólik störf á ólíkum*

stöðum krefjast. Í þeim 32 löndum sem rannsóknin náði til (Ísland hefur ekki lokið PIAAC-könnuninni og var því ekki hluti úrtaks), var niðurstaðan sú að um *helmingur starfa muni líklega breytast töluvert* vegna sjálfvirknivæðingar. Áhrif þessara breytinga dreifast hins vegar töluvert. Um 14% starfa í þessum löndum eru mjög líkleg til að verða sjálfvirknivædd, eða með meira en 70% líkur á sjálfvirknivæðingu. Um 32% starfa teljast í meðallagi líkleg til að breytast, með metnar 50-70% líkur á sjálfvirknivæðingu.¹³

Áhrif gervigreindar á vinnumarkað verða ólík í ólíkum löndum. Margir þættir koma þar saman. Menntunarstig og gæði menntakerfisins skipta máli, auk samsetningar atvinnugreina og svo ekki síst þeirra verka og verkefna sem stórf samanstanda af í dag. Fjárfesting fyrirtækja í innleiðingu tækninýjunga og þjálfun starfsfólks er meðal þess sem hefur áhrif á það síðastnefnda. Baráttan um sérmenntað fólk er hafin á milli þjóða. Margar þjóðir bjóða fólki með ákveðna sérþekkingu að setjast að án mikilla vandkvæða. Ísland þarf að huga að þessu til að missa ekki stóran hluta af sérmenntuðu fólki úr landi til landa sem bjóða betur.

Hvaða störf eru líklegust til að verða fyrir áhrifum sjálfvirknivæðingar?

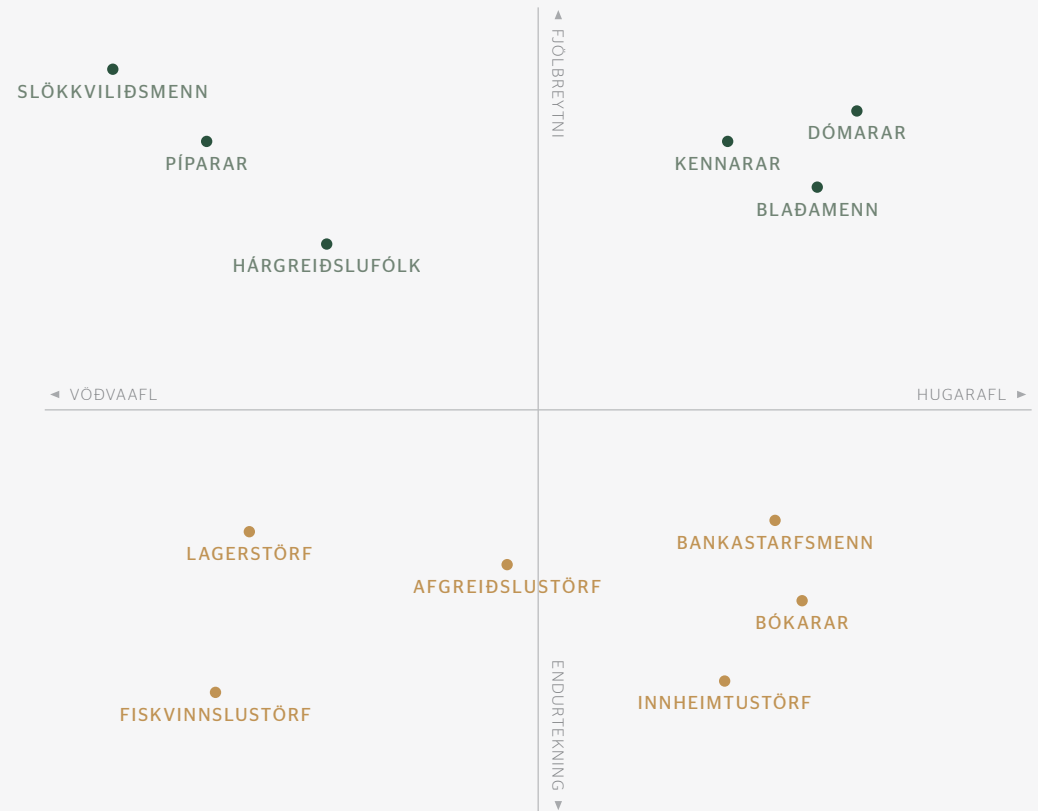
Almennt má segja að því hærra sem menntunarstig einstaklings í starfi er þeim mun minni líkur séu á sjálfvirknivæðingu starfsins, til skamms tíma lítið. Það sama gildir um tekjur, sem oft (en ekki alltaf) haldast í hendur við menntunarstig, því hærri sem tekjur eru því minni teljast líkur á sjálfvirknivæðingu. Þetta kom sérstaklega skýrt fram í rannsókn OECD sem sýndi sambærilegt samband á milli tekna og líkna á sjálfvirknivæðingu í öllum 32 löndunum sem rannsóknin náði til nema í Rússlandi, þar sem líkur héldust jafnar á öllum stigum tekjudreifingar.

Störf sem fela í sér mikla endurtekningu og eru framkvæmd í skipulögðu og fyrirsjáanlegu umhverfi eru þau sem auðveldast er að sjálfvirknivæða. Vélar geta leyst mannshöndina af hólmi hvað snertir líkamlega vinnu þar sem mikið er um endurtekningar. Ekki hefur þurft gervigreind til en með tilkomu hennar verður hægt að nota tölvur og vélmenni til að sinna fjölbreyttari störfum sem krefjast hugarafis.¹⁴ Þannig er einsýnt að störf þar sem gögn og upplýsingar eru aðgengileg á stöðluðu formi og þar sem síendurtekin úrvinnsla upplýsinga á sér stað verði þegar fram í sækir gervigreindarvæðing nánast

sjálfgefin. Í þessu felst mikil breyting, enda fjöldi slíkra starfa í nútímasamfélögum og þau eru unnin af stórum hópum millitekjufólks. Þó skal hafa í huga að það er alls ekki augljóst að vélar taki alfarið yfir ákveðna tegund starfa heldur er hitt mun líklegra að þau breytist með tilkomu gervigreindar.

Breytileg, huglæg verkefni sem krefjast dóm- og tilfinningagreindar, getu til að leysa vandamál, innsæis og sköpunargáfu, sem og líkamlegri verkefni sem krefjast mikillar aðlögunarhæfni eða samskipta við annað fólk, hafa enn ekki verið tæknivædd. Þetta telja sérfræðingar líklegt að verði áfram raunin, í það minnsta til skemmri tíma litið. Sömu sérfræðingar benda þó á að með gríðargögnum, gervigreind og aukinni reiknigetu, ásamt framförum í grunnrannsóknum vélræns náms, verði sjálfvirknivæðing sífellt líklegri fyrir flóknari og breytilegri verkefni. Sem dæmi má nefna framfarir sem þegar hafa orðið á getu tölva til að greina sjúkdóma, skrifa lagatexta og keyra bíla í almennri umferð. Áframhaldandi þróun í sömu átt getur leitt til þess að sjálfvirknivæðing nær smám saman einnig til starfa sem krefjast flóknari færni og meiri menntunar.

Mynd 5 / Áhrif sjálfvirknivæðingar á vinnumarkað. ¹⁵



Mat á áhrifum sjálfvirknivæðingar á íslenskan vinnumarkað

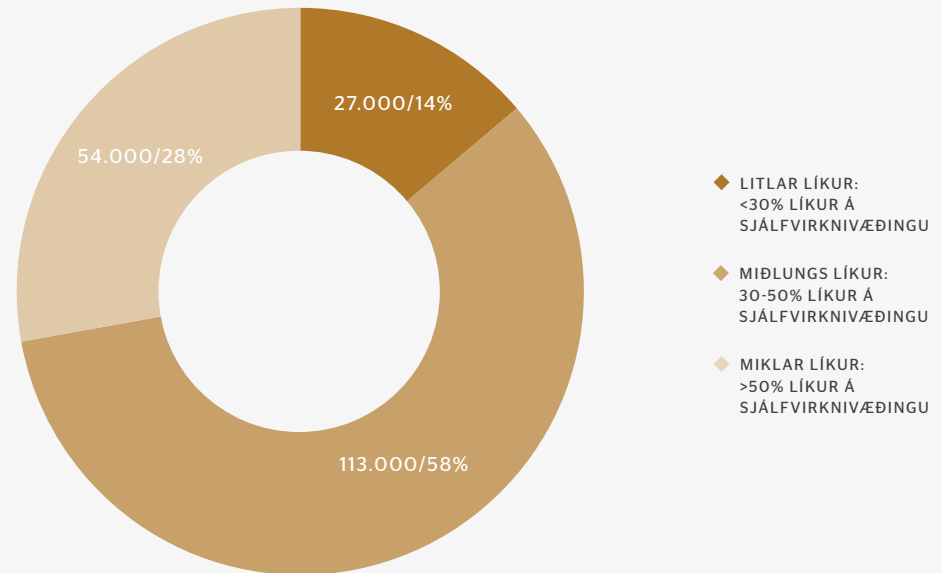
Sé gengið er út frá því að eðli starfa hérlendis sé svipað og hjá nágrannabjóðum okkar skapar fyrrnefnd rannsókn OECD¹⁶ áhugavert tækifæri til að meta áhrif fjórðu iðnbyltingarinnar á íslenskan vinnumarkað. Með því að tengja meðallíkur á sjálfvirknivæðingu starfsstétta innan OECD við vinnumarkaðsrannsókn Hagstofu má þannig framkalla mynd af líkum á sjálfvirknivæðingu íslenskra starfa sem tekur mið af uppbyggingu okkar atvinnulífs.¹⁷

Á árinu 2017 voru á Íslandi tæplega 194 þúsund manns á aldrinum 16-74 ára á vinnumarkaði. Atvinnuþáttaka hér á landi er mikil í samanburði við önnur lönd, um 82%, og atvinnuleysi er um þessar mundir lítið eða um 2%. Árið 2017 voru rúmlega 50 þúsund einstaklingar í störfum sem teljast mjög líkleg til að verða sjálfvirknivædd á næstu tíu til fimmtán árum samkvæmt aðferðafræði OECD. Það eru um 28% íslensks vinnumarkaðar. Þetta eru þau störf sem geta horfið með öllu eða breyst svo mikið að þau teljist ekki lengur sambærileg við það sem áður var. Störf í iðnaði og sölu- og þjónustustarfsemi eru líklegust til að dragast mest saman. Meirihluti (um 60%) þeirra sem eru starfandi á íslenskum vinnumarkaði sinnir störfum sem

teljast miðlungs líkleg til að verða sjálfvirknivædd í náninni framtíð. Það þýðir að stóran hluta þeirra verkefna eða þeirrar færni sem tilheyrir starfinu verður líklega hægt að leysa með tækni á næstu árum. Því er líklegt að þótt starfið hverfi kannski ekki með öllu breytist það að minnsta kosti umtalsvert. Sem dæmi má nefna að 90% starfa (25.086 störf) sem tækni- og sérmenntað starfsfólk vinnur teljast miðlungs líkleg til sjálfvirknivæðingar. Þetta eru til að mynda störf húsmiða, blikksmiða, bakara og annarra sem krefjast ákveðinnar sérhæfingar eða menntunar. Vegna þessarar sérhæfingar má ætla að oftar en ekki verði einstaklingar í góðri stöðu til að breytast með störfunum, en þó aðeins fái þeir aðstöðu og tækifæri til þeirrar þjálfunar eða símenntunar sem til þarf.

Af þeim sem voru starfandi á íslenskum vinnumarkaði árið 2017 voru aðeins um 14% í störfum þar sem litlar líkur eru á sjálfvirknivæðingu. Það eru meðal annars sérfræði- og stjórnendastörf og er þau einna helst að finna í fræðslugeiranum, heilbrigðisþjónustu og stjórnsýslu. Eins og sjá má á mynd 7 geta áhrifin verið ólík innan starfsstétta og helgast það af því hversu ólík störf geta í raun verið sem teljast þó tilheyra sömu starfsstétt.

Mynd 6 / Líkur á sjálfvirknivæðingu íslenskra starfa (Fjöldi starfa og hlutfall, 2017).



Mynd 7 / Líkur á áhrifum sjálfvirknivæðingar á Íslandi eftir starfsstéttum.

STARFSSTÉTTIR						
MIKLAR LÍKUR Á SJÁLFRIRKNIVÆÐINGU		MIÐLUNGSLÍKUR Á SJÁLFRIRKNIVÆÐINGU		LITLAR LÍKUR Á SJÁLFRIRKNIVÆÐINGU		
1	Störf iðnaðarmanna og sérhæfðs iðnverkafólks	12.546	1 Sérfræðistörf	33.823	1 Sérfræðistörf	15.367
2	Þjónustu- og sölustörf	12.287	2 Þjónustu- og sölustörf	28.265	2 Stjórnendur	8.870
3	Ósérhæfð störf	11.475	3 Tæknar og sérmenntað starfsfólk	25.086	3 Tæknar og sérmenntað starfsfólk	2.559
4	Störf véla- og vélgæslufólks	9.042	4 Stjórnendur	11.142	4 Þjónustu- og sölustörf	-
5	Störf bænda og fiskimanna	5.685	5 Störf iðnaðarmanna og sérhæfðs iðnverkafólks	7.873	5 Störf iðnaðarmanna og sérhæfðs iðnverkafólks	-
6	Skrifstofustörf	2.628	6 Skrifstofustörf	6.330	6 Skrifstofustörf	-
7	Tæknar og sérmenntað starfsfólk	273	7 Störf véla- og vélgæslufólks	501	7 Störf véla- og vélgæslufólks	-
8	Stjórnendur	-	8 Ósérhæfð störf	-	8 Ósérhæfð störf	-
9	Sérfræðistörf	-	9 Störf bænda og fiskimanna	-	9 Störf bænda og fiskimanna	-

Gott dæmi um það eru sérfræðistörf. Þannig er talið að yfir 30 þúsund sérfræðistörf séu miðlungs líkleg til sjálfvirknivæðingar en rúmlega 15 þúsund þeirra teljast til þeirra sem litlar líkur eru á að verði fyrir sömu áhrifum. Þetta skýrist af ólíku eðli þessara starfa þar sem sum byggjast á verkum sem auðveldara er að sjálfvirknivæða en önnur. Hið sama er upp á teningnum með sölu- og þjónustustörf en þar er fjöldi þeirra sem miklar líkur eru á að verði fyrir áhrifum af sjálfvirknivæðingu rúmlega 12 þúsund en rúmlega 28 þúsund með miðlungslíkur.

Einnig er hægt að skoða möguleg áhrif af sjálfvirknivæðingu eftir atvinnugreinum fremur en starfsstéttum. Á mynd 8 sést fjöldi þeirra starfa innan tiltekinnar atvinnugreinar þar sem miklar líkur eru á sjálfvirknivæðingu og svo hlutfall þeirra af heildarfjölda starfa innan viðkomandi atvinnugreinar. Þar sést til að mynda vel munurinn á atvinnugreinum eins og byggingarstarfsemi og mannvirkjagerð þar sem miklar líkur eru á að 60% starfa verði fyrir áhrifum sjálfvirknivæðingar en aðeins 8% í fræðslustarfsemi. Í framleiðslu eru flest störf þar sem miklar líkur eru á breytingum en innan þess flokks eru mjög fjölbreytt störf úr mörgum geirum atvinnulífsins.¹⁸

Mynd 8 / Áhrif af sjálfvirknivæðingu eftir atvinnugreinum (fjöldi starfa í flokki „Miklar líkur á sjálfvirknivæðingu“).

ATVINNUGREIN	Fjöldi starfa (% af öllum störfum í viðkomandi atvinnugrein)
1 Framleiðsla	10.668 (57%)
2 Byggingarstarfsemi og mannvirkjagerð	7.407 (60%)
3 Heild- og smásöluverslun, viðgerðir á vélknúnum ökutækjum	6.879 (27%)
4 Rekstur gististaða og veitingarekstur	6.724 (61%)
5 Landbúnaður, skógrækt og fiskveiðar	5.343 (73%)
6 Flutningar og geymsla	4.536 (34%)
7 Leigustarfsemi og ýmis sérhæfð þjónusta	2.246 (30%)
8 Heilbrigðis- og félagsþjónusta	2.183 (10%)
9 Fræðslustarfsemi	1.850 (8%)
10 Menningar-, íþrótt- og tómstundastarfsemi	1.269 (20%)



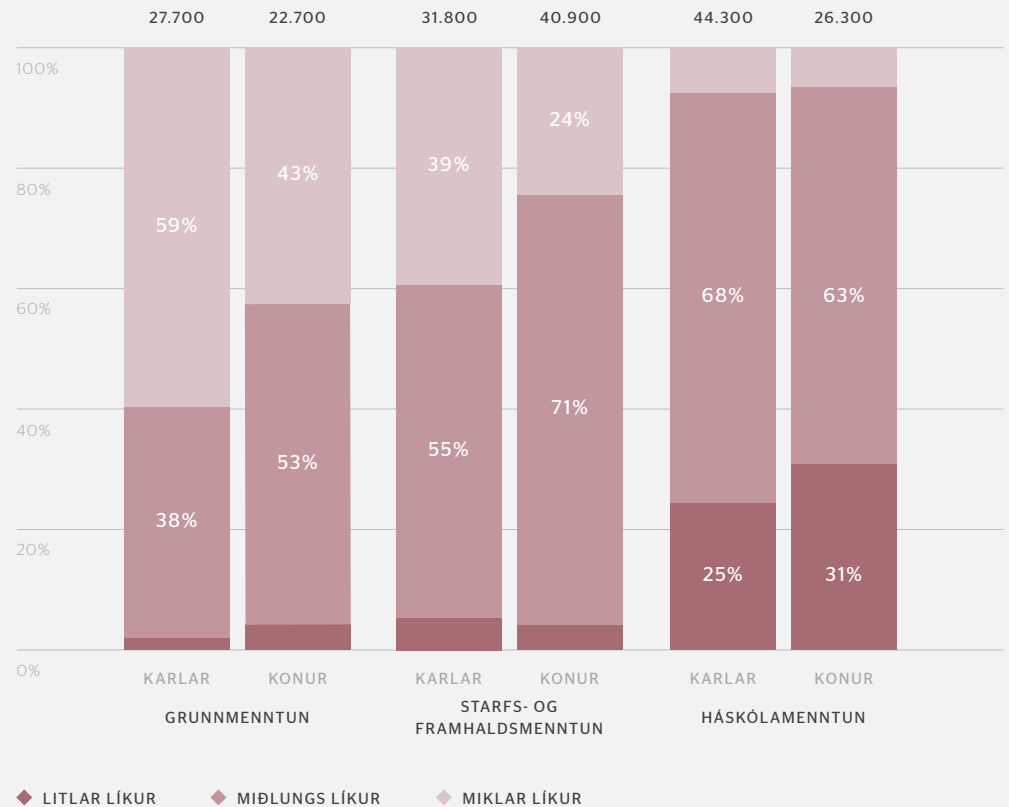
Uppbrot á íslenskum vinnumarkaði

Með hliðsjón af vinnumarkaðsrannsókn Hagstofu Íslands má glöggva sig á mögulegum áhrifum gervigreindarvæðingar á ólíka samfélagshópa. Þannig má greina bæði kyn- og aldersdreifingu innan starfsstétta auk menntunarstigs og ríkisfangs einstaklinga og lesa úr því hvernig áhrif sjálfvirknivæðingar kunna að dreifast um íslenskt samfélag.

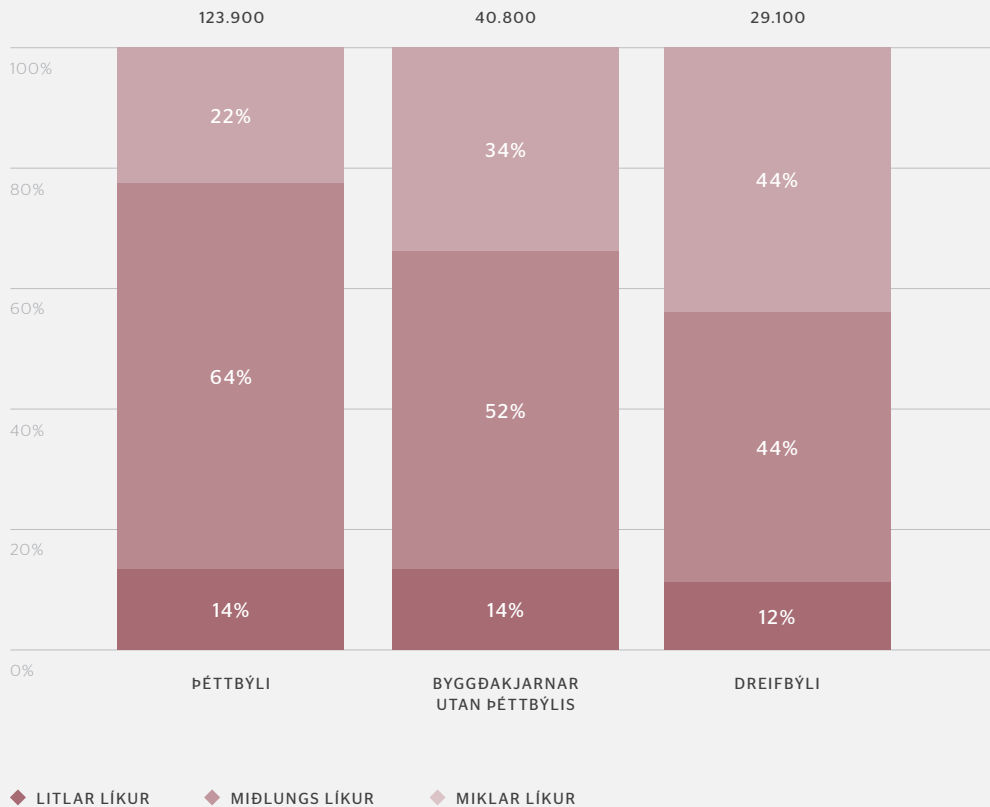
Kyn - Séu niðurstöður skoðaðar eftir kynjaskiptingu starfsstétta kemur í ljós að karlar eru mun líklegri en konur til að gegna störfum sem mögulega munu verða fyrir áhrifum af tækninni. Sú er raunin óháð menntunarstigi eða aldri. Hlutur kvenna sem starfa í umönnun eða fræðslu kann að skýra þetta að hluta enda slík störf með þeim sem síst verða fyrir áhrifum sjálfvirknivæðingar. Þá eru karlar í miklum meirihluta í byggingargeiranum þar sem meiri hættu er á sjálfvirknivæðingu. Hæsta hlutfall karla sem verða fyrir áhrifum af sjálfvirknivæðingu er hjá þeim sem eru með grunntun eða 59% á móti 43% kvenna með sömu menntun.

Menntun - Samband menntunarstigs og líkna á sjálfvirkni-æðingu er eins héraðis og annars staðar og minnka þannig líkur með herra menntunarstigi. Svipungarnar verða líklega mestar fyrir þá sem hæst hafa lokið grunn-skólaprófi. Um helmingur þeirra starfa, eða um 26.000 störf, er líklegur til að hverfa með öllu og önnur 45% líkleg til að taka miklum breytingum. Fyrir þá sem lokið hafa starfs- eða framhaldsprófi er um þriðjungur starfa líklegur til að hverfa með öllu og rúm 60% líkleg til að taka miklum breytingum. Störf þeirra sem hæst hafa lokið háskólaprófi koma líka til með að breytast mikið og falla 65% starfa í miðjuflokkinn. Þar eru hins vegar afar fá störf í hættu á að hverfa með öllu (6%) og fleiri sem teljast örugg (29%). Þá er nokkur munur á áhrifum eftir kyni eins og nánar er rætt hér aftar.

Mynd 9 / Áhrif af sjálfvirkniæðingu eftir kyni og menntun. Hlutfall árið 2017 eftir menntun og kyni.



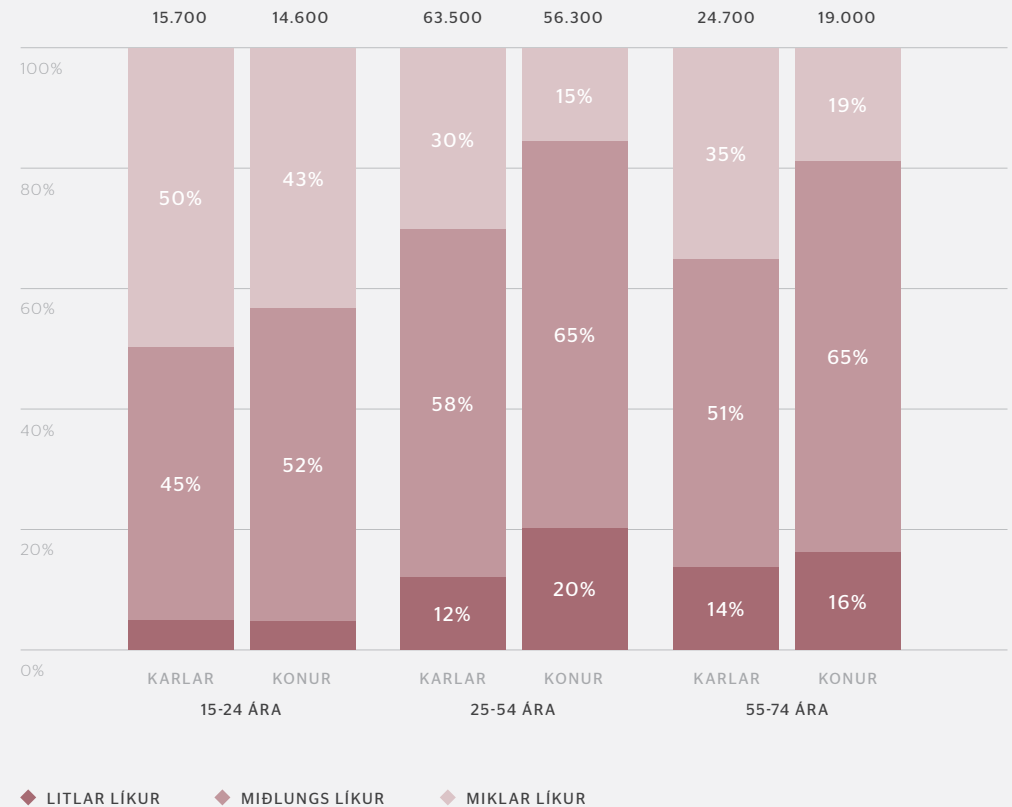
Mynd 10 / Áhrif af sjálfvirknivæðingu eftir búsetu. Hlutfall árið 2017 eftir byggðastigi.



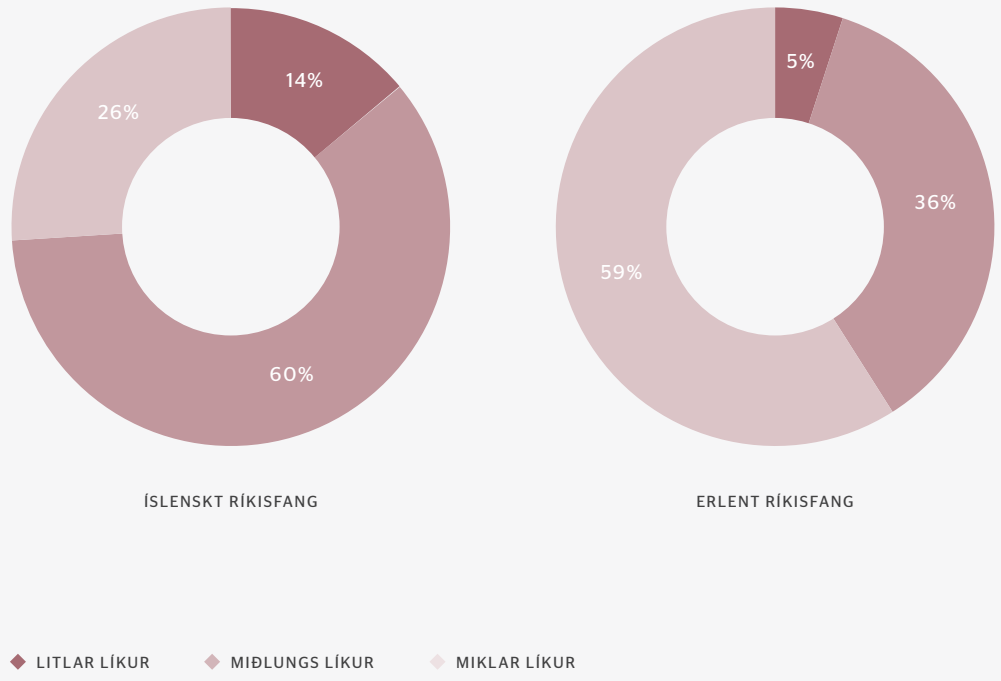
Áhrif á byggðarlög – Auknar líkur eru á að störf utan þéttbýlis verði fyrir áhrifum sjálfvirknivæðingar. Þannig eru miklar líkur á að 44% starfa í dreifbýli verði fyrir áhrifum sjálfvirknivæðingar en 22% starfa í þéttbýli eru í þeim flokki. Þetta skýrist meðal annars af því að vægi starfa sem teljast líkleg til að breytast vegna sjálfvirknivæðingar er meira á landsbyggðinni en það er í þéttbýli. Þetta á til að mynda við um störf bænda þar sem líkur á frekari sjálfvirknivæðingu eru mjög miklar. Þá eru einnig færri stjórnendastörf og sérhæfð skrifstofustörf í dreifbýli.

Aldur – Yngra fólk er með minni menntun og líklegra til að sinna störfum þar sem miklar líkur eru á sjálfvirknivæðingu. Þannig eru miklar líkur á að um helmingur starfa hjá fólki á aldrinum 15-24 ára verði fyrir áhrifum af sjálfvirknivæðingu sem er umtalsvert meira en í öðrum aldurshópum. Þetta er ekki síst mikilvægt í ljósi mikillar atvinnuþátttöku ungs fólks hér á landi.¹⁹ Þessi störf eru oft fyrstu skref einstaklinga á vinnumarkaði og gegna þannig mikilvægu hlutverki við þjálfun ýmiss konar almennrar færni og jafnvel kynningu á ólíkum geirum og greinum.

Mynd 11 / Áhrif af sjálfvirknivæðingu eftir kyni og aldri.



Mynd 12 / Áhrif af sjálfvirknivæðingu eftir ríkisfangi.



Íslenskir og erlendir ríkisborgarar – Mikill munur er á mögulegum áhrifum af sjálfvirknivæðingu á vinnu þeirra sem eru með íslenskt ríkisfang og þeirra sem koma frá öðrum löndum. Um 26% einstaklinga á vinnumarkaði með íslenskt ríkisfang munu verða fyrir miklum áhrifum af sjálfvirknivæðingu en um 59% þeirra sem eru með erlent ríkisfang. Það er einnig áhugavert að nær enginn munur er á milli kynja í þessum hópi. Þetta skýrist einna helst af því að fólk með erlent ríkisfang er líklegra til að vera í störfum þar sem miklar líkur eru á breytingum vegna sjálfvirknivæðingar og má þar nefna störf iðnverkfólks, þjónustustörf og störf í byggingargeiranum. Á síðustu árum hefur fólki með erlent ríkisfang fjölgað verulega á Íslandi en það skýrist af miklum hagvexti sem hefur skapað eftirspurn eftir vinnuafli í þessum geirum.

Fyrirvarar við spá um áhrif sjálfvirknivæðingar

Þessar niðurstöður byggjast á samkeyrslu gagna frá Hagstofu Íslands og OECD. Vinnnumarkaðsrannsókn Hagstofunnar er úrtaksrannsókn sem ætlað er að veita áreiðanlegar upplýsingar um störf fólks, vinnutíma, atvinnuleit, menntun og fleira. Þannig fást nákvæmari upplýsingar en ella um samsetningu starfsstétta og atvinnugreina á Íslandi, auk þess sem hægt er að meta þætti eins og dreifingu aldurs og kyns starfsmanna. Með því að tengja þessar niðurstöður við mat OECD á líkum á sjálfvirknivæðingu starfa samkvæmt þriggja stafa ISCO-8 kóða eru framkallaðar þær niðurstöður sem frá var greint hér að framan.²⁰ Niðurstöður eru allar vigtaðar með kyni og aldri. Taka ber fram að þar sem vinnnumarkaðsrannsóknin er úrtaksrannsókn þá kunna í sumum tilvikum að vera fáir einstaklingar að baki tölunum.

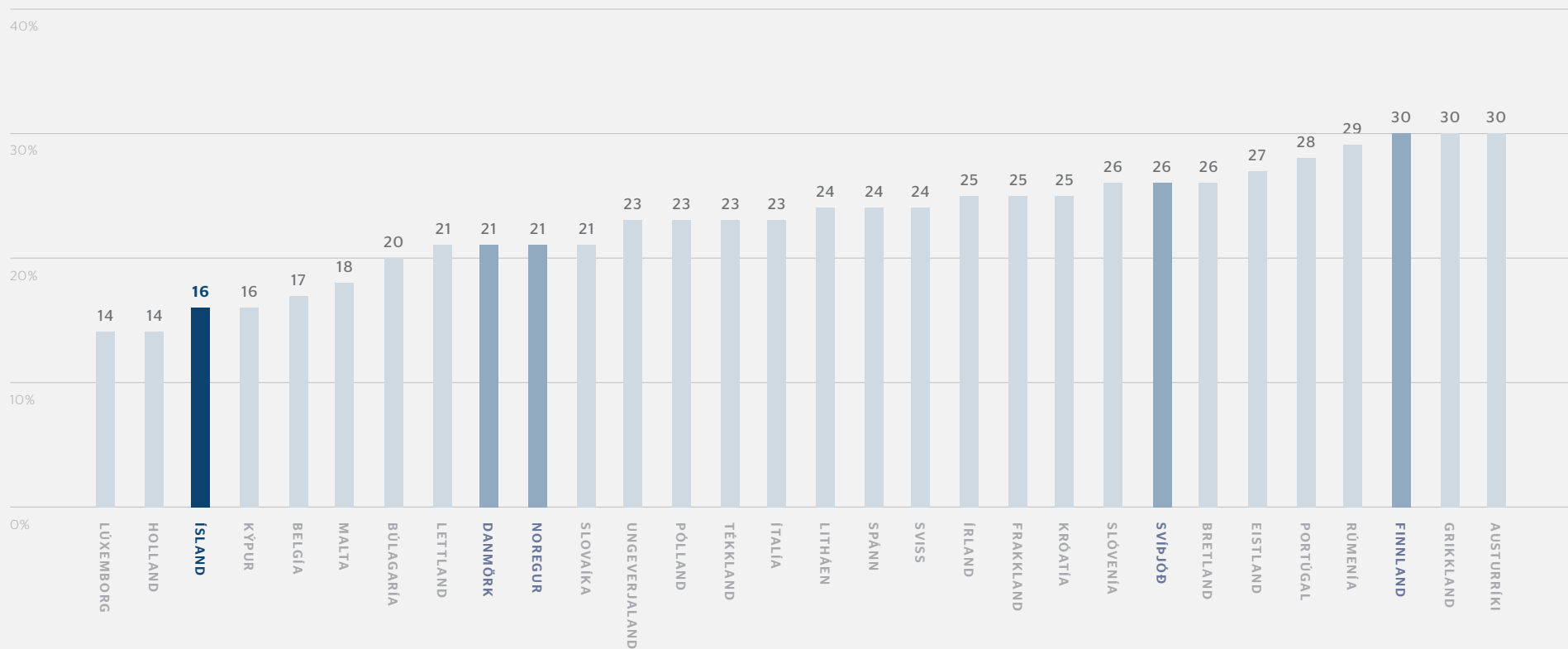
Þá er mikilvægt að ítreka að skýrsla OECD er forspá og aðeins ætlað að gefa upplýsta hugmynd um hver þróun starfa kann að verða á næstu árum. Jafnframt er óljóst hversu vel spá þeirra á við um störf á Íslandi en það verður hægt að skoða með meiri nákvæmni þegar PIAAC-rannsóknin verður framkvæmd hérlendis. Tæknistig einstakra atvinnugreina er mismikið eftir löndum og því svigrúm til sjálfvirknivæðingar mismikið. Er til að mynda sama svigrúm til sjálfvirknivæðingar í íslenskum fiskveiðum og frönskum?

Að lokum er vert að nefna að aðeins er hér lagt tölulegt mat á störf sem gætu horfið eða breyst en ekki þau sem kunna að verða til. Eins og rætt hefur verið hér að framan má síst lesa þessar niðurstöður sem svo að einstaklingar í þeim störfum hverfi af vinnnumarkaði þó að það vissulega geti gerst. Þeir eru hins vegar í áhættuhópi og munu líklega, enn frekar en aðrir, þurfa að afla sér nýrrar færni og mögulega sækja á gerólík mið er kemur að atvinnuleit.

Færni og menntun

Reynist spár um áhrif sjálfvirknivæðingar nokkur vísending um í hvaða átt þróunin verður þá er skýrt að bregðast þarf við. Það er mikilvægt jafnt fyrir þá einstaklinga og hópa sem sinna störfum sem með öllu hverfa og fyrir þá sem sinna störfum sem koma til með að breytast, ýmist mikið eða lítið. Við sjáum til að mynda nú þegar breyttar kröfur vinnuveitenda við ráðningar þar sem aukin áhersla er oftast en áður á eiginleika sem síður verða sjálfvirknivæddir, eins og þverfagleg færni. Þannig er í hefðbundnum tæknistörfum nú oft lögð áhersla á færni til samskipta á meðan hönnuðir þurfa jafnvel grunnkunnáttu í ýmsum hugbúnaði.²¹ Eðli þessara breytinga er slíkt að reyna mun á alla þátttakendur á vinnumarkaði svo vel megi bregðast við. Hið opinbera getur til dæmis lagt línurnar með kerfisbundnu mati á færni-, menntunar-, og mannaflapörf á vinnumarkaði til lengri tíma,²² sérstökum stuðningi við þessa þætti og skipulögð skref sem styðja við hátækniþróun, tækni- og þekkingaryfirfærslu og nýsköpun. Vinnuveitendur geta stutt starfsfólk í að sækja sér viðeigandi sí- og endurmenntun svo bregðast megi við breytingum og lagt meiri tíma og fjármagn í rannsóknir og þróun, hvort sem er í samstarfi við háskóla, önnur fyrirtæki eða rannsóknarstofnanir. Verkalýðshreyfingin getur einnig

Mynd 13 / STEM-menntaðir (vísindi, tækni, verkfræði, stærðfræði) eftir löndum. - Heimild: Viðskiptaráð Íslands.



liðsinnt félagsmönnum sínum með því að styrkja umhverfi sí- og endurmenntunar og móta það í samræmi við nýjar áherslur. Þá er það einstaklinganna að lokum að bera sig eftir björginni og afla sér nýrrar færni eftir því sem við á.

Segja má að menntakerfið sé að vissu leyti límið sem bindur þetta allt saman. Þar er að mörgu að huga þegar horft er fram á á veginn. Í dag eru STEM-menntaðir (Science, Technology, Engineering, Mathematics) sem hlutfall af háskólamenntuðum hér á landi aðeins 16%, sem er mjög lágt hlutfall í samanburði við önnur Evrópuríki. Mikilvægt er því að auka fjölda þeirra sem eru með menntun á sviði raungreina svo Ísland verði betur í stakk búið til að mæta þeim tæknibreytingum sem spáð er að verði á næstu 15–20 árum.

Þá þarf að líta til fleiri þátta þegar kemur að menntun eins og t.d. hvernig er kennt, uppbyggingar þverfaglegs náms, aukins vægis verklegra faga og listgreina, sem og bættrar líðanar barna og ungs fólks í námi. Í þessu samhengi er rétt að benda á að World Economic Forum spurði þúsundir forstjóra árið 2015 hvaða færni þeir teldu að starfsfólk þyrfti að búa yfir árið 2020. Niðurstöðurnar

voru um margt forvitnilegar. Hástökkvari könnunarinnar var sköpun (e. creativity), samanborið við sambærilega könnun sem gerð var 5 árum áður, og tilfinningagreind kom ný inn á þennan lista.²³ Vægi gagnrýnnar hugsunar eykst enda sú hæfni sífellt mikilvægari í heimi þar sem magn upplýsinga og áreiti eykst með samfélagsmiðlum og öðrum upplýsingaveitum. Færni fólks til að að leysa flókin verkefni trónir á toppnum og er dæmi um færni sem mun skipta miklu máli í fjórðu iðnbyltingunni.

Eins og áður hefur komið fram má búast við miklum breytingum á störfum sem krefjast hugarafis en fela í sér endurtekin verkferli. Einstaklingar sem geta leyst flókin verkefni (e. complex problem solving) verða því eftirsóttir á vinnumarkaði. Þá styðja mismunandi færni- og hæfnisþættir hvor við aðra. Þannig getur gagnrýnin og skapandi hugsun stutt verulega við lausn flókinnna vandamála. Þá eru margir af þessum færni- og hæfnisþáttum ekki eingöngu mikilvægir vegna þátttöku fólks í atvinnulífi heldur einnig fyrir fólk til að taka þátt í opnu lýðræðissamfélagi þar sem virðing fyrir skoðunum annarra og málfrelsi eru undirstöður fyrir. Færni fólks í að taka gagnrýna afstöðu til álitamála hjálpar til við að leysa

flókin verkefni í atvinnulífi en styrkir einnig einstaklinga til að nota eigin skynsemi án handleiðslu annarra í eigin lífi.

Ef fylgja á eftir viðmiðum í færni eins og myndin sýnir þurfa þónokkrar breytingar að eiga sér stað í menntun þjóða til að þessi færni fái að skína í gegn. Finnar hafa sem dæmi gert gagngerar breytingar á skólakerfi sínu til að stilla sig inn á nýja færni. Þeir hafa til dæmis lagt meiri áherslu á samvinnu en samkeppni í skólakerfinu og hafa hætt að stilla upp stöðluðum prófum fyrir grunnskólanemendur til að undirstrika þetta. Danir hafa ákveðið að setja mikinn kraft í sí- og endurmenntun fólks. Þá hafa ýmsar aðrar stefnur (e. trends) skotið upp kollinum í heiminum og má nefna einstaklings- og verkefnamiðað nám, vendikennslu, forritunarkennslu frá unga aldri, meiri áherslu á samkennd, samvinnu og tilfinningagreind, nám sem felst í því að búa til eitthvað nýtt eða framleiða eitthvað nýtt (e. maker learning / entrepreneurship) og svo mætti lengi telja. Þá hafa miklar breytingar átt sér stað á íslensku menntakerfi á síðustu árum. Leiðsagnarmat hefur verið innleitt í grunnskólum sem og aukin áhersla lögð á einstaklingsmiðað nám. Þá hefur gagnrýnin hugsun verið innleidd í aðalnámskrá grunnskóla. Aukið framboð er á

háskólanámi og nám til stúdentsprófs hefur verið stytta. Menntamálaráðuneytið vinnur nú að mótun menntastefnu til ársins 2030 en sú vinna þarf að taka mið af þeim samfélagsbreytingum sem verða á næstu áratugum og þá einnig að skýra hvernig þær breytingar, sem hafa orðið á íslensku menntakerfi á síðustu árum, styrkja Ísland í að takast á við þessar breytingar.²⁴

Mynd 14 / Spá um 10 helstu færni- og hæfnisþætti einstaklinga, skv. World Economic Forum frá 2016

2020	2015
1. Leysa flókin verkefni	1. Leysa flókin verkefni
2. Gagnrýnin hugsun	2. Teymisvinna
3. Skapandi hugsun	3. Mannauðsstjórnun
4. Mannauðsstjórnun	4. Gagnrýnin hugsun
5. Teymisvinna	5. Samningatækni
6. Tilfinningagreind	6. Gæðastjórnun
7. Dómgreind og ákvarðanatáka	7. Þjónustulund
8. Þjónustulund	8. Dómgreind og ákvarðanatáka
9. Samningatækni	9. Virk hlustun
10. Vitsmunalegur sveigjanleiki	10. Skapandi hugsun

Ísland á þröskuldi fjórðu iðnbyltingarinnar: tækni og nýsköpun

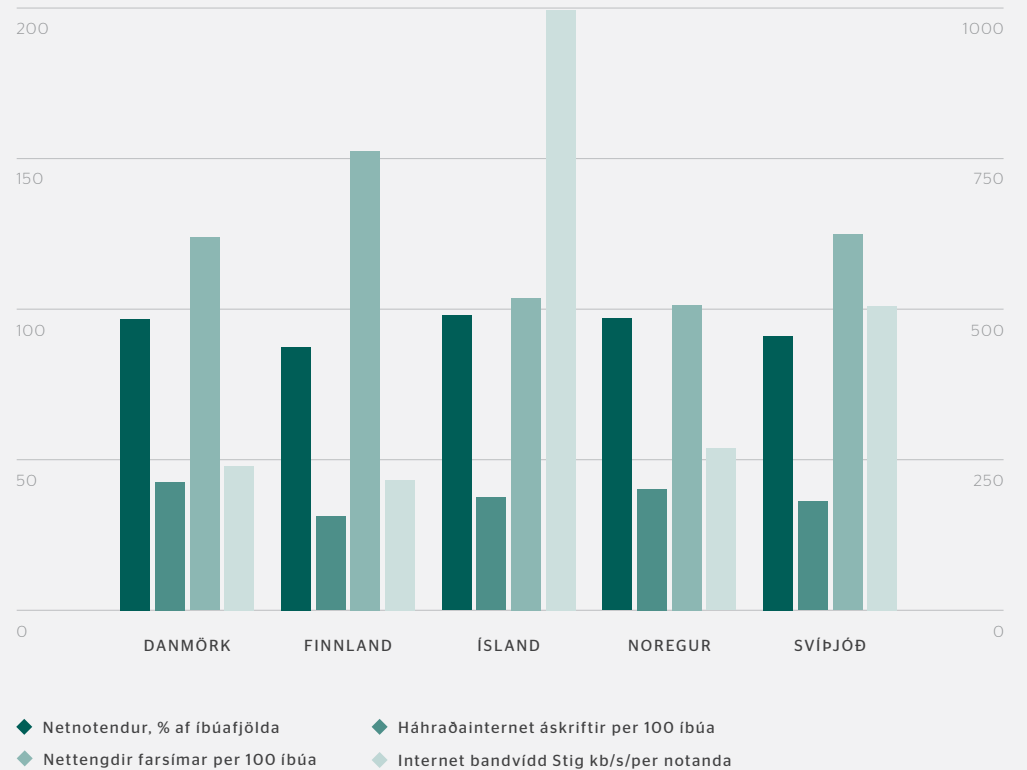
Ekki er til einhlítt svar við því hvernig þjóðir náí fótfestu í fjórðu iðnbyltingunni. Opinber stefnumótun, traustir innviðir, jöfnuður, öflugt atvinnulíf, skilvirk stjórnsýsla og menntun eru lykilþættir. Önnur hæfni, svo sem hagnýting nýrrar þekkingar, og tækni, þekkingarsköpun, og tækni- og þekkingaryfirfærsla eru einnig mikilvægar í stafrænu hagkerfi vegna þess hve hraðinn og endurnýjunin er mikil. Lykilatriði er að nálgast ekki tæknibreytingar með þeim hætti að samfélög verði óvirkir áhorfendur að framrás tækninnar heldur að viðbrögðin felist í aðlögun hennar að þörfum okkar samfélags.

Íslenskt samfélag er tiltölulega opið fyrir nýrri tækni. Þetta sést m.a. í viðamikilli skýrslu World Economic Forum um almenna samkeppnishæfni en í henni er m.a. reynt að leggja mat á hversu vel þjóðir hafa tileinkað sér tækni. Til er fjöldi annarra alþjóðlegra úttekta sem draga upp svipaða mynd. Skýrsla WEF byggist á tölum Alþjóðabankans og staðfestir að Íslandi hefur gengið vel að tileinka sér nýja tækni en landið er í 10. sæti af 140 löndum.²⁵ Sú tækni sem er til umfjöllunar í skýrslunni, eins og uppbygging farsímakerfisins og nettenginga, er hluti af þriðju iðnbyltingunni en á hennar grunni verða tekin

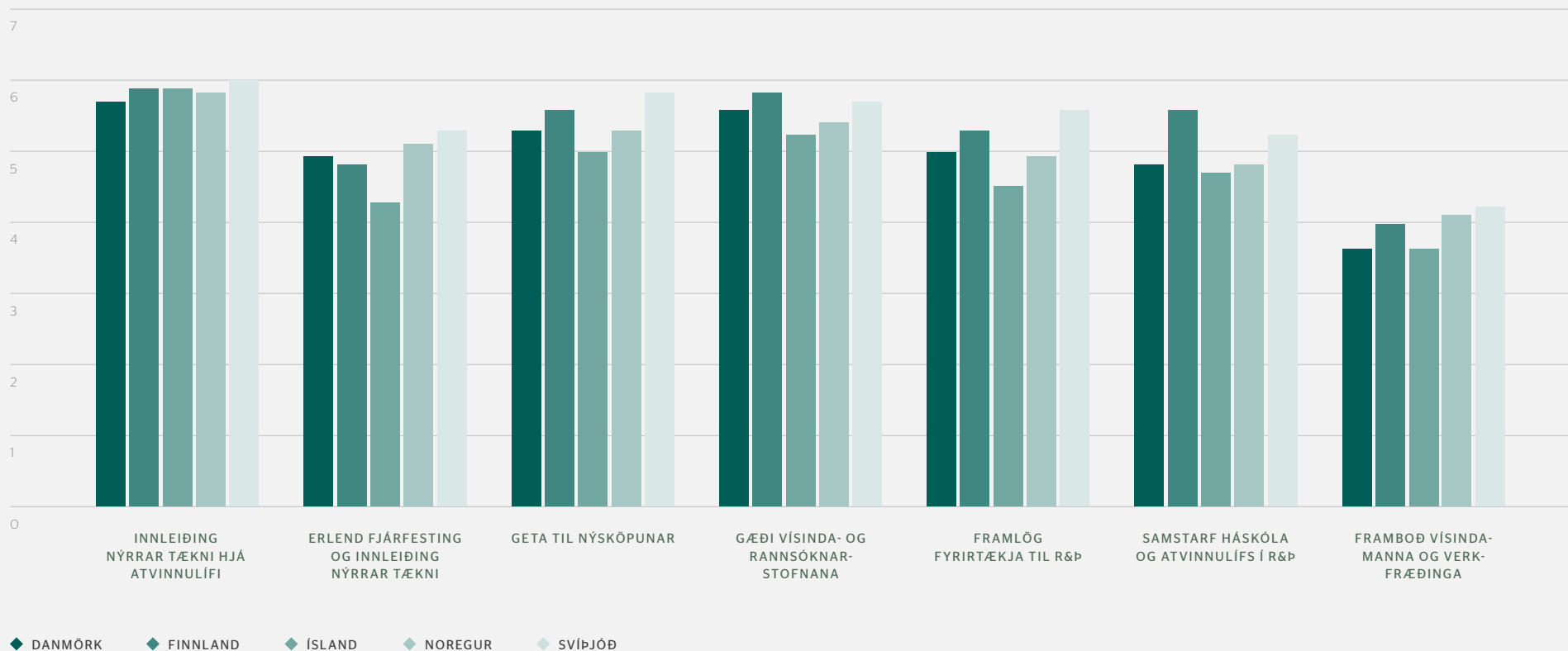
næstu skref inn í fjórðu iðnbyltinguna. Vísbendingar sem þessar gefa því til kynna að landið stendur ágætlega að vígi miðað við aðrar þjóðir varðandi ákveðna grunnþætti upplýsingabyltingarinnar sem auðveldar landinu að taka næstu skref í hagnýtingu tækninnar. Eins og sést á mynd 15 eru margir mikilvægir tæknilegir innviðir á Íslandi á svipuðu stigi og þekkt annars staðar á Norðurlöndunum en norrænu þjóðirnar standa allar framarlega á þessu sviði. Þá er einnig vilji meðal þessara þjóða til þess að standa sameiginlega að innleiðingu á nýrri tækni en nýlega sendu forsætisráðherrar norrænu þjóðanna frá sér yfirlýsingu um samstarf sín á milli um að verða leiðandi í uppbyggingu á 5G-farsímaneti, en í því felast gríðarleg tækifæri.²⁶

Nýsköpun, færni atvinnulífs til að tileinka sér nýja tækni, rannsóknir og þróun og vísindastofnanir eru einnig þættir sem skipta máli þegar möguleikar Íslands eru skoðaðir. Þótt ætíð sé erfitt að leggja mat á slíka þætti til að fá samanburð milli þjóða er það einnig gert í alþjóðlegum úttektum. Sé staða Íslands skoðuð í samanburði við hinar norrænu þjóðirnar hvað varðar þessa þætti er ljóst að hægt er að ná meiri árangri líkt og mynd 16 sýnir.

Mynd 15 Net- og farsímanotkun á Norðurlöndum - Heimild: Alþjóðabankinn.



Mynd 16 / Norðurlöndin, nýsköpun og tækni (Einkunn 1-7) - Heimild: Alþjóðabankinn.



Stjórnvöld hafa sett sér markmið um að bæta sig á þessum sviðum. T.d. hefur á síðustu árum orðið aukning í framlögum til rannsókna og þróunar. Árið 2013 voru framlögin 1,76% af vergri landsframleiðslu (VLF) en árið 2017 voru þau orðin 2,13%. Meðal ríkja ESB var meðaltalið um 2% árið 2016 en Norðurlöndin eru talsvert yfir meðaltali. Þannig er Svíþjóð leiðandi ríki innan ESB þegar kemur að þessum framlögum en Svíar ráðstafa 3,25% af VLF til rannsókna og þróunar. Danir fylgja þar á eftir með 2,87%, Finnar 2,75% og Norðmenn 2,03%.

Ísland hefur sett sér það markmið að framlög til rannsókna og þróunar verði 3% af VLF fyrir árið 2024 sem er verulegt stökk.²⁷ Samtök iðnaðarins hafa metið að til þess að markmiðið náist þurfi framlögin að aukast um 40 milljarða á ári.²⁸ Það sem er merkilegt við aukningu í framlögum til rannsókna og þróunar síðustu ár er þáttur atvinnulífsins sem er yfir 60% af heildarframlögum. Þessi aukning sýnir vaxandi áhuga fyrirtækja á að fjárfesta í þekkingarsköpun og nýrri tækni en hún er einnig til komin vegna vel heppnaðra stjórnvaldsáðgerða. Stjórnvöld hafa stutt við þessa þróun með því að veita ívilnanir vegna kostnaðar við rannsóknir og þróun eftir að Alþingi samþykkti lög (152/2009) þess efnis árið 2009. Þannig geta fyrirtæki að

ákveðnum skilyrðum uppfylltum fengið kostnað vegna rannsókna og þróunar endurgreiddan (mynd 17).

Árið 2018 breytti Alþingi lögnum (134/2018) með þeim hætti að þak vegna endurgreiðslu kostnaðar var hækkað umtalsvert þannig að gera má ráð fyrir aukningu í kostnaði fyrirtækja vegna rannsókna og þróunar. Það er fagnaðarefni enda auðveldar það atvinnulífina að nýta tæknibreytingar til nýsköpunar. Aftur á móti þarf að skoða hvernig framlag hins opinbera og menntastofnana eykst í takt við framlög fyrirtækja.²⁹ Ef skoðaðir eru afmarkaðri þættir eins og framboð vísindamanna og verkfræðinga stendur Ísland að baki Finnum, Norðmönnum og Svíum. Þá er fyrirséð þörf fyrir tæknimenntað fólk; mikill skortur hefur verið á tölvunarfræðingum og verkfræðingum í Evrópu og Bandaríkjunum síðustu tvo áratugi og sú þróun mun augljóslega verða hraðari hvað færni og þekkingu í sjálfvirknitækni og gervigreind varðar, en þörf fyrir tæknimenntað fólk er ekki líkleg til að minnka almennt. Að einhverju leyti vinnur fólksfæð gegn Íslandi þegar kemur að framboði á mjög sérhæfðum starfskröftum. Slíka veikleika má þó bæta upp með því að laða fólk með ákveðna sérþekkingu til landsins.

Þegar skoðaðir eru sértækustu þættir tengdir fjórðu iðnbyltingunni á Íslandi má sjá svipaða stöðu og annars staðar á Norðurlöndunum: Skortur er á fólki með beina þekkingu og reynslu af gervigreindartækni, þ.m.t. þeirri algengustu. Ísland er reyndar með eina háskólann á Norðurlöndunum með gervigreindarsetur (Gervigreindarsetur HR) sem var stofnað árið 2005. Þá hefur Vitvélafstofnun Íslands ses verið starfrækt frá árinu 2010, í nánu samstarfi við Háskólann í Reykjavík, en hún hefur það sem aðal markmið að auka hraða og gæði þekkingaryfirfærslu úr grunnrannsóknum í hagnýtingu á sviði sjálfvirkni og gervigreindar. Þjóðverjar hafa verulega reynslu af slíku fyrirkomulagi því Gervigreindarstofnun Þýskalands (Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz – DFKI), sem hefur sömu markmið og starfsemi, hélt upp á 30 ára afmæli sitt 2018. Stofnanir sem slíkar, þar með talið Fraunhofer í Þýskalandi, SINTEF og Simula í Noregi, og Interactive Institute í Svíþjóð, svo nokkur dæmi séu tekin, gegna mikilvægu hlutverki í að auka sveigjanleika rannsókna- og nýsköpunarumhverfis þessara landa.

Mynd 17 / Fjöldi fyrirtækja sem hafa fengið ívilnanir vegna r&þ. - Heimild: Ríkisskattstjóri.

REKSTRARÁR	FJÖLDI FYRIRTÆKJA	FRÁDRÁTTUR VEGNA RANNSÓKNAR- OG ÞRÓUNARKOSTNAÐAR	ÞAR AF ENDURGREIÐSLA	ÞAR AF SKULDAJÖFNUN, UPP Í ÁLAGÐAN TEKJUSKATT	FJÖLDI FYRIRTÆKJA, STUÐNINGUR TAKMARKAST VIÐ HÁMARK
2010	61	635.000.000	572.000.000	63.000.000	9
2011	87	926.000.000	854.000.000	71.000.000	17
2012	101	1.085.000.000	937.000.000	148.000.000	22
2013	117	1.244.000.000	1.083.000.000	162.000.000	24
2014	117	1.285.000.000	1.109.000.000	176.000.000	28
2015	126	1.575.000.000	1.314.000.000	261.000.000	39
2016	143	2.797.000.000	2.359.000.000	438.000.000	10
2017	144	2.939.000.000	2.315.000.000	624.000.000	11



Tækifæri Íslands sem auðlinda- og þekkingarhagkerfis

Fyrir íslenskt samfélag eru mikil tækifæri fólgin í fjórðu iðnbyltingunni. Hér er menntunarstig hátt og áhersla á nýsköpun eykst sífellt. Þá er landið lítið og samvinna á milli ólíkra aðila því auðveldari en í mörgum stærri löndum. Upplýsingatæknin hefur sömuleiðis gert það að verkum að: a) efnahagsstarfsemi er ekki eins bundin landfræðilegum aðstæðum og gerir því jaðarsvæðum kleift að taka þátt í tækniþróun, b) fyrirtæki upplýsingatækninnar þurfa ekki að vera stór og fjármagnsfræk til að vaxa. Við Íslendingar höfum færi á að vera framarlega í því að tileinka okkur tækninýjungar og höfum þegar sýnt að við getum verið þar í fararbroddi.

Þegar kemur að hagnýtingu tæknilegra lausna verður Ísland á mörgum sviðum viðtakandi slíkra lausna, þ.e. tæknileg þróun á sér stað erlendis og Íslendingar laga sig að henni. T.d. er líklegt að verslunarfyrirtæki muni fylgja alþjóðlegri þróun í tækni og aðlaga sig henni. Þróun í símtækjum, tölvum og öðrum tækjum sem munu taka stórstígum framförum í fjórðu iðnbyltingunni mun líka koma að utan.

Ísland býr einnig að tveim gjöfulem náttúruauðlindum, fiski og orku, sem í vaxandi mæli hafa verið hagnýttar með hátæknilegum aðferðum. Það á bæði við um þróun og framleiðslu innan nýsköpunargeirans en einnig um hagkerfið sjálft. Auðlindanýting er styrk stoð íslensks efnahagslífs. Með aukinni áherslu á nýsköpun og tækninýjungar gefst færi á blönduðu hagkerfi hefðbundinnar auðlindanýtingar og nýsköpunar sem getur gefið Íslandi forskot á mörg önnur lönd.

Árið 2012 kom út skýrslan *Charting a Growth Path for Iceland* sem aðilar á vegum McKinsey tóku saman.³⁰ Í henni eru mikilvægar ábendingar um hver stefnumótun fyrir Ísland getur verið til framtíðar. Í skýrslunni var m.a. rætt um framtíðarmöguleika íslensks hagkerfis og að til að mögulegt væri að standa undir almennri velsæld hér á landi væri þörf fyrir meiri verðmætasköpun í útflutningi. Þannig telja skýrsluhöfundar að tvöfalda þurfi útflutningstekjur Íslands fyrir árið 2030 til að ná fram árlegum hagvexti upp á 4% sem verður að teljast nokkuð riflegur vöxtur. Það er mat skýrsluhöfunda að til að þessi markmið náist þurfi að koma til nýrra útflutningsgreina en þar er vísað til þess að ekki sé hægt að búast við miklum

efnahagslegum ávinningi úr hefðbundnum greinum eins og ferðapjónustu, orkufrekum iðnaði og sjávarútvegi.

Ástæður þess að verðmætaaukningin verður ekki drifin áfram af þessum þáttum má rekja til þess að fyrirsjáanlegt er að hægja mun á vexti ferðamanna eftir mikla uppsveiflu. Einnig þess að sjávarútvegur og orkufrekur iðnaður byggjast á takmörkuðum auðlindum og því getur sjálfbær vöxtur ekki falist í því að auka nýtingu þeirra til að auka útflutningstekjur. Þannig setur sjálfbærni vexti auðlindageirans ákveðnar skorður, t.d. í sjávarútvegi, þar sem ekki er hægt að auka aflamark að neinu ráði án þess að ganga á fiskistofna. Rammaáætlun og sjónarmið um sjálfbæra nýtingu auðlinda setja svo orkunýtingu ákveðnar skorður.

Uppskipting McKinsey í annars vegar auðlindageira og nýsköpun og þekkingu hins vegar er vel þekkt. Í umfjöllun Klaus Schwab um fjórðu iðnbyltinguna er þó bent á að hagkerfum sem geta blandað saman hugvits- og auðlindahagkerfi eigi að vegna vel. Ísland er ekki nefnt sem dæmi um þetta en augljóst er að þarna liggja tækifæri. Með hagnýtingu tækni og hugvits má ná meira

út úr auðlindahagkerfinu en gert var ráð fyrir í skýrslu McKinsey. Ekki þarf að fórnar markmiðum um sjálfbærni í orkunýtingu og sjávarútvegi til að auka verðmæti íslensks útflutnings heldur styður hugmyndin um sjálfbærni við meiri verðmætasköpun.

Möguleikar Íslands í að verða gerendur fremur en þiggjendur tæknilegra lausna í fjórðu iðnbyltingunni á sviði sjávarútvegs eru miklir, að því gefnu að þekking og menntun sé til staðar innanlands. Íslenski sjávarklasinn hefur bent á að velja 5 hátæknifyrirtækja í lausnum fyrir sjávarútveg séu 40 milljarðar kr. (Marel, 3XSkaginn, Hamp-iðjan, Valka og Curio).³¹ 60 fyrirtæki til viðbótar velja 30 milljörðum kr. en í heild veitir þessi geiri tvöfalt meira en hann gerði í upphafi áratugarins. Þá er Marel langstærsta fyrirtækið í íslensku kauphöllinni en fyrirtækið hefur vaxið frá því að þróa hátæknilausnir í sjávarútvegi yfir í að gera það almennt í matvælagæiranum. Fjárfestingar í sjávarútvegi hafa líka á síðustu árum verið mjög miklar sem hefur stutt við umhverfi nýsköpunarfyrirtækja.³² Sjávarútvegur á sér langa sögu á Íslandi og öflugt stofnanaumhverfi styður við Hafrannsóknastofnun, Fiskistofu, og Landhelgisgæsluna. Þá hafa verið gerðar

viðamiklar rannsóknir og hagnýt vísindi verið grunnur fyrir þróun þekkingar í sjávarútvegi með stofnunum eins og Mátis.

Árangur í að leysa vandamál í nýtingu á sjávarfangi með tæknilegum lausnum getur líka skapað tækifæri í öðrum geirum eins og í matvælaíðnaði. Þannig getur þróun á hátæknilausnum, eins og gervigreind til að flokka og vinna sjávarfang, leitt til tækninýjunga í annars konar matvælaframleiðslu. Eins eykur það möguleika á nýsköpun á öðrum sviðum að þeir aðilar sem vinna við framleiðslu á hátækni búnaði fyrir fyrirtæki verða mjög sérhæfðir í ákveðinni vinnu sem styrkir starfsemina. Málmíðnaðarmenn sem vinna háþróaðan búnað fyrir flökunarvélar þurfa til þess mikla færni sem getur nýst fleiri atvinnugreinum en fiskvinnslu.

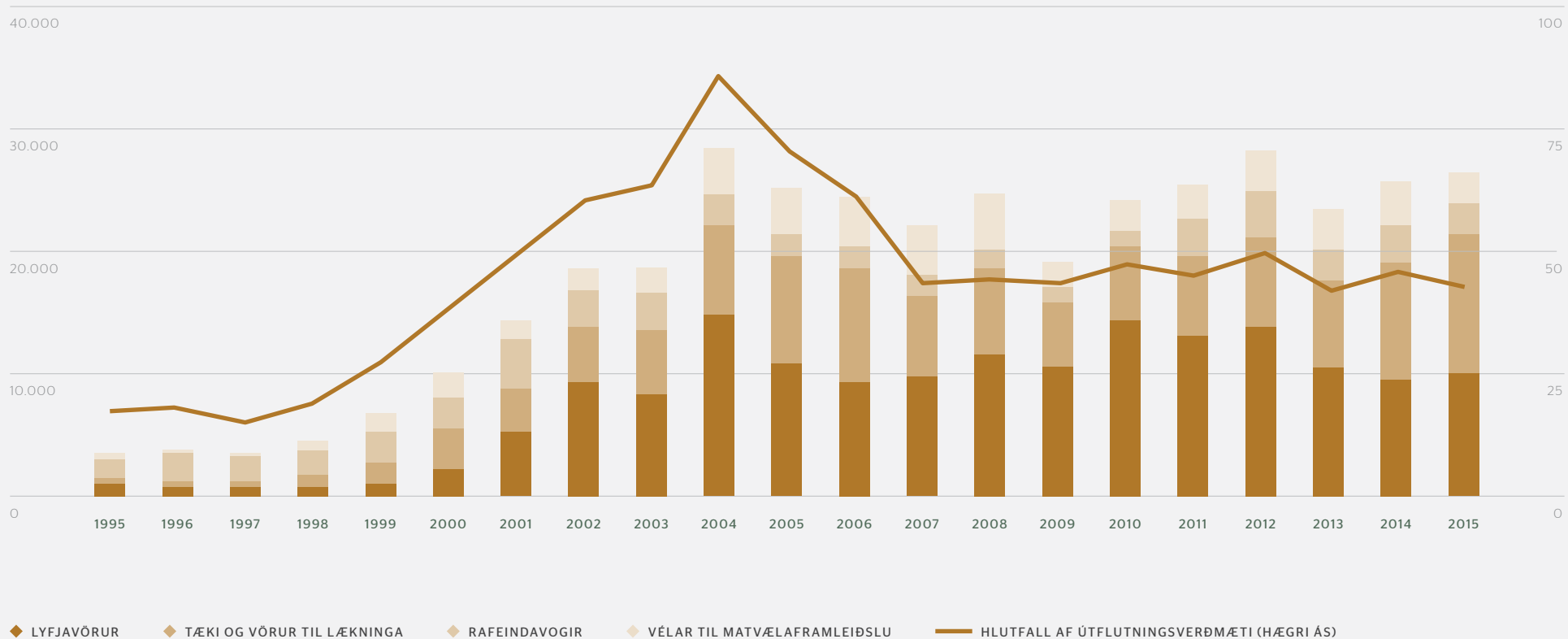
Í orkumálum er einnig möguleiki til að þróa hátæknilausnir út frá þeirri reynslu í orkunýtingu sem hefur byggst upp á Íslandi. Hér á landi hefur verið lögð áhersla á sjálfbæra orkunýtingu og sú áhersla hefur skapað landinu ákveðna sérstöðu í samfélagi þjóðanna. Ein af stóru áskorunum á 21. öld í baráttunni gegn loftslagsvandana er að ná fram

orkuskiptum í samgöngum til að mynda með rafvæðingu bílafloðans. Þannig gerir aðgerðaáætlun um orkuskipti ráð fyrir því að hlutfall endurnýjanlegrar orku í samgöngum verði 40% árið 2030 í stað 6% sem hún var árið 2016. Þá hefur ríkisstjórnin sett stefnu um að árið 2030 verði nýskráning bíla sem knúin eru jarðefnaeldsneyti óheimil. Til að ná þessum markmiðum hefur áhersla verið lögð á hagræna hvata og uppbyggingu innviða, sem eru mikilvægir áherslupunktur, en tækniþróun skiptir hér einnig sköpum. Uppbygging orkukerfisins á Íslandi á 20. öld fólst í að reisa stórar virkjanir og miðstýrða dreifiveitu. Til staðar eru öflug orkufyrirtæki, eins og Landsvirkjun, flutningskerfi í umsjón Landsnets, þróuð lagaumgjörð og stofnanir eins og Orkustofnun. Uppbrot getur orðið á orkudreifingu og orkuvinnslu með lækkun á kostnaði við framleiðslu rafmagns, fleiri kostum við raforkuframleiðslu (vindorka, sjávarorka), aukinni framleiðslugetu orkulinda (til að mynda með djúpbörun) og aukinni sjálfvirknivæðingu á dreifikerfum. Með þróun gervigreindarkerfa, notkun gríðargagna og Interneti hlutanna er hægt að búa til minni dreifiveitur til að mæta þörfum í samfélagi sem nýtir rafmagn í meira mæli sem orkugjafa.

Tækifærin takmarkast þó alls ekki við fyrri árangur, þótt ein leið til að ná forskoti sé að nýta þróaðri iðngreinar á einn eða annan hátt sem stökkpall. Verulegur árangur hefur náðst í þróun á heilbrigðistækni á Íslandi og vöxtur hefur verið í greinum sem eru skilgreindar sem hátæknigreinar og eins og sést á mynd 18 hefur slíkur útflutningur aukist. Útflutningur tók mikinn kipp undir lok 20. aldar en svo dró úr vexti á hágengistímanum fyrir hrun. Árið 2015 var hlutdeild slíks útflutnings í heildarútflutningi rúmlega 4% eða svipað og var árið 2007 (mynd 18). En þótt útflutningur á hátæknivörum hafi ekki aukist að ráði eftir hrun hefur útflutningur tölvu- og hugbúnaðarþjónustu aukist stórum. Sú aukning er táknræn fyrir það sem koma skal með fjórðu iðnbyltingunni þar sem verðmætasköpun liggur æ meira fremur í þjónustu (hugviti) en vöruframleiðslu. Umhverfi nýsköpunar hefur vaxið fiskur um hrygg síðustu tvo áratugina en verulega má bæta það enn, sérstaklega með tilliti til tækni og þekkingar sem tengist fjórðu iðnbyltingunni.

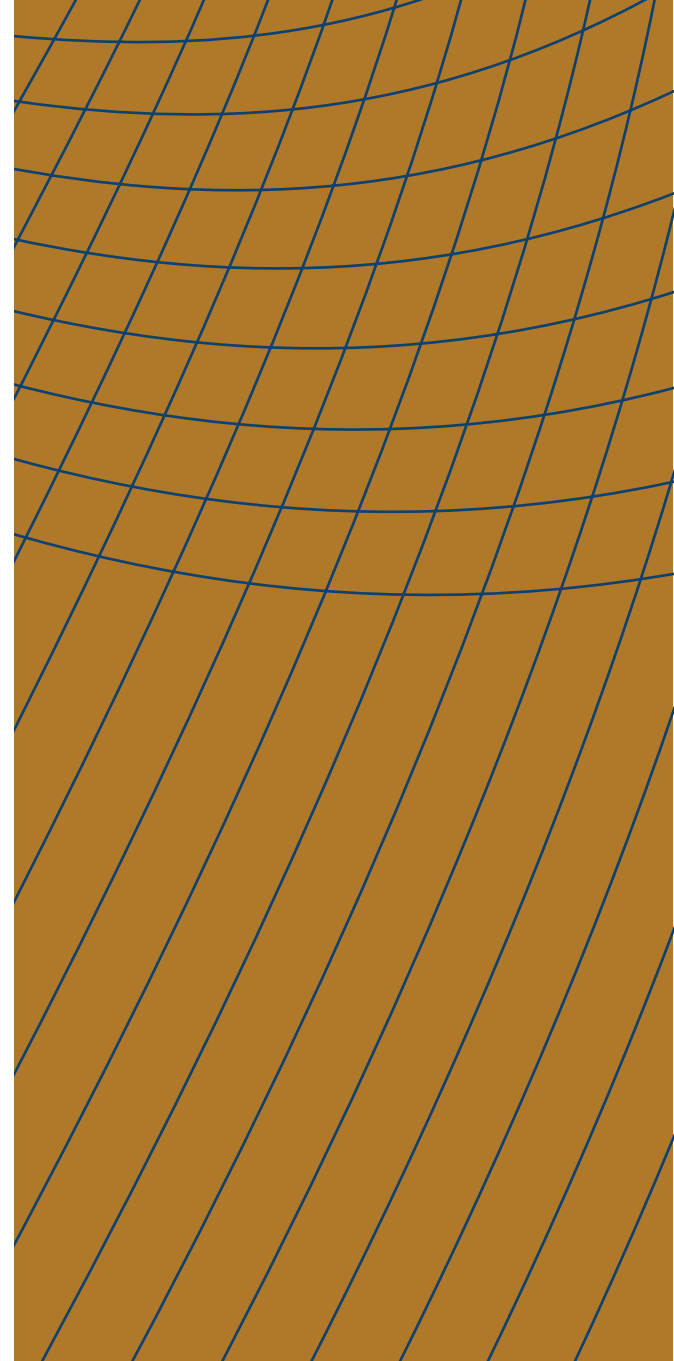
Sjálfvirknivæðing er því Íslendingum ekki ókunn og fjöldi dæma sannar að landsmenn geta komið auga á tækifæri og hagnýtt möguleika sem felast í nýrri

Mynd 18 / Útflutningur á hátæknivörum 1995-2015 - Heimild: Hagstofa Íslands (Verslunarskýrslur).



Þekkingu, aðferðum og tækni. Sú tækni kemur ekki einungis frá útlöndum heldur er einnig fjöldi dæma um þekkingarsköpun á Íslandi og hefur sá hluti aukist verulega í hagkerfinu síðustu 50 árin. Eftir því sem þáttur stafrænnar tækni í framþróun þekkingar, framleiðslu og samskiptum eykst munu fleiri tækifæri gefast hérlandis á nýsköpun og útflutningi hugvits, þar sem flutningskostnaður stafrænna afurða er oftast sá minnsti af allri vöru og þjónustu og vöxtur takmarkast ekki við nátturuauðlindir, eins og fisk og orku, heldur einungis vinnuafli – og þekkingarstöðu þess. Þar kemur sérstaða fjórðu iðnbyltingarinnar berlega í ljós þar sem sjálfvirknivæðing gerir mögulegt að fjarlægja sumar vaxtarskorður tengdar vinnuafli, ekki einungis með því að auka afköst, fylla í skörð og auka gæði þeirrar vinnu sem framkvæmd er af fólki, heldur einnig með því að nýta gervigreind til að sinna störfum sem enginn annar vill vinna. En án færni í grunnþáttum fjórðu iðnbyltingarinnar er nánast sjálfgefið að Ísland dragist aftur úr öðrum þjóðum og gerir þessi bylting því um leið að öllum líkindum meiri kröfur til landsmanna en þær sem áður komu.

Þá er líka mikilvægt að skoða aðra þætti en verðmæta-sköpun og aukna framleiðni þegar rætt um tæknilegar framfarir. Hægt er að nýta tækni til þess að auðvelda líffið og auka vellíðan. Þannig hefur talsverð umræða verið í samfélaginu um kulnun í starfi og er þá vísað til ástands þar sem viðvarandi álag hefur veruleg neikvæð áhrif á andlega heilsu fólks. Krafa er uppi um meiri sveigjanleika þegar kemur að vinnu. Því má velta fyrir sér hvort hægt sé að auka lífsgæði fólks með því að fækka vinnustundum til að auka möguleika á samveru með vinum og fjölskyldu eða til að sinna áhugamálum. Einnig hvort hægt sé að styðja fólk við að skipta um starfsvettvang á starfsævi sinni með möguleika á að gera hlé á vinnu áður en hafin eru störf á nýjum vettvangi. Tækni getur líka bætt starfsaðstöðu fólks og aukið velferð á vinnustað. Slíkt markmið er nauðsynlegt að ræða þegar fjallað er um uppbrot á vinnumarkaði vegna tæknibreytinga.





Síðfræði og tæknipróun

Samhliða tæknilegum framförum verða til fjölmörg síðferðileg álitamál sem takast þarf á við. Með aukinni tækni reynir á síðferðileg viðmið sem talin eru mikilvæg til að verja sjálfræði og frelsi fólks. Skýrt dæmi um þetta er hin mikla söfnun persónuupplýsinga sem á sér stað á veraldarvefnum og á samfélagsmiðlum. Söfnun upplýsinga er ekki ný af nálinni en tæknipróun síðustu ára hefur aukið umfang hennar gríðarlega. Þannig áætluðu sérfræðingar hjá IBM að 90% af þeim rafrænum gögnum sem til væru í dag hefðu orðið til á síðustu fimm árum.³³ Á hverjum degi bætist við þetta gríðarlega magn upplýsinga. Það er auðvitað augljóst að umfang upplýsinganna er með þeim hætti að ekki einu sinni her manna gæti náð yfirsýn yfir þær. Aftur á móti er hægt að nýta gervigreind til þess að vinna úr þessum upplýsingum og þannig geta þær gagnast við að fylgjast með hegðun og atferli fólks. Og þar sem að tölvunotkun og deiling upplýsinga á interneti og samfélagsmiðlum er orðinn svo stór þáttur í samfélögum okkar þarf að verja persónulegt frelsi einstaklinga. Tilurð nýrra viðmiða um persónuvernd innan Evrópusambandsins og samþykki slíkra laga á Alþingi (90/2018) voru mikilvæg til að takast mætti á við þetta efni. Í lögnum er meðal annars skilyrði fyrir samþykki

um notkun persónuupplýsinga, rétti einstaklings til að fá vitneskju um þau gögn sem eru til um hann og réttinum til að gleymast. Í 22. gr. laganna er ákvæði sem tekur sérstaklega á notkun gervigreindar á gögnum. Ákvæðið á að tryggja rétt einstaklinga þannig að ákvarðanir er varða mikilvæga hagsmuni séu ekki teknir á grundvelli sjálfvirkar gagnavinnslu.

En þó svo að mikilvæg réttarbót felist í nýjum persónuverndarlögum er söfnun upplýsinga og notkun þeirra upplýsinga til að hafa áhrif á einstaklinga enn verulegt áhyggjuefni. Þannig er ekki víst að einstaklingur átti sig á hvað felst í þeim heimildum sem hann veitir fyrirtækjum til að nota upplýsingar um sig. Á þetta t.d. við þegar einstaklingur nær sér í smáforrit í símtæki sitt og samþykkir í löngum skilmáalista að heimila aðgang að hljóðnema símans en með því er hægt að hlera símtöl fólks. Söfnun persónuupplýsinga felur ekki aðeins í sér hættur fyrir frelsi og sjálfræði einstaklinga heldur vakna einnig spurningar um öryggi upplýsinga og stöðu lýðræðis. Þetta sást t.d. í aðdraganda forsetakosninganna í Bandaríkjunum árið 2016 þar sem fyrirtækið Cambridge Analytica nýtti sér upplýsingar af samfélagsmiðlum til þess

að hafa áhrif á kjósendur. Þannig er álitð að upplýsingar um meira en 80 milljónir notenda á samfélagsmiðlum hafi verið nýttar í þessum tilgangi. Það sem er athyglisvert fyrir utan umfangið á þeim upplýsingum sem voru notaðar er a) að glufur í öryggiskerfum samfélagsmiðla leiddu til þess að fyrirtækið varð sér úti um enn meiri upplýsingar en skilmálar miðlanna leyfðu og b) að á grunni þessara upplýsinga var dreift falsfréttum (e. fake news) í þeim tilgangi að afvegaleiða umræðu á meðan lýðræðislegar kosningar voru í gangi. Á næstu árum munu samfélög þurfa að glíma við misnotkun persónuupplýsinga og hættur vegna þess að öryggi upplýsinga er ekki gætt nægjanlega vel. Og þó að mikilvæg réttarbót felist í nýjum persónuverndarlögum þarf að setja upplýsingasöfnun miklu skýrari skorður.

Þá eru uppi stór siðferðileg álitamál um ábyrgð vegna fyrribæra sem búa yfir gervigreind. Eitt af því sem ólíkt er með fjórðu iðnbyltingunni og þeim fyrri er að þó að fyrri iðnbyltingar hafi líka einkennst af sjálfvirknivæðingu felur sú fjórða í sér að greind tæki geti stýrt sjálfvirkninni. En við það að tæki taki ákvarðanir í stað manna vakna spurningar um ábyrgð þeirra. Ein spurning er því hvort vélmenni séu

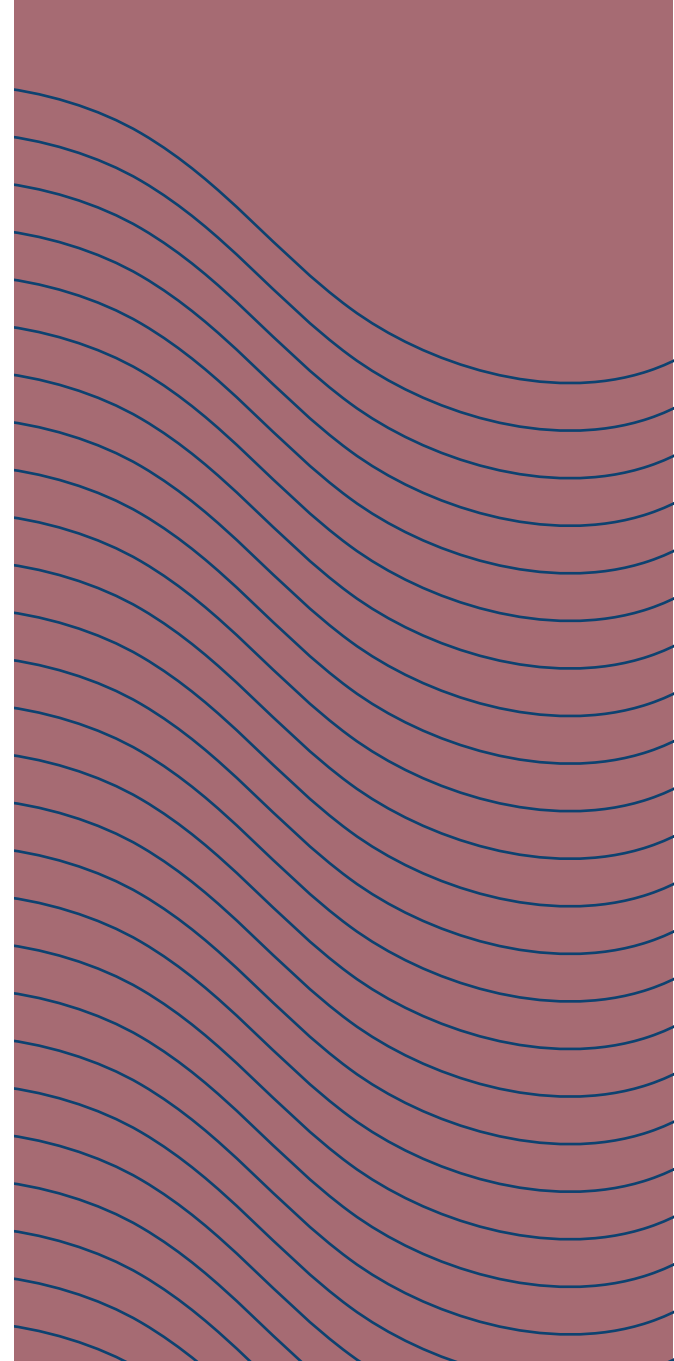
siðferðilega ábyrg vegna athafna sinna? Til dæmis ef röng ákvörðun er tekin verði það á ábyrgð vélmennisins og hvernig á að skilgreina þá ábyrgð? Vandinn við þetta er að þó svo að vélmenni geti búið yfir gervigreind telst það ekki siðferðisvera í þeim skilningi að það býr ekki yfir skynsemi. Innan siðfræðinnar eru mannleg skynsemi og siðabod ná tengd og hugmyndir okkar um mannréttindi, mannlega reisn, sjálfræði, frelsi, skyldur og ábyrgð byggjast á þeim tengslum. Ef tölva tekur ákvörðun um ríka hagsmuni fólks og ákvörðunin stenst ekki siðferðilega skoðun hver ber þá ábyrgð á ákvörðuninni? Ná tengt þessum vanda er líka hvernig á að forrita tölvur til að taka ákvarðanir um mál þar sem siðareglur stangast á eða þegar aðstæður eru þannig að allir valkostir í stöðunni geta haft alvarlegar afleiðingar. Segjum til dæmis að sjálfkeyrandi bíll stefni á fimm einstaklinga en hægt sé að forða því tjóni með því að sveigja af leið og þannig verði aðeins einn einstaklingur fyrir bílnum er rétt að forrita hann þannig?

Tæknibreytingar kalla líka á nákvæmari skilgreiningar á hugtökum. Þekkt dæmi um þetta er hvernig framfarir innan læknisfræði urðu til þess að sérstök lög (15/1991) um ákvörðun dauða voru sett á Íslandi árið 1991. Fram að

Þeim tíma hafði viðtekin dauðaskilgreining verið þegar hjartsláttur og öndun stöðvast, en miklar framfarir gerðu hins vegar að verkum að hin viðtekna skilgreining á dauðanum var úr sér gengin, enda orðið mögulegt að halda fólki lífandi í öndunarvélum og lengja líf manna með líffæraflutningum. Viðmiðun nýju laganna var því að einstaklingur teldist látinn ef rannsóknir sýndu að heilastarfsemi hefði stöðvast þó svo að lungu og hjarta störfuðu með aðstoð tækja.

Framfarir á sviði heilbrigðisvísinda munu áfram verða mjög miklar á næstu áratugum vegna tæknibreytinga. Könnun meðal stjórnenda fyrirtækja sem breska vikuritíð Economist gerði á árinu 2016 sýndi að 45% þeirra töldu að ábatinn af fjórðu iðnbyltingunni gæti orðið mestur innan heilbrigðiskerfisins. Og það er rétt að breytingar þar geta orðið gríðarmiklar, en með þróun gervigreindar hefur tekist að greina ýmsa sjúkdóma jafnframt því sem verulegar framfarir hafa orðið í myndgreiningu innan heilbrigðisvísinda með notkun gervigreindar. Eftir því sem þessi þróun heldur áfram verður til meira magn upplýsinga sem eflir tækin í að greina og vinna úr upplýsingum. Þá hefur mikið magn upplýsinga orðið til

vegna framfara í erfðafræði og kostnaður við að kortleggja genamengi mannsins hefur stórlækkað. Það hefur aftur gert mögulegt að búa til fleiri lyf og gert það að verkum að betur gengur að greina sjúkdóma. Svokölluð CRISPR-erfðatækni felur í sér mikla möguleika á hagnýtingu erfðatækni. En þessi tækni mun reyna á mannskilning okkar og þau viðmið sem við höfum sett okkur innan heilbrigðisvísinda. Þannig mun framþróun í erfðafræði líklega tryggja árangur gegn erfiðum erfðasjúkdómum. Aukin hagnýting erfðatækni getur hins vegar opnað fyrir möguleika á breytingum sem eru umdeildari, eins og á augnlit, hárlit, vöðvastyrk og greind eða jafnvel til að bæta útlit. Hugsanlega mun þessi tækni verða í boði fyrir hina efnameiri eingöngu og þannig leiða til þess að ójöfnuður verði milli þeirra sem hafa fjárhagslegt bolmagn til að efla eiginleika sína með erfðatækni og þeirra sem geta það ekki.





Jöfnuður og tæknibreytingar

Uppbrot af völdum tækniframfara getur birst í vaxandi ójöfnuði í samfélögum. Þetta er meðal annars vegna þess að breytingar á störfum geta valdið ákveðnum samfélagshópum tekjutapi. Aukin framleiðni vegna tækniframfara getur jafnframt skilað sumum geirum miklum ábata umfram aðra og jafnvel tekjuaukningu til þeirra einstaklinga sem hafa ákveðna færni.

Þegar þessi álitamál eru skoðuð þarf að hafa í huga þær breytingar sem þegar hafa orðið. Frá árinu 1980 hafa mörg störf færst frá iðnríkjum til þróunarlanda þar sem slík aðferðafræði hefur verið ábatasamari en að tæknivæða eða halda störfunum heima vegna þess hve vinnuafli er ódýrt í þróunarlöndunum. Aftur á móti hefur störfum sem krefjast sérhæfðrar færni fjölgað og laun í þeim störfum hækkað. Samkeppni um starfsfólk með slíka hæfni er mikil. Á sama tíma hafa mörg störf á miðbiki launaskalans horfið vegna tæknivæðingar og afleiðinga þriðju iðnbyltingarinnar. Þetta „hvarf millistéttarinnar“ hefur hlotið mikla athygli og verið rannsakað töluvert bæði í Evrópu og Bandaríkjunum og er gjarnan tengt við sviptingar í stjórnmálum undanfarin ár og uppgang þjóðernissinna beggja vegna Atlantshafs. Stór alþjóðleg

rannsókn McKinsey sýndi að meðal 25 iðnvæddra þjóða höfðu tekjur 65–70% heimila á tímabilinu 2005–2014 staðið í stað eða lækkað.³⁴ Á Íslandi virðist þróunin aðeins önnur þegar skoðað er lengra tímabil, eða frá 2000–2017, en þá kemur í ljós að ráðstöfunartekjur fólks í öllum tekjutiundum hafa aukist. Þegar horft er til þróunar ráðstöfunartekna (eftir skatta og að viðbættum bótum) án fjármagnstekna hefur hlutfallsleg aukning tekna jafnframt verið mest í lægstu tekjutiundum.³⁵

Ójöfnuður verður þó ekki aðeins til vegna dreifingar launa einstaklinga heldur einnig vegna dreifingar fjármuna og ávöxtunar til launafólks annars vegar og fjármagnseigenda hins vegar. Í þróuðum iðnríkjum hafa laun ekki haldið í við vaxandi framleiðni frá því í kringum 1970 og frá því í kringum 1990 í þróunarlöndum.³⁶ Margir óttast að í stað þess að allir fái sinn litla hluta af heildarkökunni fari sífellt stærri sneið á hendur fárra.³⁷ Nú þegar hefur þetta töluverð áhrif á tekjudreifingu meðal heimila, ekki síst vegna þess að laun eru jafnan stærra hlutfall tekna þeirra sem neðar eru í tekjudreifingunni og áhrifin því hlutfallslega meiri þar. Þá er hætt við að þessi þróun haldi áfram að margfaldast vegna þess hvers eðlis samkeppnin

er í hinum nýju tæknigreinum þar sem fáir eru líklegir til að standa uppi sem sigurvegarar, í það minnsta miðað við þá umgjörð sem er á markaðnum í dag. Þetta á til dæmis við um samfélagsmiðla og netverslun þar sem virði vöru fyrirtækisins fyrir notendur vex með fjölda notenda, þannig að samkeppnisstaða batnar stöðugt eftir því sem fyrirtækið vex. Alþjóðleg verslun hefur sömu eiginleika. Þá hafa tækninýjungar oft tímabundna vernd af einkaleyfum og jafnframt má nefna að þróun gervigreindar byggist að miklu leyti á „þjálfun“ tölvunnar. Því meiri gögn sem eru til svo að auka megi greind tölvunnar því betra. Þetta getur augljóslega styrkt samkeppnisforskot þeirra sem fyrri eru til og lengra eru komnir og geta því byggt á viðameiri gögnum og sögu. Allt getur þetta orðið til þess að sigurvegarar í samkeppni verði fáir og að þeir njóti sterkar stöðu á markaði. Áframhaldandi þróun í sömu átt getur orðið til þess að bilið á milli þeirra sem eiga mest og þeirra sem eiga minnst haldi áfram að vaxa, hvort sem er á heimsvísu eða innan einstakra landa.

Þetta gildir ekki aðeins um fyrirtæki heldur einnig lönd. Bandaríkin og Kína keppast nú um leiðtogastöðu heimsríkja í gervigreind með fjárfestingum sem koma til

með (og hafa gert nú þegar) að veita þeim forskot í þróun tækni sem getur ráðið miklu um valdajafnvægi komandi ára. Þessi risaveldi keppa vissulega á öðrum vettvangi en smærri þjóðir eins og Ísland en ákafi beggja í að ná þarna forskoti er engu að síður sterk vísbending um mögulegt mikilvægi slíkrar fjárfestingar. Lykilástæðan er margföldunaráhrifin sem aðgengi að tækni getur haft eins og skýrt hefur verið í þessari skýrslu.

Þótt stjórnvöld og aðrir aðilar vinnumarkaðarins geti haft áhrif á hversu hröð innleiðing tækninýjunga verður er vitað að ekkert mun stöðva slíkar breytingar, sérstaklega ekki í litlu og opnu hagkerfi eins og Íslandi. Við vitum jafnframt að þessar breytingar munu valda tímabundnu atvinnuleysi ákveðinna hópa samfélagsins og tilfæringum á milli atvinnugreina og starfsstétta. Í kaflanum um vinnumarkaðinn er farið yfir hvaða hópar eru líklegastir til að verða fyrir mestum áhrifum af sjálfvirknivæðingu hugarfls. Dreifing gæða mun breytast. Hið opinbera hefur því margs konar hlutverki að gegna við að styðja við þá sem verða fyrir mestum áhrifum af tæknibreytingum og sjá til þess að gæðum af völdum tæknibreytinga verði skipt með sanngjörnum hætti.

Gervigreind og fjölbreytileiki

Vinumarkaðurinn er enn mjög kynjaskiptur og margar atvinnugreinar sem kalla mætti ýmist „kvennagreinar“ eða „karlagreinar“. Það gefur því augaleið að hafi gervigreindarvæðing áhrif á eina grein umfram aðra getur það haft umtalsvert meiri áhrif á annað kynið en hitt. Í mörgum löndum er líklegt að tæknivæðing í verksmiðjum hafi meiri áhrif á konur en karla, til dæmis víða í Asíu þar sem konur eru stór hluti vinnuafis í fataiðnaði. Staðan á Íslandi er ólík því sem hún er í mörgum öðrum ríkjum að því leyti að atvinnuþátttaka kvenna á Íslandi er mikil. Þá er, líkt og rakið var hér að framan, samsetning vinnumarkaðarins á Íslandi þannig að konur verða fyrir minni áhrifum af völdum sjálfvirknivæðingar. Allt skiptir þetta máli, ekki síst þegar hugað er að aðgerðum sem koma til móts við hópa sem umfram aðra munu finna fyrir áhrifum sjálfvirknivæðingar.

Þegar tækniframfarir eru skoðaðar þarf einnig að horfa til þess hverjir móta tæknina en ekki einungis hver áhrif sjálfvirknivæðingar eru á störf á vinnumarkaði. Þetta á sérstaklega við um fjórðu iðnbyltinguna þar sem kjarninn í henni er nýting gervigreindar. Hverjir forrita algrímin sem móta gervigreindina? Hlutur kynjanna er nefnilega sérlega ójafn í atvinnugreinum eins og tölvu- og upplýsingatækni

sem hafa einna mest áhrif á þróun gervigreindar. Í Bandaríkjunum hallar verulega á konur í tæknigreinum en aðeins 24% vinnuafis í þeim greinum eru konur. Hér á landi er hlutfallið talið vera enn lægra eða á milli 10 og 20% í þessum geira.³⁸ Þessi staðreynd skiptir miklu máli þegar um er að ræða innleiðingu nýrrar tækni. Tæknigreinar móta nú allt umhverfi okkar til framtíðar, hvort sem er í samfélaginu almennt (til að mynda í gegnum samfélagsmiðla) eða atvinnulífina (í gegnum hugbúnað, miðla og þjónustu).

Gallinn er sá að sé hópurinn sem mótar tækni eins og gervigreind einsleitur getur það leitt til skekkju í „bankagangi“ gervigreindarinnar. Þannig festist í sessi afmörkun innan tækninnar sem segir til um hvað telst eðlilegt og hvað er frávik. Þannig endurspeglast hugsanlega ákveðið valdaskipulag í samfélaginu sjálfu og festist í sessi. Gervigreindartækni á ekki að leiða til útilokunar samfélagshópa en slíkt getur gerst þó svo að það sé ekki ásetningur þeirra sem móta tæknina. Þá getur einsleitni hópa sem móta gervigreind ýtt undir að ákveðin viðmið og gildismat verði ofan á og teljist viðurkennd.

Duldir fordómar í samfélagi geta gert það að verkum að þegar fyrirbæri með gervigreind safnar miklu magni upplýsinga um hópa sem hallar á í samfélaginu tileinkar það sér sömu fordómafullu viðhorf. Hægt er að hugsa sér einfalt dæmi þar sem tölva er látin lesa milljónir blaðagreina. Tölvunni er kennt að þekkja orð sem fela í sér neikvæða og jákvæða dóma um fólk. Einnig greinir tölvan ýmsa aðra þætti eins og kyn, þjóðerni, aldur og fleiri breytur. Gefum okkur að í þessu samfélagi séu fordómar gagnvart ungu fólki af ákveðnu þjóðerni. Þannig birtast iðulega fréttir af þessu fólki ef það fremur lögbrot þó að ekki sé tekið fram ef fólk úr öðrum hópum samfélagsins fremur samskonar verknað. Ef þessi skekkja er fyrir hendi í fréttaflutningi og þróunin á gervigreindinni byggist á honum verður þessi sama skekkja til staðar hjá gervigreindinni.

Tæknipróun er ekki siðferðilega hlutlaus heldur þarf að hafa siðferðileg viðmið í huga við þróun hennar og þegar horft er til þess hvaða mörk á að setja henni. Þar sem þróun gervigreindar snýst að hluta til um að líkja eftir, staðla og bæta mannlega hugsanaferla þarf sérstaklega að gæta að

hinni siðferðilegu vídd við þessa tæknibyltingu. Það á því að vera keppikefli stjórnvalda um allan heim að auka aðkomu ólíkra hópa að uppbyggingu og þróun gervigreindar.

Tilvísanir

1. Tækni og aðferðir sem hraða á ferlum, svo sem framleiðslu á vörum, orku og matvælum, geta leitt til hringrásar sífelldrar hraða- aukningar ef þau leiða til betrubóta í sjálfum sér, t.d. þegar tölvur eru notaðar til að hanna og framleiða betri tölvur. Gervigreind kerfi eru hugbúnaður og framleiðsla þeirra því háð aðferðum hugbúnaðargerðar; ef hægt væri að beita gervigreind í framleiðslu hugbúnaðar má sjá fyrir sér hringrás þar sem greindur hugbúnaður framleiðir enn greindari hugbúnað – ferli sem erfitt er að sjá fyrir endann á. Með „margföldunarhrifum“ er þó yfirleitt vísað í að tæknin nýtist á mörgum sviðum og virki því sem margföldunarstuðull á þá þætti sem verið er að mæla.
2. Járnbrautarkerfi sem ollu samgöngubyltingu í mörgum ríkjum heims varð ekki ofan á í þróun samgöngumála hér á landi þrátt fyrir háleitar hugmyndir um slíka möguleika. Sú saga er áhugaverð þegar farvegir tækniþróunar eru skoðaðir og felur í sér mikilvægan lærdóm. Það getur verið varasamt að alhæfa um hver tækniþróun verður. Tækni sem virðist ná fótfestu í mörgum ríkjum þarf ekki að festa sig í sessi hér og getur reynst erfitt að spá fyrir um tækniþróun þegar samfélög eru stödd í miðri tæknibyltingu. Margar ástæður geta verið fyrir því að hagnýting tækni er ekki auðveld.
3. Hugtakið fékk byr undir báða vængi er það var kynnt á ársfundi Alþjóðæfnaðagsstofnunarinnar (e. World Economic Forum) í Davos 2016 sem safnheiti yfir fjölmargar tækninýjungar síðari ára sem voru aðalefni fundarins. Rætt var um ýmsar hliðar fjórðu iðnbyltingarinnar og hvaða áhrif hún mundi hafa, bæði góð og slæm, og hvernig hægt væri að ná stjórn á henni.
4. Schwab, Klaus, *The Fourth Industrial Revolution*. Penguin, Bretland, 2016. 14-25.
5. Sjá umfjöllun um þessa tækni hjá Manchester-háskóla <https://www.graphene.manchester.ac.uk/learn/applications/>
6. G.E. Moore (1965). „Cramming more components onto integrated circuits“, *Electronics*, 38(8). Upprunaleg spá Moore var tvöföldun smára á ári, en hann uppfærði „lögmál“ sitt árið 1975 þegar hann spáði að fjöldi smára í örgjörvum á næstu áratugum mundu tvöfaldast á 18 mánaða fresti.
7. Anna Ólafsdóttir Björnsson (2018) *Tölvuvæðing í hálfu öld: Upplýsingatækni á Íslandi 1964–2018*, Skýrslutæknifélag Íslands. s. 60–61.
8. Sjá skýrslu Vitvélafnunar Íslands, *Vísindatæknilegur grunnur 4. iðnbyltingarinnar* (Þórisson & Þorsteinsson, í vinnslu).
9. Sjá skýrslu World Economic Forum Annual Meeting 2016: Mastering the Fourth Industrial Revolution. http://www3.weforum.org/docs/WEF_AM16_Report.pdf
10. Frey & Osborn. (2013). „The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerisation?“ https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf
11. McKinsey Global Institute (2017). *A Future That Works: Automation, Employment and Productivity*. McKinsey&Company. Greining McKinsey byggist á gögnum frá bandarísku hagstofunni. Þær niðurstöður hafa svo verið staðfærðar á 45 lönd um heiminn allan.
12. PIAAC er könnun á vegum OECD. Skammstöfunin stendur fyrir „The Programme for the International Assessment of Adult Competencies“. PIAAC mælir færni fullorðinna í lestri, reikningi (stærðfræði) og úrlausn viðfangsefna með aðstoð upplýsingatækni. 32 aðildarlönd taka nú þátt í könnuninni.

- 13.** Nedelkoska, L. and G. Quintini (2018), „Automation, skills use and training“, OECD Social, Employment and Migration Working Papers, No. 202, OECD Publishing, Paris.
- 14.** Notkun hugtaksins „hugsun“ í þessu samhengi er töluverð einföldun, þar sem gervigreind nútímans á fátt sameiginleg með hugsun eins og við þekkjum hana hjá okkur sjálfum, eins og sjálfvirknivæðing „vöðvafls“ með mótörum á lítið sameiginlegt með vöðvum.
- 15.** Sjá ítarlega umfjöllun Acemoglu, D., & Autor, D. (2011). „Skills, tasks and technologies: Implications for employment and earnings. Handbook of labor economics“, (Vol. 4, pp. 1043-1171). Elsevier.
- 16.** Sjá nánari lýsingu á aðferðafræði í rannsókn OECD hjá Nedelkoska, L. and G. Quintini (2018) s. 40-62.
- 17.** Skoðaðar voru líkur þvert á öll aðildarlönd stofnunarinnar og hjá smærri úrtaki landa sem líkust eru Íslandi þar sem horft var til Norðurlandanna, Hollands og Bretlands. Ekki reyndist haldbær munur á niðurstöðum eftir því hvort úrtakið var notað og eru hér aðeins birtar niðurstöður sem styðjast við meðaltal allra landa.
- 18.** Til nánari skýringar má skoða skilgreiningar Hagstofunnar á atvinnugreinum. Samkvæmt henni felst framleiðsla í „eðlisfræðilegri eða efnafræðilegri ummyndun efnis, efna eða eininga þannig að úr verði nýjar afurðir, þó þessi skilgreining dugi ekki sem ein algild

viðmiðun fyrir framleiðslu (sjá athugasemd um vinnslu úrgangs hér aftar). Framleidda varan er unnin úr afurðum úr landbúnaði, skógrækt, fiskveiðum, námuvinnslu eða vinnslu annarra hráefna úr jörðu og einnig afurðum úr annarri framleiðslustarfsemi. Ef umtalsverð breyting, endurnýjun eða endursmíði er gerð á vörum telst það yfirleitt vera framleiðsla“. Sjá nánar: <https://hagstofa.is/utgafur/nanar-um-utgafu?id=54698>

- 19.** Sjá Alþýðusamband Íslands (2018). *Íslenskur vinnumarkaður*. <https://www.asi.is/media/314075/ny-vinnumarkadsskyrsla-2018.pdf>
- 20.** ISCO-8 er alþjóðlegur staðall sem nýttur er við flokkun starfa.
- 21.** Burning Glass Technologies (2019). *The Hybrid Job Economy: How New Skills Are Rewriting the DNA of the Job Market*.
- 22.** Um mitt ár 2018 afhenti sérfræðingahópur tillögur til félags- og jafnréttismálaráðherra um hvernig mætti haga slíkri spá. Á sama tíma var jafnframt kynnt ný greining Hagfræðistofnunar Háskóla Íslands á Íslenskum vinnumarkaði sem var sú fyrsta sinnar gerðar. Bent hefur verið á skort á gögnum sem eina ástæðu þess að við Íslendingar höfum verið eftirbátar nágrannaþjóða er kemur að heildarstefnumótun í þessum efnium. Ef marka má jákvæð viðbrögð ráðherra við þessum skýrslum standa vonir til þess að úr því verði bætt fyrr en síðar. (Heimild: *Mannafla- og færnispar á Íslenskum vinnumarkaði*. Frétt á vef Stjórnarráðs Íslands, dagsett 26.6.2018).

- 23.** Umfjöllun World Economic Forum má finna á eftirfarandi vefslóð <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-10-skills-you-need-to-thrive-in-the-fourth-industrial-revolution/>
- 24.** *Mótun menntastefnu Íslands til ársins 2030*. Frétt á vef Stjórnarráðs Íslands, dagsett 9.8.2018 <https://www.stjornarradid.is/efst-a-baugi/frettir/stok-frett/2018/08/09/Motun-menntastefnu-Islands-til-arsins-2030-fundarod-i-haust/>
- 25.** The Global Competitiveness Report 2017-2018 s. 147 <http://www3.weforum.org/docs/GCR2017-2018/05FullReport/TheGlobalCompetitivenessReport2017-2018.pdf>
- 26.** Yfirlýsing norrænu forsætisráðherranna má finna á eftirfarandi vefslóð: <https://www.norden.org/en/news/nordic-prime-ministers-call-best-5g-world>
- 27.** Stefna og aðgerðaáætlun Vísinda- og tækniráðs 2017-2019, s. 7. <https://www.stjornarradid.is/lisalib/getfile.aspx?itemid=7997a35e-54d8-11e7-9410-005056bc4d74>
- 28.** *Ísland í fremstu röð* (2018). Samtök Iðnaðarins, s. 55.
- 29.** Hjá stjórnvöldum er verið að móta nýsköpunarstefnu fyrir Ísland sem skila á tillögum 1. maí næstkomandi (Heimild: Frétt á vef Stjórnarráðs Íslands, dagsett 21.9.2018 <https://www.stjornarradid.is/efst-a-baugi/frettir/stok-frett/2018/09/21/Styrihopur-um-motun-nyskopunarstefnu-fyrir-Island/>)

- 30.** *Charting a Growth Path for Iceland* (2012). McKinsey Scandivia <https://www.stjornarradid.is/media/forsaetisraduneyti-media/media/Skyrslur/charting-a-growth-path-for-iceland-2012.pdf>
- 31.** Tæknifyrirtækin vaxa hraðast í sjávarklasnum, mars 2018 <http://www.sjavarklasinn.is/wp-content/uploads/2018/03/Tæknifyrirtækin-vaxa-hraðast-%C3%AD-sjavarklasanum.pdf>
- 32.** Huginn Freyr Þorsteinsson (2017). *Næsta bylting í sjávarútvegi: tækniframfarir og sjálfvirkni í sjávarútvegi-áskorandir og tækifæri*. Samtök fyrirtækja í sjávarútvegi. Aðgengileg á <https://rafhladan.is/handle/10802/14450>
- 33.** Sjá umfjöllun hjá Royal Society. Machine learning: the power and promise of computers that learn by example <https://royalsociety.org/-/media/policy/projects/machine-learning/publications/machine-learning-introduction.pdf>
- 34.** McKinsey Global (2016). Poorer Than Their Parents? Flat Or Falling Incomes In Advanced Economies. <https://www.mckinsey.com/-/media/mckinsey/featured%20insights/Employment%20and%20Growth/Poorer%20than%20their%20parents%20A%20new%20perspective%20on%20income%20inequality/MGI-Income%20Inequality-Executive-summary-July-2016.ashx>
- 35.** Axel Hall o.fl. (2019). Endurskoðun tekjuskatts og bótakerfa hjá einstaklingum og fjölskyldum. Fjármála- og efnahagsáðuneytið, s. 23-24.
- 36.** Karabarbounis, Loukas, and Brent Neiman, 2014, „The global decline of the labor share”, *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 129, No. 1, pp. 61-103.
- 37.** Berg, Andrew, Edward F. Buffie, and Luis-Felipe Zanna. „Should we fear the robot revolution? (The correct answer is yes)”. *Journal of Monetary Economics* 97 (2018): 117-148.
- 38.** Lilja Dögg Jónsdóttir (2018). *Hver verða áhrif gervigreindar-væðingar á konur á vinnumarkaði*. Tímaritið Vísbending, 12. október 2018 - 35 tölublað.

