



Skýrsla nr. C21:01
Handbók um hagrænt umhverfismat
mars 2021

HAGFRÆÐISTOFNUN



HÁSKÓLI ÍSLANDS

Hagfræðistofnun Háskóla Íslands

Odda v/Sturlugötu

Sími: 525-5284

Heimasíða: www.hhi.hi.is

Tölvufang: ioes@hi.is

Skýrsla nr. C21:01

Handbók um hagrænt umhverfismat

mars 2021

Formáli

Haustið 2019 samdi Umhverfissráðuneytið við Hagfræðistofnun um að hún tæki saman handbók um efnahagslegt umhverfismat á virkjunum. Þar yrði tekið dæmi um mat á virkjun, sem nota mætti sem fyrirmynd að mati á öðrum virkjunarkostum. Lýst yrði sem best heildaráhrifum virkjunarinnar á samfélagið. Farið yrði yfir hvað þyrfti að skoða í greiningu á samfélagslegum kostnaði og ábata af virkjunum. Meðal annars yrðu umhverfisáhrif framkvæmdarinnar metin til fjár. Bent yrði á leiðir til þess að raða virkjunarkostum almennt eftir hreinum ábata samfélagsins.

Horft er á Urriðafossvirkjun í Þjórsá. Stuðst er við upplýsingar og myndir frá Landsvirkjun. Sumarið 2020 sendi Maskína út netkönnun með skilyrtu verðmætamati og valtilraun og lauk úrvinnslu snemma á þessu ári. Hagfræðingarnir Ágúst Arnórsson og Kristín Eiríksdóttir unnu einkum að rannsókninni af hálfu Hagfræðistofnunar, en Marías Halldór Gestsson, lektor í hagfræði, kannaði áhrif Urriðafossvirkjunar á hagstærðir. Vinnan var unnin í samvinnu við Faghóp 4 í rammaáætlun um vernd og orkunýtingu landsvæða. Það var niðurstaða hópsins að meta yrði jaðaráhrif hvers virkjunarkosts fyrir sig, miðað við að ekkert annað breyttist. Rask í nánasta umhverfi virkjana gæti haft töluverð áhrif á matið. Því væri ekki hægt með góðu móti að meta marga virkjunarkosti í einu, hvað þá að raða þeim.

Stefán Gíslason umhverfisfræðingur aðstoðaði við val á virkjunarkosti sem tekinn var til athugunar. Ólöf Rós Káradóttir verkfræðingur hjá Landsvirkjun sýndi áhrifasvæði Urriðafossvirkjunar og veitti margvíslega aðra aðstoð. Hilma Rós Ómarsdóttir, Þóra Ásgeirsdóttir og Birgir Rafn Baldursson hjá Maskínu unnu að netkönnuninni. Þeim og öðrum sem greiddu götu verkefnisins eru færðar bestu þakkir. Ekki síst ber að þakka öllum sem svöruðu greiðlega spurningum í netkönnun á umhverfisáhrifum Urriðafossvirkjunar.

Reykjavík 23. mars 2021,

Sigurður Jóhannesson.

Efnisyfirlit

1	Efnahagslegt umhverfismat.....	6
1.1	Skref í kostnaðar- og ábatamati	6
1.2	Verðmæti.....	10
1.2.1	Gæði.....	11
1.2.2	Þjónusta náttúrunnar	12
1.2.3	Flokkun verðmæta	13
1.2.4	Ytri áhrif	14
1.2.5	Neytendaábatí	16
1.3	Verðmatsaðferðir	18
1.3.1	Áðferðir afhjúpaðs vals	19
1.3.2	Áðferðir yfirlýsts vals	24
2	Urriðafossvirkjun	26
2.1	Lýsing á virkjanakostinum Urriðafossvirkjun	26
2.2	Val á aðferðum.....	32
2.3	Könnun undirbúin og útfærð.....	33
2.3.1	Skilyrt verðmætamat.....	35
2.3.2	Valtilraun	37
3	Niðurstöður úr netkönnun	38
3.1	Afstaða til verndar eða orkunýtingar	38
3.2	Mat á greiðsluvilja	41
3.2.1	Skilyrt verðmætamat.....	41
3.2.2	Valtilraun	43
4	Áhrif Urriðafossvirkjunar á hagstærðir	46
4.1	Líkan	46
4.2	Forsendur	46

4.3	Hermun	47
4.4	Lítill áhrif á hagstærðir	48
	Heimildaskrá.....	49
	Viðauki 1 – Greiðsluvilji og bótavilji.....	55
	Viðauki II Niðurstöður aðhvarfslíkans	60
	Viðauki III – Viðhorf.....	63

1 Efnahagslegt umhverfismat

Víða um heim er það frumforsenda þess að ráðist sé framkvæmdir á innviðum að ábati sé meiri en kostnaður í kostnaðar- og ábatamati. Þar eru öll velferðaráhrif verkefnis metin til fjár. Allur núvirtur kostnaður er borinn saman við allan núvirtan ábata á líftíma verkefnis. Ef ábati er meiri en kostnaður er verkefnið talið arðbært og auka velferð, annars ekki. Ef kostnaðar- og ábatamati er beitt rétt er það öflugt hjálpartæki við að forgangsraða verkefnum þannig að vel sé farið með fjármuni og auðlindir (Sartori et al., 2014). Evrópusambandið fer fram á að gert sé kostnaðar- og ábatamat að undangengnum öllum verkefnum sem kosta 50 milljónir evra¹ eða meira (Sartori et al., 2014). Evrópusambandið hefur gefið út hvítbók um kostnaðar- og ábatamat þar sem rækilega er rakið hvernig standa á að slíku mati (Sartori et al., 2014). Mikið er lagt upp úr því hvernig meta eigi verðmæti sem eru ekki á markaði og eiga sér því ekki markaðsverð, eins og t.d. umhverfisgæði. Fjallað er í alllöngu máli um verkefni sem talin eru hafa mikil áhrif á lífsgæði og velferð, eins og samgönguverkefni, orkuverkefni, fjarskiptaverkefni og nýsköpun. Efnahags- og framfarastofnunin (OECD) hefur hvað eftir annað bent á að Ísland þurfi að bæta vinnubrögð sín við kostnaðar- og ábatamat (OECD, 1993, 2001, 2014, 2019).

1.1 Skref í kostnaðar- og ábatamati

Boardman, Greenberg, Vining og Weimer (2006) lýsa aðferðum við kostnaðar- og ábatamat og gefa þeim ráð sem hyggjast beita því. Þeir lýsa níu skrefum sem þurfi að fylgja til að tryggt sé að faglega sé staðið að kostnaðar- og ábatamati.

1. Skilgreina mengi annarra verkefna sem koma til greina:

Kostnaðar- og ábatamat kemur að notum þegar taka á ákvarðanir sem miða að því að velferð samfélagsins verði sem mest. Velja þarf það verkefni sem gefur bestu niðurstöðu sem völ er á. Jafnframt þarf að taka tillit til núllkostsins, sem er óbreytt ástand. Tæmandi listi yfir öll verkefni sem völ er á er oftast óraunhæfur. Ákjósanlegt er að stjórnvöld hafi skýra mynd af því hvað þjónusta í hverjum málaflokki er mikils virði áður en fjármagni er skipt á milli þeirra. Mikilvægt er að kostir sem þjóna sama tilgangi séu bornir saman. Dæmi um þetta eru hvar best er að hafa flugvöll, hvar leggja skal vegi og smíða brýr, val á virkjunarkostum og valkostir í flutningskerfi rafmagns.

¹ 7,85 milljarðar íslenskra króna skv. miðgengi Seðlabankans 26. janúar 2021.

2. Ákveða þarf frá hvaða sjónarhóli er horft:

Ákveða þarf hvaða hagsmuni á að hafa að leiðarljósi. Sjónarhóllinn ræðst oft af því hver það er sem tekur ákvörðun um verkefnið. Ef það eru íslensk stjórnvöld er horft á áhrif verkefnisins á Íslendinga. Ef það er Kópavogsbær er horft frá sjónarhóli bæjarbúa. En verkefni sem hafa áhrif á umhverfið virða sjaldnast landamæri búin til af mönnum. Sveitarfélög meta ekki áhrif umhverfisrasks á nágrannasveitarfélög og ríki taka ekki tillit til þess að útblástur hefur hnattræn áhrif. Hérlandis hafa virkjunarframkvæmdir ekki bara áhrif í heimahéraði heldur getur velferð allra landsmanna minnkað ef sérstæð náttúra er lögð undir framkvæmdir.

3. Skrá og velja mælikvarða fyrir öll áhrif:

Gera þarf tæmandi lista yfir öll áhrif, bein og óbein, sem verkefni hefur í för með sér, og skilgreina hvort áhrifin fela í sér kostnað eða ábata. Gæta þarf að því að stundum geta sömu áhrifin falið í sér kostnað fyrir suma en ábata fyrir aðra. Kostnaðar- og ábatamat er í eðli sínu greining á jaðarkostnaði og jaðarábata fyrir samfélagið allt og því eru tilfærslur á milli hópa samfélagsins ekki teknar með í greininguna. Oft þarf að byrja á því að meta umhverfisáhrif (e. *environmental impact assessment*) og gera aðrar vísindarannsóknir, allt eftir því hvers eðlis verkefnin eru. Oft ræðst það af gögnum, sem liggja fyrir, hvaða mælikvarðar verða fyrir valinu en mikilvægt er að mælikvarðarnir endurspegli vel áhrifin sem þeir eiga að lýsa, svo að upplýsingarnar nýtist sem best. Dæmi um mælikvarða eru fjöldi og alvarleiki slysa og flatarmál votlendis.

4. Spá fyrir um stærðargráðu áhrifanna yfir líftíma verkefna:

Spá þarf fyrir um þróun og stærðargráðu allra áhrifa sem framkvæmdir hafa. Þetta á bæði við um bein og óbein áhrif. Meta þarf eftirspurnarferla sem verkefnin hafa áhrif á og spá þróun eftirspurnar meðan á þeim stendur. Þetta skref er nokkrum vandkvæðum bundið þar sem verkefnin breyta oft hegðun fólks, sérstaklega ef þau eru á vegum hins opinbera. Breytt hegðun gjörbreytir eftirspurn og því gefa gögn um fyrri tíma litla hugmynd um ókomna tíð. Styðjast má við aðferðir tilraunahagfræði (e. *experimental economics*) og valtilraunir til að herma markaðsaðstæður eftir að ráðist hefur verið í miklar breytingar. Það var til dæmis gert þegar lestakerfið við San Francisco-flóa var endurhannað á áttunda ártugnum.² Rétt eða röng spá getur hæglega ráðið úrslitum um hagkvæmni verkefna.

² Daniel McFadden hlaut Nóbelsverðlaunin í hagfræði árið 2000 fyrir ævistarf sitt sem hann lagði grunninn að í rannsókninni á framtíðareftirspurn eftir lestarferðum á flóasvæðinu.

5. Meta öll áhrif til fjár:

Meta þarf allan kostnað og allan ábata af verkefnum til fjár. Beita þarf verðmatsaðferðum sem byggðar eru á velferðarhagfræði á áhrif sem ekki er markaður fyrir. Algengt er að með slíkum aðferðum sé t.d. slegið máli á virði umhverfis sem er raskað eða fórnað með öllu, virði frítíma, virði tíma í umferð og virði tölfræðilegs lífs (e. *value of statistical life*), þ.e.a.s. virði þess að lífslíkur breytist. Ef aðeins er tekið mið af tölum sem allajafna eru í krónum og aurum, eins og til dæmis framkvæmdakostnaði, er hætt við að teknar verði ákvarðanir sem ekki eru í samræmi við hag samfélagsins.

6. Afvaxta kostnað og ábata til að fá núvirði:

Kostnaður og ábati falla til á líftíma verkefna. Til að hægt sé að bera saman verkefni og einstaka hluta verkefna þarf að gera allar tölur samanburðarhæfar. Það er gert með því að núvirða þær allar til upphafsdags verkefnis með ávöxtunarkröfu. Þannig er gefinn afsláttur af kostnaði og ábata á ókomnum tíma miðað við kostnað og ábata sem fellur til núna. Flestir taka neyslu núna fram yfir neyslu síðar. Núvirði kostnaðarstraums, $PV(C)$, yfir n tímabil er:

$$PV(C) = \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+s)^t}$$

þar sem C_t er kostnaður á tíma t og s er samfélagsleg ávöxtunarkrafa (e. *social discount rate*). Núvirði ábatastraums, $PV(B)$, yfir n tímabil er:

$$PV(B) = \sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+s)^t}$$

þar sem B_t er ábati á tíma t . Eftir því sem ávöxtunarkrafan er hærri er neysla á síðari tímum minna virði miðað við neyslu núna. Ef ávöxtunarkrafan er núll er neysla á öllum tímabilum metin jafnmikils. Þar sem ávöxtunarkrafa felur bæði í sér tímavirði og óvissu um framtíðina endurspeglar hún í raun í hvaða hlutföllum menn sem nú lifa vilja skipta á sinni neyslu og neyslu komandi kynslóða. Ef litið er á ávöxtunarkröfuna með þessum augum er augljóst að hún er sjaldan mikilvægari en þegar meta skal verðmæti í náttúrunni. Vestræn samfélög hafa notað raunávöxtunarkröfu á bilinu 3,5-10%. Með öðrum orðum er langt frá því að samhljómur sé um stærðargráðu ávöxtunarkröfunnar. Vanda þarf val á ávöxtunarkröfu þar sem hún getur haft úrslitaáhrif á það hvort verkefni teljast ábatasöm eða ekki. Ávöxtunarkrafan skiptir sérstaklega miklu máli þegar stór hluti kostnaðar fellur til eftir langan tíma, eins og þegar loftslag hlýnar vegna gróðurhúsaáhrifa.

7. Reikna núvirði allra kosta:

Hreint núvirði verkefnis er samanlagður núvirtur ábati að fráðregnum samanlögðum núvirtum kostnaði:

$$NPV = PV(B) - PV(C)$$

Ef verkefni er borið saman við núllkost er rétt að ráðast í verkefnið ef núvirði er stærra en núll. Það þýðir að núvirtur ábati er meiri en núvirtur kostnaður. Ef nokkur verkefni eru borin saman skal velja það sem hefur hæst núvirði.

8. Gera næmnigreiningu:

Við mat á verkefnum lýtur margt mikilli óvissu. Þá er gagnlegt að reikna núvirði miðað við ýmsar forsendur um stærð og virði áhrifaþátta. Þannig má fá betri hugmynd um áhrif óvissunnar á væntanlegt núvirði og óvissu um það.

9. Veita ráðleggingar sem byggðar eru á niðurstöðunum:

Vel ígrundað kostnaðar- og ábatamat kostar bæða tíma og fé. Matsmenn þurfa að vera óháðir ef þeir eiga að veita óbjagaðar ráðleggingar. Freistandi getur verið að hagræða niðurstöðum ef búið er að kosta miklu til við undirbúning verkefnis. Til dæmis má stundum láta verkefni ná yfir núllið með því lækka ávöxtunarkröfuna. Það getur fært matsmönnum og stjórnmálamönnum ávinning, en samfélagið tapar. Stundum er best að ráðleggja að gera ekkert.

Ekkert markaðsverð er á vörum sem ekki eru seldar á markaði. Þetta á oftast við um þjónustu náttúrunnar. Ef markaðir eru látnir óáreittir er hætt við að of lítið framboð verði af almannagæðum, eins og hreinu lofti og fallegu landslagi. Lagt er í framkvæmdir sem samfélagið tapar á, til dæmis vegna mengunar og rasks, sem þær valda á náttúrunni (Brynhildur Davíðsdóttir, Daði Már Kristófersson og Sigurður Jóhannesson, 2013). Til að koma í veg fyrir óhagkvæma niðurstöðu þarf að beita verðmatsaðferðum hagfræðinnar, til að meta verðmæti, sem ekki eiga sér markaðsverð. Töluverða sérfræðipækkingu og grunnvinnu þarf til þess að beita þessum aðferðum. Ekki hefur verið lagt í grunnvinnuna að neinu ráði hérlandis.

Ekki er nóg að horfa aðeins á arðsemi af orkusölu þegar virkjað er, líkt og orkufyrirtæki gera. Sjá þarf til þess að öll áhrif virkjana á velferð samfélagsins séu skoðuð. Rammaáætlun á að draga fram öll sjónarmið og hagsmuni tengd virkjunarframkvæmdum. Verkefnastjórn rammaáætlunar raðar virkjunarkostum í nýtingarflokk, biðflokk og verndarflokk í ljósi ráðgjafar faghópa og rannsókna sem þeir láta gera. Með rammaáætlun er reynt að velja þá kosti sem leiða til mestrar velferðar fyrir samfélagið. Hugmyndin er að þannig megi koma í veg fyrir að meiri hagsmunum sé fórnað fyrir minni.

Víða um heim er kostnaðar- og ábatamat viðurkennt verkfæri til að meta áhrif framkvæmda á velferð. Þess vegna er eðlilegt að horft sé til þess þegar virkjað er hér á landi. Til að hægt sé að beita því þarf að meta öll áhrif framkvæmda til peninga, þar með talin áhrif á umhverfið. Peningar þjóna því grunnhlutverki að vera mælieining á verðmæti. Peningar eru eining sem flestir eiga auðvelt með að skilja og flestir taka ákvarðanir út frá virði þeirra í daglegu lífi. Til þess að hægt sé að nota peninga sem mælieiningu þarf að meta umhverfisáhrif kosta í rammaáætlun með hagrænum aðferðum. Oft hefur verið mælt á móti efnahagslegu umhverfismati á þeim forsendum að ósiðlegt sé að festa verðmiða á náttúruna og setja hana og lífríkið þannig á markað. En ekki má gleyma því að þegar afstaða er tekin til framkvæmda, sem hafa áhrif á umhverfið, er það metið til fjár á óbeinan hátt. Ef lagt er í framkvæmdirnar er það mat manna að peningalegur ágóði af þeim vegi þyngra en umhverfisáhrifin. Stundum er niðurstaðan á hinn veginn. Það er því ekkert nýtt að umhverfisgæði séu metin til fjár. Markmiðið með hagrænum matsaðferðum er að matið verði kerfisbundnara og vandaðra en ella.

1.2 Verðmæti

Í síðklassískri velferðarhagfræði er gert ráð fyrir að fólk³ stefni stöðugt að því að ná sem mestri velferð, miðað við eigin smekk, með vali á vörum og þjónustu. Allt sem er verðmætt og eykur velferð er skilgreint sem ábati (Brynhildur Davíðsdóttir o.fl., 2013). Smekkur fólks endurspeglast í nytjafalli hvers og eins. Þá er gert ráð fyrir að fyrirtæki stefni að sem mestum hagnaði í rekstri sínum. Fyrirtæki eru á markaði þar sem þau selja neytendum vörur og þjónustu í skiptum fyrir peninga. En neysla fólks einskorðast ekki við þær vörur og þjónustu sem seldar eru á markaði heldur hafa ráðstöfun frítíma og ástand náttúrunnar áhrif á lífsgæði þess og velferð. Orðið gæði í hagfræði er notað í víðum skilningi um hvers konar vöru eða þjónustu. Í raun er hægt að teygja það yfir hvers konar aðstæður þar sem fólk stendur frammi fyrir einhvers konar vali. Þjónusta náttúrunnar fellur undir gæðahugtakið, hvort sem um er að ræða beinar neysluafurðir náttúrunnar eins og landbúnaðarvörur eða náttúrlega ferla sem snúa að skilyrðum til lífs og lífsgæða. Val fólks afhjúpar mat þess á verðmæti gæðanna. Verðmæti er þannig augljóslega mun yfirgripsmeira hugtak en markaðsverð. Heildarverðmæti gæðis samanstendur af ábata sem stafar af beinni notkun, ábata sem stafar af óbeinni notkun og ábata sem er óháður notkun. Þegar meta skal þjónustu náttúrunnar er sérstaklega mikilvægt að horft sé á heildarverðmæti. Ábati af beinni notkun er oft lítill partur af heildarverðmætinu.

³ Í hagfræði eru menn einnig kallaðir neytendur eftir aðstæðum og verður það gert hér.

1.2.1 Gæði

Hagfræðin flokkar gæði í fjóra flokka eftir því hvernig aðgengi að vöru er háttað og því hvort neysla eins manns á vörunni hefur áhrif á tækifæri annarra til að neyta sömu vöru (sjá töflu 1). Flokkarnir eru fjórir:

- 1) **Einkagæði** eru dæmigerðar neysluvörur sem eru seldar á markaði og eiga sér því markaðsverð. Auðvelt er að takmarka aðgengi að þeim og þegar þeirra hefur verið neytt geta aðrir ekki notið þeirra. Dæmi um einkagæði:
 - matvara,
 - fatnaður,
 - bifreiðar.
- 2) **Klúbbgæði** (e. *club goods*) eru vörur sem seldur er aðgangur að á markaði og bera þær því markaðsverð. Auðvelt er að takmarka aðgengi að þeim en neysla eins á klúbbgæði hefur ekki áhrif á tækifæri annars til neyslu á sömu vörunni, a.m.k. upp að ákveðnum fjölda neytenda. Dæmigerð klúbbgæði eru skemmtanir eða afþreying:
 - bíósýningar,
 - tónleikar,
 - áskriftarsjónvarp.
- 3) **Almenningar** eru vörur sem eru ekki seldar á markaði og eiga sér því ekki markaðsverð. Ef ekki eru sett sérstök lög um almenninga er ekki hægt að hefta aðgang að þeim og notkun eins manns á þeim hefur bein áhrif á möguleika annarra til að nota þá. Dæmi um almenninga eru:
 - fiskimið sem ekki gilda lög um; tveir menn geta ekki veitt sama fiskinn sér til matar,
 - afréttur fyrir búfé, þar sem ekki er kveðið á um ítölu,
 - öræfaró, aðrir ferðamenn eða ummerki um þá geta hæglega raskað henni.
- 4) **Almannagæði** eru vörur sem hvorki er hægt að takmarka aðgengi að né hefur notkun eins manns áhrif á tækifæri annarra til að nota sömu vöru. Ef einn maður getur notið þeirra geta aðrir gert það líka. Almannagæði eru ekki seld á markaði og eiga sér því ekki markaðsverð. Þau eru engu að síður ákaflega verðmæt og mikilvæg fyrir velferð og lífsgæði samfélaga. Dæmi um almannagæði eru:
 - Andrúmsloft (meðan nóg er af því),

- ríkisreknar opnar sjónvarpsstöðvar, eins og Ríkisútvarpið,
- löggæsla.

Með þessari flokkun má lýsa nánast öllum vörum og aðstæðum sem upp geta komið, en skil milli flokka geta stundum verið óljós. Óskilgreindur eignarréttur greinir almenninga og almannagæði frá einkagæðum og klúbbgæðum. Vörur sem hafa óskilgreindan eða illa skilgreindan eignarrétt eru jafnan ekki seldar á markaði og verðmæti þeirra er því allajafna ekki metið með markaðsverði. Sjaldan er borgað fyrir notkun á almenningum og almannagæðum. Nær öll þjónusta sem náttúran veitir mönnum fellur utan markaða, annað hvort sem almenningur eða almannagæði. Þess vegna taka menn allajafna ekki tillit til þjónustu sem náttúran veitir í ákvörðunum sínum, að minnsta kosti ekki á skipulegan hátt.

Tafla 1. Vöruflokkar

	Hægt að koma í veg fyrir notkun	Ekki hægt að koma í veg fyrir notkun
Notkun eins fyrir öðrum	Einkagæði	Almenningar
Notkun eins ekki fyrir öðrum	Klúbbgæði	Almannagæði

1.2.2 Þjónusta náttúrunnar

Í hagfræði er þjónusta náttúrunnar oft kölluð umhverfisgæði einu nafni. Þegar meta á þjónustu náttúrunnar er ákaflega mikilvægt að hafa heildstætt flokkunarkerfi þannig að ekkert verði útundan. Þúsaldarmatið (Millenium Ecosystem Assessment, 2005) og TEEB (2011) flokkar þjónustubætti náttúrunnar á áþekkan hátt og taka má flokkunina saman í fjögur atriði:

1) **Aðföng eða afurðir** eru endurnýjanlegar og óendurnýjanlegar auðlindir, svo sem:

- landbúnaðarafurðir (t.d. hey, mjólk og egg),
- sjávarútvegsafurðir (t.d. fiskur, þari og salt),
- skógarafurðir (t.d. timbur, ber og sveppir),
- málmar (t.d. gull og silfur),
- vatn (t.d. drykkjarvatn og heitt vatn),
- orka (t.d. vindorka, jarðvarmaorka, kol og hráolía).

2) **Stuðnings- og búsvæðapjónusta** eru náttúrlegir ferlar sem viðhalda vistkerfum og allri þjónustu sem þau veita, svo sem:

- miðlun og hreinsun vatns,
- myndun jarðvegs,
- viðhaldi líffræðilegs fjölbreytileika,
- viðhaldi farbrauta farfugla.

3) **Stýriþjónusta** eru varnarviðbrögð náttúrunnar við áföllum og hamförum, svo sem:

- binding kolefnis,
- frævun,
- temprun mengunar,
- temprun flóða,
- temprun lofslags,
- vörn gegn meindýrum.

4) **Menningar- og upplifunarpjónusta** eru óefnisleg gæði sem náttúran veitir samfélögum manna, svo sem:

- útivistarmöguleikar,
- kennslugildi,
- trúarlegt gildi,
- fagurfræðilegt gildi.

1.2.3 Flokkun verðmæta

Vara getur verið verðmæt í huga fólks af mörgum ástæðum. Heildarverðmæti er summa ábata af beinni notkun, ábata af óbeinni notkun og ábata sem er alls óháður notkun. Hér verða þessir flokkar settir í samhengi við umhverfisgæði, þó að skilgreiningarnar séu almennar og eigi við allar vörur.

1) **Ábati af beinni notkun** er til dæmis ábati af:

- neysluvatni,
- fiski,
- orku,
- frístundaiðkun,

- útsýni.

2) **Ábati af óbeinni notkun** er velferð sem fólk hlýtur af vöru án þess að stjórna notkuninni sjálft á beinan hátt. Dæmi eru ábati af:

- kolefnisbindingu,
- frævun,
- viðhaldi líffræðilegs fjölbreytileika.

3) **Ábati óháður notkun** er ánægja sem menn hafa af vöru án þess að nota hana eða ætla að nota hana á nokkurn hátt. Það eitt að vita af tilvist vörunnar veitir fólki gleði eða ábata. Á þetta t.d. við um:

- dýrategundir í útrýmingarhættu,
- einstök náttúrufyrirbrigði.

Aðföng og afurðir náttúrunnar falla undir fyrsta hlutann, ábata af beinni notkun, og það gerir menningar- og upplifunarþjónusta að hluta til líka. Skilin á milli verðmæta sem stafa af óbeinni notkun og þeirra sem eru óháð notkun eru oft á tíðum mjög óljós. Stoð- og stýriþjónustu náttúrunnar fellur þar undir og menningarþjónusta að hluta til. Ábati af óbeinni notkun og ábati sem er óháður notkun vegur jafnan þyngra í heildarábata af umhverfisgæðum en vörum sem seldar eru á markaði.

Menn geta með hegðun sinni haft áhrif á ástand gæða, sem snerta velferð fólks sem þeir eiga ekki viðskipti við. Þá er talað um ytri áhrif eða úthrif. Þau leiða til óhagkvæmni frá sjónarhóli samfélagsins þar sem fólk og fyrirtæki taka ekki tillit til þeirra í ákvörðunum sínum. Ytri áhrif felast oft í áhrifum á umhverfisgæði. Þau breyta velferð alls almennings.

1.2.4 Ytri áhrif

Ytri áhrif eða úthrif eru ein birtingarmynd markaðsbrests. Þau koma fram þegar hegðun á markaði hefur áhrif á velferð þeirra sem eru ekki virkir þátttakendur á markaðinum. Ytri áhrif geta bæði verið góð og slæm. Þau gera það að verkum að ráðstöfun gæða á markaði verður óhagkvæm frá sjónarhóli samfélagsins:

- **Góð ytri áhrif** fela í sér ábata fyrir fólk og fyrirtæki sem ekki eiga aðild að viðskiptum. Fyrirtæki sem verða fyrir góðum ytri áhrifum hagnast. Velferð fólks sem verður fyrir góðum ytri áhrifum eykst. Dæmi um góð ytri áhrif eru:
 - frævun; býflugna- og eplabændur hagnast báðir á nálægð hvorir við aðra,
 - fallegir garðar bæta útsýni nágranna.

- **Slæm ytri áhrif** fela í sér slæm áhrif á ábata fólks og fyrirtækja sem ekki eiga aðild að viðskiptum. Fyrirtæki sem verða fyrir slæmum ytri áhrifum tapa. Velferð fólks sem verður fyrir slæmum ytri áhrifum minnkar. Dæmi um slæm ytri áhrif eru:
 - hvers konar mengun, lykt og hávaði,
 - tapað útsýni,
 - rask á náttúrumyndunum.

Á frjálsum markaði er minna framleitt af vörum með góð ytri áhrif en hagkvæmt er fyrir samfélagið. Þetta stafar af því að þeir sem njóta áhrifanna greiða ekki fyrir þau. Að sama skapi framleiðir markaðurinn meira en hagkvæmt er fyrir samfélagið af vörum sem slæm ytri áhrif eru af. Það stafar af því að framleiðendur bera ekki kostnað af úthrifunum. Til þess að markaðurinn taki tillit til ytri áhrifa þarf hið opinbera vanalega að grípa inn með styrkjum fyrir góð ytri áhrif eða sköttum fyrir slæm ytri áhrif.

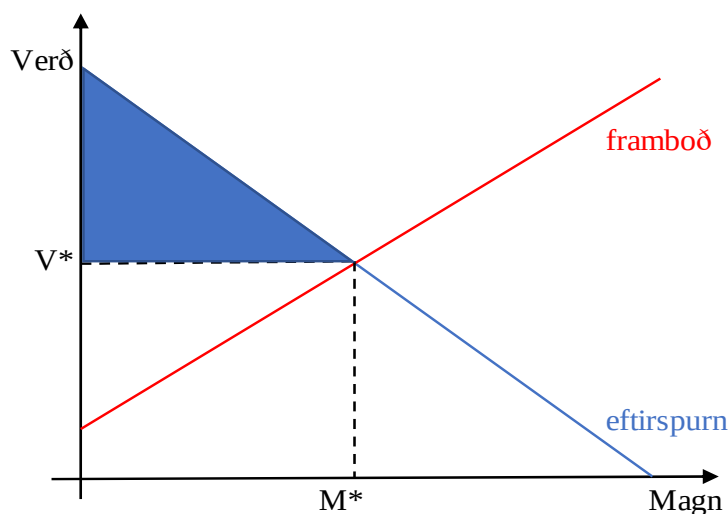
Fyrir þá sem kaupa vöru á markaði endurspeglar markaðsverð neðri mörk þess mats sem þeir leggja á verðmæti vörunnar. Ef þeir væru til í að borga meira fyrir vöruna er mismunurinn ábati þeirra. Fyrir vörur, sem ekki eru seldar á markaði, er hvorki markaðsverð né sýnilegur eftirspurnarferill. Því er erfiðleikum bundið að meta ábata af neyslu þeirra. Greiðsluvilji og bótavilji eru peningalegir mælikvarðar. Greiðsluvilji er annars vegar það sem maður vill að hámarki greiða til að koma í veg fyrir að gæðum sé ráðstafað í nýjan hátt. Dæmi um þetta er sú fjárhæð sem fólk vill í hæsta lagi borga fyrir að útivistarsvæði höfuðborgarbúa í Heiðmörk verði ekki raskað. Hins vegar má líta á greiðsluvilja sem þá fjárhæð sem menn vilja í mesta lagi greiða til þess að tryggja nýja ráðstöfun gæða. Dæmi um þetta er það sem fólk er til í að láta af hendi rakna til þess að tryggja vernd náttúru á Þingvöllum fyrir ágangi ferðamanna með stígagerð og afmörkun svæða sem má fara um. Bótavilji er sömuleiðis tvískiptur. Hann má setja fram sem þá fjárhæð sem maður sættir sig við að lágmarki fyrir að fórna einhverju. Dæmi um þetta væri hversu mikið þyrfti að greiða fólki til þess að það sætti sig við að útivistarsvæðið Heiðmörk yrði tekið undir aðra notkun. Á hinn bóginn getur bótavilji verið lágmarksbætur sem fólk sættir sig við fyrir að verða af einhverju. Dæmi um þetta væri hversu mikið þyrfti að greiða fólki til að setta sig við að ekki yrði farið í aðgerðir til að vernda náttúru í Þjóðgarðinum á Þingvöllum. Greiðsluvilji og bótavilji eru nákvæmustu mælikvarðarnir á velferð fyrir öll gæði, hvort sem þau eru seldar á markaði eða ekki, en þegar gæði eru seld á markaði er oft notast við neytendaábata sem nálgun, samanber umfjöllun um hann hér á eftir. Greiðsluvilji þeirra sem kaupa vörur á markaði er það sem þeir mundu í hæsta lagi greiða. Markaðsverð er góður

mælikvarði á neðri mörk greiðsluvilja (Ágúst Arnórsson, Kristín Eiríksdóttir og Sigurður Jóhannesson, 2019).

1.2.5 Neytendaábatí

Neytendaábatí manns sem kaupir vöru á markaði er mismunurinn á markaðsverðinu og því sem hann hefði í mesta lagi viljað að greiða fyrir vöruna. Neytendaábatí af tiltekinni vöru er metinn út frá eftirspurnarferli á markaði. Mynd 1 sýnir framboð og eftirspurn eftir vöru á markaði. Eftirspurnarferillinn sýnir hversu mikið neytendur vilja kaupa af vörunni þegar verð breytist. Eftirspurnarferillinn byggist á smekk neytenda og því hvernig þeir vilja skipta á einni vöru fyrir aðrar. Hann hallar niður á við, því að lægra verð endurspeglast í meiri eftirspurn. Framboðsferillinn sýnir hversu mikið framleiðendur vilja selja af vöru fyrir mishátt verð. Framboðsferillinn endurspeglar framleiðslukostnað og álagningu og hallar upp á við. Fáir vilja selja á lágu verði en eftir því sem verð hækkar eykst framboðið. Markaðsverð, V^* , myndast þar sem framboð er jafnt eftirspurn. Þar er selt magn M^* . Markaðsverðið gildir fyrir alla og því græða flestir sem kaupa vöruna. Við markaðsverð er neytendaábatí jaðarneytandans enginn. Hann borgar nákvæmlega það sem hann er reiðubúinn til þess að borga. Aðrir neytendur sem kaupa vöruna hefðu keypt hana þótt hún hefði verið dýrari. Bláa svæðið sýnir samanlagðan neytendaábata allra kaupenda. Stærðfræðilega er neytendaábatí (e. CS) fundinn með því að heilda eftirspurnarferilinn, $m(V, I)$, á bilinu V^* til hámarksverðs, V^{max} :

Ef vara hverfur af markaði minnkar velferð neytenda um sem nemur neytendaábata vörunnar.



Mynd 1. Neytendaábatí

Greiðsluvilji og bótavilji byggjast á Hicks-eftirspurnarföllum sem eru ekki beint mælanleg eins og hefðbundin Marshall-eftirspurnarföll.⁴ En það kemur ekki að sök þegar meta á verðmæti vara sem ekki eru seldar á markaði. Þróaðar hafa verið aðferðir til að meta greiðsluvilja og bótavilja þegar eftirspurnarföllin eru ekki þekkt. Búnaðar eru til markaðsaðstæður þar sem fólk lýsir yfir greiðsluvilja eða stuðst við tengda markaði þar sem greiðsluviljinn er lesinn úr því sem fólk gerir. Eins og sýnt er í viðauka I um greiðsluvilja og bótavilja er umfang metinnar velferðarbreytingar ekki það sama þegar stuðst er við greiðsluvilja og bótavilja. Því er ákaflega mikilvægt þegar verðmatsaðferðum er beitt að kýrskýrt sé hver af fjórum mælikvörðum í töflu 2 er notaður. Það veltur á eignarrétti og aðstæðum hverju sinni hvaða mælikvarði á við. Hafa verður í huga þegar fólk lýsir yfir greiðslu- eða bótavilja að greiðsluvilji er skorðaður af tekjum og auði en bótavilji ekki. Greiðsluvilji hefur því efri mörk en engin slík mörk eru á bótum sem fólk kann að fara fram á. Oftast er mælt til þess að stuðst sé við greiðsluvilja þar sem bótavilji er næmur fyrir ýkjum. En megingallinn við greiðsluviljann er sá að hann er bundinn af tekjum og auði. Því hljóta verkefni sem snerta tekjulága síður framgang en ella. Jafnframt er vert að benda á að greiðsluvilji samfélags er augljóslega háður tekjudreifingu, stofnanaumhverfi og ástandi umhverfisins og því er ekki skynsamlegt að heimfæra greiðsluvilja frá einu samfélagi eða tíma til annars (Daði Már Kristófersson og Navrud, 2007). Hið sama gildir um einstök verkefni eða framkvæmdir.⁵

Tafla 2. Greiðsluvilji og bótavilji

Mælikvarði á verðmæti	Verðhækkun	Verðlækkun
Eignarréttur í nýju ástandi (e. equivalent variation) (U^1, p_{x_0}),	Greiðsluvilji til að koma í veg fyrir (I)	Bótavilji fyrir að verða af (II)
Eignarréttur núna (e. compensating variation) (U^0, p_{x_1})	Bótavilji til að sætta sig við (III)	Greiðsluvilji til að ná fram (IV)

Heimild: Flores (2003).

Án samfélagslegs mælikvarða á velferð og velferðarbreytingar er ekki hægt að meta áhrif af stefnubreytingum stjórnvalda. Ekki er hægt að segja til um hvort eða hvenær þörf er á að ríkið grípi inn í markaði. Greiðsluvilji og bótavilji eru mælikvarðar á velferð sem byggja á smekk hvers manns fyrir sig. Ef allir hafa sama smekk er mat þeirra á velferð það sama og enginn

⁴ Marshall eftirspurnarföll er hægt að mæla beint með gögnum en við reiðum okkur á jöfnu Slutsky til að leiða út Hicks eftirspurnarföll.

⁵ Sjá frekari umfjöllun í viðauk 1.

ágreiningur verður um stjórnvaldsákvarðanir. Ráðstafanir eru sagðar Paretó-hagkvæmar ef engin önnur ráðstöfun getur bætt hag eins manns, að minnsta kosti, án þess að staða einhvers annars versni (Boardman et al., 2006). Ákaflega sjaldgæft er að stefnubreytingar stjórnvalda séu þannig úr garði gerðar að allir hafi það jafngott eða betra í kjölfarið. Samkvæmt viðmiði Kaldors og Hicks eiga stjórnvöld að fylgja eftir stefnu ef þeir sem hagnast á henni gætu⁶ bætt þeim tjónið sem tapa og samt haft það betra en áður en stefnunni var breytt (Boardman et al., 2006).

Áður en verðmatsaðferðir fyrir vörur sem ekki eru seldar á markaði verða kynntar er gagnlegt að skoða hvað umhverfischagfræðin kennir um velferðaráhrif sem ekki stafa af beinni vörunotkun. Þetta eru erfðagildi, valréttargildi og tilvistargildi:

1. **Erfðagildi:** Það kann að vera fólki nokkurs virði að tiltekin umhverfisgæði nýtist afkomendum eða komandi kynslóðum. Ef svo er vill það borga fyrir varðveislu gæðanna þó að það njóti þeirra ekki sjálft.
2. **Valréttargildi:** Það kann að vera fólki nokkurs virði að eiga þess kost að nota tiltekin umhverfisgæði síðar. Ef svo er vill það greiða fyrir varðveislu gæðanna þótt það hafi aldrei notað þau sjálft.
3. **Tilvistargildi:** Það kann að vera fólki nokkurs virði að tiltekin umhverfisgæði séu til. Ef svo er vill það borga fyrir varðveislu gæðanna þó svo að það ætli sér aldrei að njóta þeirra.

Mikilvægt er þegar lagt er mat á greiðsluvilja eða bótavilja fyrir óafturkræfar breytingar á umhverfisgæðum að tekið sé tillit til erfðagildis, valréttargildis og tilvistargildis. Oft getur þetta þrennt verið meira virði en bein notkun gæðanna.

1.3 Verðmatsaðferðir

Markmiðið með verðmati á umhverfisgæðum er að þau njóti sannmælis þegar teknar eru ákvarðanir sem snerta þau beint og óbeint. Til eru þó nokkrar aðferðir til að meta umhverfisgæði. Aðferðirnar eru oftast flokkaðar eftir því hvort þær eru byggðar á hegðun fólks, afhjúpuðu vali (e. *revealed preferences*), eða á yfirlýstu vali (e. *stated preferences*). Fræðilega er grundvallarmunurinn á aðferðunum sá að afhjúpað val veitir mat á neytendaábata sem byggist á Marshall-eftirspurnarföllum en yfirlýst val gefur mat á greiðsluvilja eða bótavilja sem byggist á Hicks-eftirspurnarföllum (Boyle, 2003a).

⁶ Orðið gætu er lykilatriði því ekki er ætlast til að tjónið sé raunverulega bætt.

Verðmatsaðferðirnar má einnig flokka í beinar og óbeinar aðferðir eftir því hvort verðmeta skal vöruna sjálfa beint eða eða hvort hún er metin óbeint í ljósi annars vals, hegðunar eða viðskipta á markaði (sjá töflu 3). Atkvæðagreiðslur eins og íbúakosning eða þjóðar-atkvæðagreiðsla eru dæmi um beinar aðferðir sem ekki verða ræddar hér.

Tafla 3. Verðmatsaðferðir fyrir umhverfisgæði

	Beinar aðferðir	Óbeinar aðferðir
Afhjúpað val	• Markaðsverð • Hermdur markaður • Atkvæðagreiðsla • Staðkvæmdarkostnaður	• Ferðakostnaðaraðferð • Varnarkostnaðaraðferð • Ánægjuverðsaðferð • Þáttateknaaðferð
Yfirlýst val	• Skilyrt verðmætamat	• Valtíraunir • Skilyrt röðun

Heimildir: Navrud (2004) og Brynhildur Davíðsdóttir o.fl. (2013).

1.3.1 Aðferðir afhjúpaðs vals

Með aðferðum afhjúpaðs vals er neytendaábatí af umhverfisgæðum metinn með því að draga ályktanir af hegðun fólks á mörkuðum sem eru nátengdir umræddum gæðum. Helsti kosturinn við aðferðir sem byggjast á hegðun (afhjúpuðu vali) er að fólk sýnir vilja sinn í verki; borgar hátt verð fyrir fasteignir með fallegu útsýni en lægra verð þar sem er mikil hávaðamengun, sækir í fagra náttúru á fjarlægum stöðum og ver sig fyrir mengun og sjúkdómum með því að hreinsa matvæli og sjóða vatn o.s.frv. Helsti gallinn við þessar matsaðferðir er að þær virka ekki nema fólks sýni mælanlega hegðun. Þær bregða ekki ljósi á greiðsluvilja þeirra sem nota ekki umhverfisgæðin en myndu engu að síður kjósa að vernda þau á grundvelli tilvistar-, erfða og valréttargildis. Jafnframt krefjast þær þess að mælingar og gögn um hegðunina liggi fyrir eða að hægt sé að safna þeim saman.

1.3.1.1 Markaðsverðsaðferð

Þegar umhverfisgæði eru seld á markaði er markaðsverð notað sem mælikvarði á verðmæti þeirra (Brynhildur Davíðsdóttir o.fl., 2013). Afurðir náttúrunnar, eins og fiskur, kol, olía, timbur og málmar, hafa lengi verið seldar á markaði. Sjaldgæfara er að aðrir þjónustupættir náttúrunnar séu á markaði en það kemur þó fyrir. T.a.m. er víða seldur aðgangur að þjóðgörðum í útlöndum. Helsti gallinn við þessa aðferð er að markaðsverð endurspeglar ekki velferðaráhrif umhverfisgæðanna til fulls. Það sýnir lágmarksgreiðsluvilja kaupenda en ekki heildar-verðmætið. Þegar eftirspurnarferlar eru þekktir má meta neytendaábata, og þar með

heildarverðmæti gæðanna. Kostirnir við aðferðina er að hún er auðveld og fljótlegt og ódýrt er að beita henni.

1.3.1.2 Ferðakostnaðaraðferð

Ferðakostnaðaraðferð er sú aðferð sem oftast er notuð til að meta áhrif útivistarsvæða á velferð. Með henni má meta greiðsluvilja notenda fyrir aðgang að útivistarsvæðum og breytingum á gæðum þeirra. Harold Hotelling lagði grunn að aðferðinni í bréfi til forstjóra bandarísku þjóðgarðanna (National Parks Service, NPS) árið 1947. Forstjórinn hafði spurt tíu þekktar hagfræðinga hvernig sýna mætti alríkinu fram á verðmæti garðanna og tryggja þannig fé til þess að halda þeim við. Ferð á staðinn og dvöl þar eru fullkomnar stuðningsvörur því að án ferðar kemst enginn í garðinn. Með því að skoða hvaðan notendur garðanna koma og hversu oft þeir koma á hverju tímabili má meta áhrif ferðakostnaðar á eftirspurn. Þegar búið er að meta eftirspurnarferil fyrir hvern garð er neytendaáhati metinn og hann endurspeglar heildarverðmæti útivistar í görðunum.

1.3.1.3 Varnarkostnaðaraðferð

Varnarkostnaðaraðferð er vanalega beitt til að verðmeta heilsutengd áhrif mengunar (Boyle, 2003a). Öll hegðun sem á að draga úr skaða sem tengist umhverfisgæðum eða koma í veg fyrir hann kallast varnarhegðun (e. *defensive behavior*). Undir slíka hegðun fellur allt sem gert er til að draga úr áhrifum mengunar (Dickie, 2003). Kostnaður sem hlýst af varnarhegðun er kallaður varnarkostnaður. Hann getur falist í kaupum á vörum á markaði eða tíma og vinnu sem fólk ver til þess að verja heimili sín. Þannig byggist varnarkostnaðaraðferðin á framleiðslufalli heimilisins þar sem fólk nýtir bæði tíma sinn og vörur sem það kaupir til að verjast áhrifum mengunar. Dæmi um varnarhegðun er það þegar fólk sýður neysluvatn eða kaupir vatn á flöskum til að komast hjá alvarlegum veikindum þegar upp kemur mengun í vatnsbóli eða þegar það notar öndunargrímur í stórborgum þar sem loft er mengað. Af sama tagi er það þegar menn nota grímur og spritt og forðast annað fólk á tímum Covid-19. Gera má ráð fyrir að varnarhegðun kosti ekki meira en nemur skaðanum sem komist er hjá. Þannig afhjúpar varnarhegðun virði þess að koma í veg fyrir tjón á umhverfinu.

Varnarkostnaður er ekki það sama og skaðakostnaður (e. *damage cost*). Það er sá kostnaður sem raungerist, bæði beint og óbeint, þegar mengunin er orðin að veruleika (Dickie, 2003). Beinn kostnaður eru til dæmis útgjöld sem fara í að laga búnað eða annað sem veldur menguninni og útgjöld til heilbrigðisþjónustu vegna mengunar. Óbeinn kostnaður væri fórnarkostnaður vegna minni framleiðslu eða framleiðslumöguleika vegna mengunar. Varnarkostnaðaraðferðin gefur mat á greiðsluvilja þar sem hún er byggð á viðbrögðum við ógn.

En skaðakostnaður veitir ekki mat á greiðsluvilja og er þar með ekki raunverulegt mat á velferðaráhrifum skaðans.

Þegar varnarkostnaðaraðferð er beitt þurfa þessi skilyrði að vera fyrir hendi (Brynhildur Davíðsdóttir o.fl., 2013):

1. Fólk verður að gera sér grein fyrir vandanum og geta tekist á við hann.
2. Einhver leið verður að vera fyrir hendi til ráða bót á vandanum.
3. Taka verður inn í dæmið öll áhrif sem varnarhegðun kann að hafa áhrif á velferð, góð og slæm.

Helsti ókosturinn við aðferðina er að fólk gerir sér ekki alltaf grein fyrir vandanum, að minnsta kosti ekki í tæka tíð. Nærtæk dæmi um þetta eru heilsutengd áhrif mengunar sem koma fram á löngum tíma.

1.3.1.4 Staðkvæmdarkostnaðaraðferð

Stundum er hægt að veita sömu þjónustu og náttúran veitir á annan hátt. Kostnaður af því er kallaður staðkvæmdarkostnaður. Staðkvæmdarkostnað má nota sem mælikvarða á verðmæti þjónustu náttúrunnar ef þessi skilyrði eru fyrir hendi (Freeman, 2003):

1. Staðkvæmdin þarf að veita þjónustu í jafnmiklum gæðum og magni.
2. Staðkvæmdin þarf að vera ódýrasti möguleikinn sem völ er á.
3. Notendur þjónustunnar eru reiðubúnir til þess að bera kostnaðinn af henni ef þjónustu náttúrunnar nýtur ekki lengur við.

Helsti veikleikinn við aðferðina er að sjaldan gefst kostur á fullkominni staðkvæmd. Ef staðkvæmdin er ekki jafngóð og þjónustan sem hún tekur við af eru allar líkur á því að náttúrugæðin séu vanmetin (Brynhildur Davíðsdóttir o.fl., 2013). En ef staðkvæmdin veitir notendum þjónustu umfram það sem hún leysir af hólmi getur það leitt til ofmats. Jafnframt er kostnaður fjarri því að vera sami hluturinn og greiðsluvilji og því er innbyggð í aðferðina að hún vanmetur velferð allra fyrir utan þá sem hafa greiðsluvilja sem nemur kostnaðinum nákvæmlega. Þeir sem hafa lægri greiðsluvilja en sem nemur kostnaði vilja ekki bera kostnaðinn af staðkvæmdinni. Kostirnir við aðferðina er að hún er tiltölulega einföld í framkvæmd og byggist iðulega á markaðsverði. Hún hentar vel til þess að meta margvíslega óbeina notkun af þjónustu náttúrunnar eins og hreinsun og miðlun vatns. Hér hefur aðferðinni verið beitt til að meta verðmæti neysluvatns í Heiðmörk (Hildur Erna Sigurðardóttir og Daði Már Kristófersson, 2010).

1.3.1.5 Ánægjuverðsaðferð

Umhverfisgæði sem ekki eru seld á markaði geta haft áhrif á verð annarra vara sem eru seldar á markaði. Gæðin eru þá að nokkru leyti innifalin í vörunni sem keypt er á markaði (Brynhildur Davíðsdóttir o.fl., 2013). Misleitar vörur (e. *heterogeneous goods*) eru vörur sem þjóna sama grunntilgangi, og eru seldar á sama markaði, en búa yfir eiginleikum sem eru breytilegir frá einni vöru til annarrar. Dæmi um misleitar vörur eru bílar, tölvur, gosdrykkir og húsnæði. Breytileiki í eiginleikum varanna leiðir til breytileika í verði þeirra á markaði. Ánægjuverðsaðferð byggist á markaðsviðskiptum með misleitar vörur til að meta undirliggjandi verðmæti hinna ýmsu eiginleika þeirra (Taylor, 2003). Þegar vörur eru nákvæmlega eins að einum eiginleika undanskildum, t.d. eins bílar sem eru miskraftmiklir, afhjúpar verðmunur þeirra hvernig kaupendur meta þennan eiginleika í peningum (Taylor, 2003). Ánægjuverð er því verðmæti sem ákjósanlegur eiginleiki bætir við vöru sem er seld á markaði, eða m.ö.o. jaðarverð. Ánægjuverðsaðferð fellur undir óbeinar aðferðir þar sem eiginleikarnir skýra verð vörunnar að hluta og eru ekki beint verðlagðir sjálfir.

Fasteignamarkaðurinn hentar einna best til þess að meta verð umhverfisgæða með ánægjuverðsaðferð. Margt annað en beinn byggingarkostnaður hefur áhrif á fasteignaverð, t.d. hönnun og skipulag húsnæðis, fjöldi herbergja, fjöldi baðherbergja, stærð lóðar og ekki hvað síst staðsetning. Ýmislegt ræður því hvar fólk vill eiga heima, t.d. skólahverfi, nálægð við vinnustað, nálægð við fjölskyldu, hljóðvist frá samgöngumannvirkjum, loftgæði, nálægð við útivistarsvæði og ástand svæðanna og útsýni og gæði þess. Þannig eru fjölmargir eiginleikar fasteigna hrein og klár umhverfisgæði. Að öllu öðru jöfnu má gera ráð fyrir að fasteign með útsýni sé verðmætari en fasteign án útsýnis og fasteign í grennd við eftirsótt útivistarsvæði sé verðmætari en fasteign sem er annars staðar (Sigurður Jóhannesson, 2003). Erfitt getur reynst að einangra áhrif einstakra eiginleika, sérstaklega þegar markaðurinn er lítill.

Ánægjuverð er metið með því að skoða eftirspurnarferil vöru sem seld er á markaði með aðhvarfslíkani. Verð vörunnar er metið sem fall af öllum eiginleikum hennar. Stuðlar sem fást úr matinu endurspegla ánægjuverð hvers eiginleika fyrir sig. Meta má velferðaráhrif umhverfisgæða með því að draga upp dulinn (e. *latent*) eftirspurnarferil, en svæðið undir ferlinum er þá greiðsluvilji fyrir umhverfisgæðin. Hér er leiðrétt fyrir smekk. Upplýsingar um smekk fólks liggja yfirleitt ekki fyrir, en félagslegir þættir eins og tekjur, aldur og menntun kaupenda kunna að gefa hugmynd um hann.

Megingalli aðferðarinnar er að gögn kunna að vera ónákvæm eða ónóg. Þá vantar oft upplýsingar um allar breytur sem skipta máli. Getur þetta leitt til vandamála við mat á

aðhvarfslíkaninu t.d. vegna marglínuleika og dulinna breytna. Allt þetta getur leitt til bjögunar á velferðarmati. Erfitt getur reynst að einangra áhrif einstakra eiginleika, sérstaklega þegar markaður er lítill. Gögnum um vöruna fylgja ekki endilega tæmandi upplýsingar um alla eiginleika. Jafnframt fylgja þeim sjaldnast upplýsingar um félagslegar aðstæður kaupenda. Ef vel á að vera þarf því oftast að safna gögnum um kaupendur aukalega og reyna að skilgreina alla eiginleika vörunnar og safna gögnum um þá. Taka verður tillit til þess þegar ánægjuverðsaðferð er beitt á umhverfisgæði að hópurinn sem skoðaður er velur sig að nokkru leyti sjálfur, a.m.k. stundum. Það leiðir til ofmats á velferðaráhrifum. Til dæmis er líklegt að fólk sem stundar mikla útivist kaupi fasteignir í grennd við útivistarsvæði. Greiðsluvilji fyrir nálægð við útivistarsvæðið á því fremur við útivistariðkendur en allt þýðið.

Erlendis hefur aðferðin verið mikið notuð til að verðmeta umhverfisgæði. Hér á landi hefur aðferðinni verið beitt á gögn af fasteignamarkaði til að meta verðmæti Reykvíkinga af útsýni til Esjunnar (Sigurður Jóhannesson, 2003). Bentu niðurstöður til þess að útsýni til Esjunnar frá dæmigerðu einbýlishúsi hefði á þeim tíma verið 1 til 3 milljóna króna virði eða sem svaraði 3-10% af fasteignaverði.

1.3.1.6 Þáttateknaaðferð

Með þáttateknaaðferð eru verðmæti umhverfisgæða metin með hliðsjón af framleiðenda- og neytendaábata sem skapast við sölu afleiddra vara á markaði (Freeman, 2003). Er þá um að ræða vörur sem styðjast við umhverfisgæðin einhvers staðar í framleiðsluferlinu. Umhverfisgæðin eru með öðrum orðum aðföng í framleiðslukeðjunni. Aðferðin byggist á kostnaðar- og framleiðsluföllum fyrirtækja og samspili þeirra við eftirspurn á markaði. Velferðarmatið sem hún skilar er neytenda- og framleiðendaábati. Hvers konar stuðnings- og stýriþjónusta náttúrunnar getur verið dæmi um þetta. Spillt loftgæði og jarðvegsmengun hafa t.a.m. áhrif á framleiðslu matvæla og gæði þeirra. Ferskvatn í ám og vötnum er umhverfisgæði sem gefur af sér lax og silung. Ef vatnið spillist á einhvern hátt hefur það bein áhrif á fiskistofna og þar með á framleiðslukostnað og hagnað af sölu á fiski og veiðileyfum (Brynhildur Davíðsdóttir o.fl., 2013).

Þáttateknaaðferð er sérstaklega gagnleg þegar mælanleg breyting verður á umhverfisgæðum en allir aðrir framleiðsluþættir haldast óbreyttir. Megingallinn við aðferðina er hvað það getur verið erfitt að meta áhrif umhverfisgæða á framleiðni og tekjur og þar með hagnað. Ef kortleggja á samhengi umhverfisgæða og framleiðni þarf að koma til samvinna náttúruvísindamanna og annarra fræðimanna (Brynhildur Davíðsdóttir o.fl., 2013). Jafnframt skiptir máli að markaðir geta verið flóknir og afurðir á einum markaði geta haft áhrif á

framleiðslu og kostnað á öðrum mörkuðum. Þá geta breytingar á vörugæðum stuðlað að því að neytendur leiti í staðkvæmdarvörur. Erlendis hafa áhrif votlendis á grunnvatn verið túlkuð með þessari aðferð. Þá hafa áhrif uppeldisstöðva fiska á afurðaverð verið skoðuð. Hérlandis hefur aðferðinni verið beitt á Elliðavatn og Elliðaár til að meta ábata af uppsprettu næringar og uppvaxtar laxa í Elliðavatni fyrir stangveiði í ánni. Á verðlagi ársins 2009 var heildarvirðið talið tæpar 150 milljónir króna (Halla Margrét Jóhannesdóttir, 2010).

1.3.2 Aðferðir yfirlýsts vals

Aðferðir yfirlýsts vals hafa það fram yfir aðferðir afhjúpaðs vals að þær gefa mat á tilvistargildi, erfðagildi og valréttargildi, af því að þessar aðferðir eru ekki takmarkaðar við gögn um hegðun fólks. Aðferðirnar eiga það sameiginlegt að búnar eru til aðstæður sem líkja eftir markaði, oftar en ekki með viðtölum eða spurningakönnun. Spurningar í slíkum könnunum eru byggðar upp þannig að þátttakendur taki afstöðu til ráðstöfunar á tilteknum gæðum.⁷ Hegðun þátttakenda á tilbúnum markaði er nýtt til þess að meta greiðsluvilja þeirra fyrir umhverfisgæði. Greiðsluviljinn tekur til virðis af beinum notum en getur einnig, eftir atvikum, tekið til erfða- valréttar- og tilvistargildis (Brown, 2003). Sumir hafa sett spurningarmerki við getu almennings til að segja satt og rétt frá eigin valröðun en ef vandað er til verka má komast yfir slíkar takmarkanir. Aðstæðurnar sem þátttakendur eru settir í eru vissulega tilbúnar en það er undir rannsakendum komið að setja þær fram á trúverðugan hátt. Óvarlegt væri að afskrifa yfirlýst val sökum þess að slíkar rannsóknir nýti ekki eins áþreifanleg gögn og afhjúpað val. Þá má nefna að afhjúpað val hefur sína galla. Oft tengist markaður þar sem hegðun er mæld ekki náíð þeim markaði sem fjallað er um (Manski, 2000; Hanemann, 1994; Brown, 2003).⁸

1.3.2.1 Skilyrt verðmætamat

Í skilyrtu verðmætamati eru þátttakendum gefnir tveir kostir: Annars vegar óbreytt ástand og hins vegar aðgerð sem kallar á útgjöld.⁹ Sem dæmi um viðfangsefni má nefna hvort virkja á tiltekna á eða ekki, þar sem einungis væri horft á eina útfærslu á virkjun. Hér er framsetning lykilatriði (Carson, 2000; Hanemann, 1994). Helstu upplýsingar verða að liggja fyrir, þar á meðal:

- Hvernig greiða skal fyrir ráðstöfunina (e. *payment vehicle*).

⁷ Því eru þátttakendur beðnir um að raða, velja á milli, gefa einkunn eða festa peningaupphæð við eina eða fleiri ráðstafanir.

⁸ Auk þess standast forsendur aðferða afhjúpaðs vals ekki alltaf þó svo að tenging sé milli markaða.

⁹ Þegar óbreytt ástand er ekki raunhæfur möguleiki þarf að leita annars viðmiðunarástands.

- T.d. með nýjum skatti, hækkun á rafmagnsreikningi, frjálsum framlögum o.s.frv.
- Hvenær og hvernig ný ráðstöfun verður útfærð.
- Hvaða afleiðingar hún hefur.
- Í hverju kostnaðurinn er fólgin og af hverju hann stafar.

Margir falla í þá gildru að spyrja of almennt eða biðja fólk að ímynda sér aðstæður. Könnunin þarf þvert á móti að vera sértæk og taka til raunhæfra aðstæðna, sem búið er að kynna skipulega fyrir þátttakendum áður en þeir taka afstöðu. Ef svo er má túlka svör þeirra eins og val neytenda á hefðbundnum mörkuðum. Mikilvægt er að fjárhæðum, sem þátttakendur taka afstöðu til, sé úthlutað af handahófi. Ef það er gert má leiða út eftirspurnarferil fyrir gæðið/vöruna sem er til skoðunar; rétt eins og fyrir hefðbundnar vörur á markaði (Cameron, 1988; Hanemann og Kanninen, 1999). Skilyrt verðmætatamat er því miklu meira en það að spyrja „heimskulegrar spurningar og velja tölu“ (Hanemann, 1994, bls. 22).

1.3.2.2 Valtíraunir og skilyrt röðun

Í valtilraunum (e. *choice experiments*) og skilyrtri röðun (e. *contingent ranking*) eru þátttakendur beðnir um að gera upp á milli nokkurra útfærslna með ýmsum afbrigðum af eiginleikum (e. *attribute*) gæðanna sem um ræðir. Það sem greinir helst á milli þeirra er að í skilyrtri röðun raða þátttakendur tveimur eða fleiri útfærslum frá hinum bestu til hinna verstu og afhjúpa þannig hlutfallslegan greiðsluvilja sinn. En í augum þátttakenda getur valtilraun litið út eins og síendurtekið skilyrt verðmætatamat þar sem valið er milli tveggja útfærslna eða óbreytts ástands. Heildarútfærslurnar sem eru bornar undir þátttakendur eru valdar úr öllum mögulegum samsetningum eiginleika sem koma til greina. Hver svarandi tekur einungis afstöðu til nokkurra. Það sem greinir þessar aðferðir helst frá skilyrtu verðmætatamati er áherslan á ólík afbrigði. Aðferðir sem byggðar eru á eiginleikum náttúrugæða hafa það fram yfir skilyrt verðmætatamat að með þeim fæst mat á hverjum eiginleika undirliggjandi gæða fyrir sig. Þannig fæst mat á hagrænu virði hvers eiginleika og ljóst verður hvort eða hvernig mismunandi afbrigði vega hvert upp á móti öðru (Ágúst, Kristín og Sigurður, 2019; Holmes og Adamowicz, 2003).

Valtilraun var beitt hér á landi við mat á umhverfiskostnaði af Hólasandslínu 3 (Ágúst, Kristín og Sigurður, 2019). Fyrir lá að ný raflína yrði lögð frá Akureyri að Hólasandi í Þingeyjarsýslu. Markmið rannsóknarinnar var að meta fórnarkostnað af einstökum afbrigðum af eiginleikum framkvæmdarinnar. Hér er raflínan ein heild með þrjá eiginleika (e. *attribute*); það er að segja tengingu um Fnjóskadal, Laxárdal og mótvægisaðgerð. Þessir eiginleikar eru sagðir hafa afbrigði (e. *level*). Í Fnjóskadal kom til greina að setja upp ný möstur við hlið gömlu

byggðarlínunnar eða sameina nýju og gömlu línuna á einu tvíbreiðu mastri. Afbrigði Fnjóskadalslínu eru því tvö; tvær samhliða línur eða eitt tvíbreitt mastur. Í Laxárdal kom til greina að leggja línu yfir dalinn með hámöstrum, hvoru sínum megin við dalinn, eða færa línuna í jarðstreng. Mótvægisaðgerðin fólst í því að taka niður gömlu Laxárlínu 1.¹⁰ Því komu til greina $2^3 = 8$ útfærslur á framkvæmdinni, en auk þess var verðvidd bætt við, til þess að geta metið greiðsluvilja.¹¹ Niðurstöðurnar benda til þess að jarðstrengslögn sé óhagkvæmari en loftlína um Laxárdal. Þá slagar kostnaður við að rífa Laxárlínu 1 og setja upp tvíbreið möstur í Fnjóskadal upp í efri mörk mælds greiðsluvilja fyrir þá eiginleika.

2 Urriðafossvirkjun

2.1 Lýsing á virkjanakostinum Urriðafossvirkjun

Urriðafossvirkjun er neðsti virkjunarkosturinn í Þjórsá í núgildandi rammaáætlun. Virkjunin er í biðflokki. Hún yrði við Heiðartanga rétt ofan við Þjóðveg 1. Í efri hluta Þjórsár eru nú þegar sex vatnsaflsvirkjanir, Búrfellsstöð, Sigöldustöð, Hrauneyjarfossstöð, Sultartangastöð, Vatnsfellstöð og Búðarhálstöð, en uppsett afl er samtals 935 MW (Hugrún Gunnarsdóttir, 2015). Í neðri hluta Þjórsár eru tveir aðrir virkjunarkostir; Hvammsvirkjun sem er í orkunýtingarflokki (Þingskjal 892 89. mál, 2012-2013) og Holtavirkjun sem er í biðflokki í núgildandi rammaáætlun (Þingskjal 1575 244. Mál, 2014-2015).

Útfærslan á Urriðafossvirkjun gerir ráð að Þjórsá verði stífluð við Heiðartanga, rétt ofan við Urriðafoss, með 12 m hárra stíflu í farvegi árinna (Orkustofnun, 2015). Fyrir ofan stífluna myndi þannig myndast tæplega 10 km langt inntakslón, Heiðarlón, sem yrði að miklu leyti í núverandi farvegi árinna (Orkustofnun, 2015). Á vesturbakka árinna yrðu um 7,6 km langir stíflubakkar og ræsissturður meðfram lóninu til að halda því innan árfarvegarins. Á austurbakkanum yrðu stíflugarðar til að vernda votlendi. Þar sem virkjanir ofar í Þjórsá hafa þegar miðlað vatninu er straumur árinna jafn. Því er gert ráð fyrir stöðugu gegnumrennsli og að lónshæð sveiflist lítið (Orkustofnun, 2015). Við botn Heiðarlóns yrðu stjórnhús og spennar ásamt vegi að stjórnhúsi. Fleiri mannvirki yrðu ekki ofanjarðar en jarðstrengur myndi tengja virkjunina við Búrfellslínu 2. Á virkjunarsvæðinu flyti áin yfir hólma og tanga og líktist frekar

¹⁰ Afbrigði Laxárdals eru því loftlína og jarðstrengur, en afbrigði mótvægisaðgerðar eru óbreytt ástand eða taka niður gömlu Laxárlínu 1.

¹¹ Endanlegur fjöldi samsetninga fyrir tilraunina var því $2^3 \cdot 4 = 32$, þar sem notast var við fjórar upphæðir.

stöðuvatni en stórfljóti. Mynd 2 sýnir svæðið eins og það er núna og mynd 3 sýnir hvernig það gæti litið út eftir virkjun.



Heimild: Orkustofnun (2015).

Mynd 2. Horft frá Heiðartanga að fyrirhuguðu stíflustæði.



Heimild: Orkustofnun(2015).

Mynd 3. Horft að , stíflu, inntakslóni og stíflu á vesturbakka.

Stöðvarhúsið sjálft yrði undir yfirborði jarðar undir stjórnhúsi og spennum (Orkustofnun, 2015). Úr inntakslóninu yrði hluta Þjórsár veitt um göng að stöðvarhúsi og þaðan um 3 km löng frárennslisgöng aftur út í farveg árinna um 1,2 km neðan við Urriðafoss (Orkustofnun, 2015). Með virkjun myndi rennsli um árfarveginn í Urriðafoss minnka talsvert. Meðalrennsli í Urriðafossi er í kringum $355 \text{ m}^3/\text{s}$ á ári en með virkjun yrði það að lágmarki $10 \text{ m}^3/\text{sek}$ að vetrarlagi, en að lágmarki $40 \text{ m}^3/\text{s}$ á niðurgöngutíma seiða og $50\text{-}100 \text{ m}^3/\text{s}$ að sumarlagi á göngutíma laxfiska (Orkustofnun, 2015). Á Mynd 4 má sjá hvernig Urriðafoss og nágrenni lítur út úr lofti núna en Mynd 5 sýnir hvernig svæðið gæti litið út eftir virkjun.



Heimild: Orkustofnun (2015).

Mynd 4. Horft að Urriðafossi og upp farveg Þjórsár á fyrirhuguðu virkjunarsvæði.



Heimild: Orkustofnun (2015).

Mynd 5: Horft yfir Heiðarlón og farveg Þjórsár með Urriðafossvirkjun.

Uppsett afl Urriðafossvirkjunar yrði 140 MW og orkugetan um 1.035 GWh/ári (Orkustofnun, 2015). Samanborið við aðrar vatnsaflsvirkjanir er orkuvinnsla í Urriðafossvirkjun hagkvæm ef ekki er litið til umhverfisáhrifa. Virkjunin er í kostnaðarflokk 2 af 7 skv. flokkun Orkustofnunar á meðan flestar vatnsaflsvirkjanir raðast í flokk 4 og 5 (Erla Björk Þorgeirsdóttir o.fl., 2015).

Veigmestu rökin fyrir því að setja Urriðafossvirkjun í biðflokk í öðrum áfanga rammaáætlunar voru óljós áhrif virkjunar á laxfiska í Þjórsá, sem þarfnadist meiri rannsókna (Umhverfis- og auðlindaráðuneyti, 2016). Verkefnisstjórn þriðja áfanga rammaáætlunar setti virkjunina fyrst í nýtingarflokk, í ljósi lágra einkunna faghópa 1 og 2, en eftir sérstaka skoðun (flýtimeðferð) komst hún að þeirri niðurstöðu að ekki hefði verið dregið nægilega úr óvissu um áhrif virkjunarinnar á laxfiska til að unnt væri að færa hana úr biðflokk (Umhverfis- og auðlindaráðuneyti, 2016). Eðlilegra væri að fjallað yrði um óvissuna í mati á umhverfisáhrifum framkvæmdarinnar og við leyfisveitingar (Umhverfis- og auðlindaráðuneyti, 2016). Faghópar 1 og 2 skoðuðu náttúru, menningarminjar, útivist og hlunnindi á áhrifasvæði Urriðafossvirkjunar. Sem fyrr segir gáfu hóparnir Urriðafossvirkjun tiltölulega lága heildareinkunn samanborið við aðra virkjunarkosti, en það má skilja þannig að risk af völdum hennar sé í heildina fremur lítilsvert. En báðir hóparnir vekja athygli á sérstöðu laxastofnsins. Faghópur 1 bendir á að „[h]á áhrifaeinkunn fyrir undirviðfangið „fiskur“ skeri sig mikið úr, og þessi sérstaða endurspeglar ekki í meðaltalinu.“ Bent er á að laxastofninn í ánni hafi „hvað snertir stærð og sérstakar aðlaganir... sérstöðu á heimsvísu.“ Í áliti faghóps 2 segir að Urriðafossvirkjun lendi í næstneðsta sæti, en það gefi „engan veginn rétta mynd af þeim verðmætum sem hér [séu] í húfi með tilliti til íslenska laxastofnsins.“ Af þeim sökum merkir hópurinn þennan kost með rauðu flaggi (Umhverfis- og auðlindaráðuneyti, 2016). Einkunnir faghóps 1 er að finna í töflu 4 og faghóps 2 í töflu 5. Faghópur 1 gaf einkunnir á bilinu 1-20 og faghópur 2 á bilinu 0-10. Heildareinkunnir eru byggðar á meðaltali einstakra atriða á forræði hvors hóps og hjá báðum hópum fá flest atriðin lága einkunn. Á meðan verðmæti lífríkis fiska í Þjórsá er ekki metið í sömu vídd og væntur arður af virkjun er erfitt að segja til um hvort ákjósanlegt er frá sjónarhóli samfélagsins að setja Urriðafoss í nýtingarflokk. Rækilegri umfjöllun um niðurstöður faghópanna má finna í Lokaskýrslu verkefnisstjórnar 3. áfanga verndar- og orkunýtingaráætlunar 2013-2017 (Umhverfis- og auðlindaráðuneyti, 2016) og í gagnasafni rammaáætlunar.¹²

¹² Sjá <http://www.ramma.is/gagnasafn/gagnabrunnur/gagnabrunnur>

Tafla 4. Einkunnir faghóps 1

Viðföng	Vægi í heildar-einkunn	Einkunn
Jarðminjar og vatnafar	25%	9,5
Lífverur	20%	6,6
Vistkerfi og jarðvegur	20%	2,2
Landslag og víðerni	25%	3,6
Menningarminjar	10%	8
	Heildareinkunn	5,8

Heimild: Umhverfis- og auðlindaráðuneyti (2016 bls. 56).

Tafla 5. Einkunnir faghóps 2

Viðföng	Vægi í heildareinkunn	einkunn
Ferðamennska	89,74%	0
Beit	3,85%	3
Veiði	6,41%	10
	Heildareinkunn	0,76

Heimild: Umhverfis- og auðlindaráðuneyti (2016 bls. 117).

Hvorki er að finna friðlönd né friðlýstar náttúrumyndanir á áhrifasvæði Urriðafossvirkjunar, en Urriðafoss nýtur landslagsverndar skv. lögum um náttúruvernd nr. 60/2013. Landslagsvernd miðar að því að ásýnd fossa og nánasta umhverfis þeirra spillist ekki. Urriðafoss er vatnsmesti foss landsins og myndi skert rennsli í farvegi Þjórsár neðan Heiðartanga breyta ásýnd hans svo að um munar. Vatn í Urriðafossi mundi minnka um allt að 97% að vetrarlagi og á bilinu 75-90% að sumarlagi. Áhrifin á vatnsmagn í fossinum eiga að vera að fullu afturkræf. Inntakslón, stífla og önnur mannvirki ofanjarðar hefðu sjónræn áhrif á landslag og myndu sjást frá þjóðvegi 1. Þó yrði víðernum ekki spilt þar sem virkjunin og áhrifasvæði hennar er í byggð. Sökum þessa er talið að virkjun hefði lítil áhrif á ferðmennsku á áhrifasvæðinu. Votlendi og annað gróðurlendi, þ.m.t. tún og beitarlönd, færu undir inntakslón og mannvirki en nýtt ræktarland yrði til með hjálp stíflubakka þar sem áin flæðir nú yfir. Jafnstórt votlendi yrði endurheimt annars staðar á Íslandi til mótvægis. Menningarminjar mundu hverfa sjónum og jafnvel tapast. Þar á meðal er t.d. forn túngarður á vestari bakka Þjórsár við Þjótanda, sem færi undir inntakslón. Talið er að virkjun muni hafi ekki áhrif á grunnvatnsstöðu á svæðinu. Á áhrifasvæði virkjunarinnar er að finna tvær sjaldgæfar mosategundir og fléttur en hvorki eru þar plöntu- né mosategundir á valista. Inntakslón færi yfir eyjar, hólma og áreyrar sem eru varp- og búsvæði

fugla, en talið er að 1.000 mófuglapör yrðu fyrir áhrifum af völdum þess. Jafnframt hefði það áhrif á náttstaði gæsa. Í Þjórsá er einn stærsti laxastofn landsins og hann er erfðafræðilega frábrugðinn öðrum laxastofnum á Íslandi. Þar er einnig að finna fjölbreytt samfélag annarra fisktegunda, eins og staðbundna stofna af bleikju og urriða, sem og stofna sem ganga til sjávar. Um 88% af búsvæðum laxfiska í Þjórsá eru ofan við Urriðafoss. Stífla og skert rennsli neðan stíflu myndi hindra göngu laxfiska upp ána til hrygningar og seiða á leið til sjávar. Inntakslónið myndi gjörbreyta aðstæðum fiska í ánni. Virkjunin gæti haft góð áhrif á staðbundna urriða- og bleikjustofna. Lax þrífst illa í lónum en þau verða oft ákjósanleg búsvæði urriða og bleikju. Fyrirhugaðar mótvægisáðgerðir að erlendri fyrirmynd, og innlendri að hluta til, eru taldar draga úr áhrifum á fiskistofna í Þjórsá, en allri áhættu sem virkjun skapar verður ekki eytt þar sem ekki er full vissa um áhrif mótvægisáðgerðanna fyrirfram. Stefnt er að því að búa til búsvæði fyrir lax ofar í Þjórsá. Gert er ráð fyrir að fiskistiga verði komið fyrir við stífluna til að gera sjógöngustofnum kleift að halda göngum sínum áfram. Seiðafleyta veitir efsta lagi vatnsins úr lóninu, þar sem seiði halda til, fram hjá vélum virkjunar og út í farveg árinna. Jafnframt verða vélarnar af gerð sem ekki á að vera hættuleg fiskum. Með þessu móti er talið að lífslíkur seiða verði á bilinu 90-95%. Á göngutíma laxfiska mundi meira vatn renna eftir farvegi árinna en allajafna. Þrengja gæti þurft árfarveg neðan við stíflu til að viðhalda lífríki þar. Nú er stór hluti af veiði á laxi í Þjórsá í net. Stefnt er að því að kaupa upp alla netaveiði og draga þannig úr veiðiálagi á laxastofninn og fjölga um leið færum á að veiða fisk á stöng í ánni.

2.2 Val á aðferðum

Markaðir sem ná yfir helstu þjónustuþætti náttúrunnar við Urriðafoss eru vandfundnir. Eins má gera sér í hugarlund að fólk meti aðra óáþreifanlega þætti, sem tengja má við svæðið. Því liggur beint við að styðjast við aðferðir yfirlýsts vals. Áætlanir um framkvæmdir við Urriðafoss eru tiltölulega fastmótaðar og því lítið svigrúm til að setja fram margar útfærslur á framkvæmdinni. Það útilokar valtilraunir og skilyrta röðun; sjá töflu 3 hér að ofan. Þar með er skilyrt verðmætamat sú aðferð sem eftir stendur. Samhengi umhverfisgæða og virkjunar er margslungið. Umhverfisáhrif virkjunar á svæðinu eru hagrænt ógæði (e. *economic bad*), því að þau draga úr velferð. Á sama tíma er rafmagn hagrænt gæði; aukinn aðgangur að rafmagni ætti, að öðru óbreyttu, að auka velferð. Kenningin sem lagt er upp með er því að andstæð áhrif togist á í afstöðu fólks til virkjunar. Birtingarmynd þess væri þá hvort haghafar vilja setja virkjunina í verndar- eða orkunýtingarflokk.¹³ Breytinguna í umhverfisgæðinu þarf að nálgast frá þessum

¹³ Þessa sundurgreiningu er líklega ómögulegt að fá fram með upplýsingum um hegðun á öðrum mörkuðum.

tveimur hliðum; enda væri lítið upp úr því að hafa að spyrja mann sem vill virkja Urriðafoss um greiðsluvilja til að koma í veg fyrir virkjunina.¹⁴ Ekki er þar með sagt að þeir sem vilja virkja telji virkjunina ekki hafa áhrif á umhverfið. Því eru verðmæti umhverfisins í augum þeirra, sem myndu raða Urriðafossi í orkunýtingarflokk, nálgðu út frá greiðsluvilja fyrir mótvægisáðgerðir sem kynntar voru hér að ofan. Verðmat þeirra, sem kjósa að setja virkjunarkostinn í verndarflokk, er hins vegar dregið fram með því að kanna hvað þeir vilja borga fyrir að ekki sé virkjað.

2.3 Könnun undirbúin og útfærð

Hagrænt umhverfismat vegna Urriðafossvirkjunar var gert með netkönnun á vegum Maskínu. Undanfarinn áratug eða svo hafa netkannanir á hagrænum umhverfisáhrifum eflst með bættri tækni og fjölgun nettenginga (sjá t.d. Lindhjem og Navrud (2011), Cook, Kristín Eiríksdóttir, Brynhildur Davíðsdóttir og Daði Már Kristófersson (2017), Sigríður Rós Einarsdóttir, Cook og Brynhildur Davíðsdóttir. (2018)). Í gegnum tíðina hefur hagrænt umhverfismat verið gert á margs konar hátt, með póstkönnunum, símakönnunum, persónulegum viðtölum við þátttakendur og blöndu af framangreindum aðferðum (Carson og Hanemann, 2005). Margt mælir með netkönnunum, en hver aðferð hefur sína kosti og galla. Ódýrast er að ná til hvers þátttakanda með netkönnun. Á árinu 2019 gátu 99,1% Íslendinga tengst netinu (Hagstofa Íslands, 2019) og því geta vel útfærðar netkannanir veitt upplýsingar sem endurspegla afstöðu allra landsmanna. Þar er ekki hætt á svör bjagist vegna áhrifa spyrils, eins og komið getur fyrir í viðtölum. Í netkönnun gefst líka færi á betri útskýringum en í símakönnun, m.a. með myndum. Fyrir flókin verðmatsverkefni er stærsti kostur netkannana að þær leyfa að spurningar ráðist af fyrri svörum þátttakenda (e. *branching*) og slembni (e. *randomization*). Þannig má birta sumum þátttakendum aðrar spurningar en aðrir fá (e. *split sampling*). Jafnframt er tryggt að þátttakendur fái spurningar í fyrirhugaðri röð í netkönnun, en það er ekki hægt að gera í póstkönnunum. Þetta getur skipt miklu máli þegar verðmatsaðstæður eru búnar til. Í netpanel Maskínu eru skráðir um 20 þúsund manns, 18 ára og eldri, sem valdir eru með slembiúrtaki úr þjóðskrá, þó þannig að úrtakið endurspegli samfélagið lýðfræðilega. Í samanburði við fjölda Íslendinga 18 ára og eldri verður úrtakið að teljast afar stórt. Stórt úrtak stuðlar að því að heimfæra megi niðurstöður á samfélagið allt.

¹⁴ Sjá Bolye (2003b, bls. 116) fyrir útlistun á nauðsynlegum skrefum við gerð skilyrts verðmætamats.

Netkönnunin var hönnuð með það fyrir augum að hún veitti óbjagað mat á vilja þátttakenda til þess að borga fyrir að koma í veg fyrir umhverfisáhrif af Urriðafossvirkjun. Við hönnun könnunarinnar var í einu og öllu farið eftir stöðlum um bestu vinnubrögð sem fræðasamfélagið hefur komið sér saman um undanfarna þrjá áratugi (sjá t.d. Arrow og félagi (1993), Carson (2000), Carson, Flores og Meade. (2001), Carson og Groves (2007), Kling, Phaneuf og Zhao. (2012) og Haab, Ineris, Petrolia og Whitehead (2012)). Spurningar voru prófaðar með forkönnun (e. *pilot study*) á 100 manns í júní 2020.¹⁵ Í kjölfar forkönnunarinnar bauðst þátttakendum að taka þátt í rýnihópi sem fór fram á netumræðuborði Maskínu. Markmiðið með forkönnuninni var að prófa könnunina í heild, en þó sérstaklega verðmatsaðstæður og fjárhæðir sem voru í boði. Markmiðið með rýnihópnum var margþætt. Í fyrsta lagi átti hann að draga fram galla sem kynnu að vera á könnuninni (raunar leiddi rýnihópurinn ekki í ljós slíka galla). Þátttakendur lögðu mat á hversu erfitt væri að taka þátt í könnuninni og hvort texti hennar væri auðskilinn. Í öðru lagi átti rýnihópurinn að bregða ljósi á það hvort gagn væri að myndrænu efni sem sett var fram og hvort efnið gæfi sanngjarna, óbjagaða mynd af aðstæðum. Í þriðja lagi var beðið um mat þátttakenda á því hvort aðstæður sem lýst var í könnuninni væru trúverðugar. Þátttakendur voru spurðir hvort þeir teldu að áhrifum virkjunar á umhverfið væri rétt lýst og hvort lýsingin væri sett fram á hlutlausan hátt. Þá voru þátttakendur beðnir um að segja til um hvaða áhrif Urriðafossvirkjunar á umhverfið þeir teldu vega þyngst eða væru þeim mikilvægust. Einnig var spurt um viðhorf þátttakenda til virkjana almennt. Í fjórða lagi var reynt að draga fram skoðanir um greiðsluaðferðina og fjárhæðir sem taka átti afstöðu til. Að lokum var spurt hvort menn teldu að niðurstöður könnunarinnar hefðu áhrif á ákvarðanir sem teknar yrðu í rammaáætlun. Þetta var meðal þess sem talið var einna mikilvægast að draga fram. Niðurstöður úr rýnihóp er að finna í netviðauka I.¹⁶ Sumir þátttakendur í rýnihóp sögðust ekki hafa fengið færi á að tjá hug sinn að fullu. Margir voru á móti virkjun við Urriðafoss, en ekki virkjunum almennt, og töldu að koma mætti til móts við raforkuþörf með öðrum hætti. Því var einfaldri valtilraun bætt við könnunina í framhaldi af skilyrtu verðmætamati. Í valtilrauninni mátti velja milli nokkurra virkjunarkosta í ljósi upplýsinga um kostnað (Erla Björk Þorgeirsdóttir o.fl., 2015).

Þátttakendur í endanlegri könnun fengu boð um þátttöku í tölvupósti þar sem fram kom að hún væri liður í verðmætamati á samfélagslega mikilvægum gæðum og þjónustu. Var boðið orðað þannig til að sem flestir tækju þátt í könnuninni. Orðið *Urriðafossvirkjun* kom hvergi

¹⁵ Samið var um að fá a.m.k. 5000 svör. Að endingu voru þau 5401.

¹⁶ Sjá [netviðauka I](#).

fram. Það var gert til að koma í veg fyrir sjálfval af fólki sem ætti beinna hagsmuna að gæta af fyrirhuguðum framkvæmdum. Könnunin var send til um 16.000 manns í október 2020.

Í upphafi könnunarinnar var spurt um viðhorf og smekk þátttakenda í víðum skilningi en eftir því sem spurningum vatt fram var athyglinni beint að virkjunarkostinum. Var þetta gert til þess að draga sem mest úr brottfalli úr könnuninni og til þess að auðvelda þátttakendum að setja sig inn í tiltölulega flóknar aðstæður, skref fyrir skref. Þátttakendur voru spurðir um ferðavenjur sínar á Íslandi og hvort þeir ættu sumarhús á Suðurlandi eða hefðu aðgang að sumarhúsi, og þá hvar. Var þetta gert til að kanna tengsl þeirra við svæðið, sem ekki eru með lögheimili á áhrifasvæði Urriðafossvirkjunar. Í kjölfarið fylgdu spurningar um viðhorf til umhverfismála. Áður en virkjunarkosturinn sjálfur var kynntur var spurt um rafmagnsreikning þátttakenda. Það var gert til að skapa hugrenningartengsl á milli virkjunar og greiðslu fyrir aðgang að rafmagni. Þá var komið að því að kynna rammaáætlun, Urriðafossvirkjun og umhverfisáhrif af henni, ásamt spá um raforkuþörf næsta áratuginn. Stuðst var við raforkuspá sem stjórnvöld standa fyrir (Orkustofnun, 2019). Að lokinni kynningunni voru þátttakendur beðnir um að taka afstöðu til þess hvort Urriðafossvirkjun ætti að fara í verndarflokk eða orkunýtingarflokk í rammaáætlun. Eftir fylgdu spurningar sem tilheyra skilyrtu verðmætamati. Nánar verður fjallað um þær hér á eftir. Þá komu spurningar sem var ætlað að aðgreina mótmælasvör frá svörum sem endurspegla raunverulegan greiðsluvilja. Þátttakendur voru spurðir um veiðivenjur sínar í Þjórsá og að lokum var spurt um lýðfræðilegar breytur, s.s. aldur, kyn, fjölskylduhagi og tekjur.

2.3.1 Skilyrt verðmætamat

Áður en Urriðafossvirkjun var kynnt sem virkjunarkostur var sagt frá rammaáætlun og hlutverk hennar skýrt. Farið var yfir það hvernig virkjunarkostum er raðað í verndarflokk, orkunýtingarflokk eða biðflokk í ljósi ráðgjafar og rannsókna faghópa. Urriðafossvirkjun var lýst, en síðan fylgdu myndir úr myndbandi Landsvirkjunar um virkjunina (Landsvirkjun, 2020). Farið var yfir áhrif sem vænta má að virkjunin hafi á umhverfið og jafnframt fjallað um mótvægisáðgerðir. Lýsing á umhverfisáhrifum var úr rökstuðningi með einkunnagjöf faghópa I og II í lokaskýrslu 3. áfanga rammaáætlunar (Umhverfis- og auðlindaráðuneyti, 2016). Áhrifum sem virkjunin gæti haft á laxfiska var lýst rækilegar en öðrum umhverfisáhrifum, enda koma flestar mótvægisáðgerðir vegna virkjunarinnar til vegna þeirra. Samantekt um mótvægisáðgerðir sem eiga að draga úr áhrifum á fiskistofna var byggð á lokaskýrslu 3. áfanga rammaáætlunar (Umhverfis- og auðlindaráðuneyti, 2016), myndbandi Landsvirkjunar um Urriðafossvirkjun (Landsvirkjun, 2020), skýrslu Orkustofnunar um tilhögun Urriðafossvirkjunar (2015) og umfjöllun um mótvægisáðgerðir og virkni þeirra í

rannsóknarskýrslu Skúla Skúlasonar og Haralds Rafns Ingvasonar um laxfiska í Þjórsá (2013). Lögð var áhersla á það við þátttakendur að óvissa væri um áhrif mótvægisáðgerða, en þær hafa ekki verið reyndar hér á landi áður.¹⁷

Eftir þessa kynningu voru þátttakendur beðnir um að setja Urriðafossvirkjun í orkunýtingarflokk eða verndarflokk í ljósi upplýsinganna sem þeir höfðu fengið. Þeim sem völdu verndarflokk var í framhaldinu sagt að þar sem Urriðafoss væri hagkvæmasti virkjunarkosturinn skv. kostnaðarflokkun myndu aðrir óhagkvæmari kostir, sem kæmu þá í staðinn, leiða til hækkunar á rafmagnsreikningi.¹⁸ Ef ekkert yrði virkjað yrði rafmagnsskorti mætt með hækkun rafmagnsverðs. Þessar staðhæfingar eiga að undirstrika hagrænan kostnað af því að virkja ekki. Í ljósi þessa voru þátttakendur spurðir hvort þeir vildu greiða tiltekna fjárhæð aukalega á mánuði fyrir rafmagnið til frambúðar til þess að Urriðafoss færi í verndarflokk. Þeir sem völdu orkunýtingarflokk voru aftur á móti minntir á að mótvægisáðgerðir gætu mildað umhverfisáhrif virkjunarinnar, en af þeim hlytist kostnaður og því mundi rafmagnsreikningurinn hækka. Þátttakendur voru síðan spurðir hvort þeir vildu greiða vissa fjárhæð til að gripið yrði til ýtrustu mótvægisáðgerða vegna áhrifa virkjunarinnar á umhverfið.

Við horfum til þess að greiðsluvilji (y_i) sé á tilteknu bili sem afmarkast af neðri og efri mörkum (N_i og E_i) þannig að $N_i \leq y_i \leq E_i$. Gengið er út frá að enginn beri skaða af núverandi aðstæðum við Urriðafoss og nágrenni. Af því leiðir að greiðsluvilji fyrir varðveislu umhverfisins á áhrifasvæðinu sé a.m.k. ekki minni en enginn.¹⁹ Með öðrum orðum eru neðri mörk greiðsluvilja núll ($N_i = 0$). Til að þrengja bilið er skilyrt verðmætamat tvær umferðir. Í fyrstu umferð taka þátttakendur afstöðu til verðs, sem valið er af handahófi. Ef þeir hafna fyrsta boði er þeim boðið lægra verð í næstu umferð; aftur valið af handahófi. Ef þeir samþykkja fyrsta boð fylgir boð um hærri verð í næstu umferð; sömuleiðis af handahófi. Þessi boð afmarka enn frekar bilið sem greiðsluviljinn getur verið á. Nánar tiltekið eru líkur á að svör þátttakenda liggi innan hvers bils sem hér segir:

$$P(JJ) = P(t_2 \leq y_i \leq \infty) \quad (1)$$

$$P(JN) = P(t_1 \leq y_i \leq t_2) \quad (2)$$

¹⁷ Lýsingu á virkjunarkostinum Urriðafossvirkjun er að finna í netkönnuninni í [Netviðauka II](#)

¹⁸ Hér er rafmagnsreikningurinn greiðslumiðillinn. Sjá kafla 1.3.2.1. hér að ofan og Ágúst, Kristín og Sigurður (2019).

¹⁹ Neikvæður greiðsluvilji myndi endurspegla að núverandi ástand skaðaði á einhvern hátt velferð þátttakenda samanborið við hvernig ástand umhverfisins yrði eftir virkjun á svæðinu. Í velferðarhagfræði er slíkt kallað ónytjar (e. *disutility*).

$$P(NJ) = P(t_2 \leq y_i \leq t_1) \quad (3)$$

$$P(NN) = P(0 \leq y_i \leq t_2) \quad (4)$$

þar sem: y_i er undirliggjandi greiðsluvilji (e. WTP), t_1 er fyrsta boð, t_2 er annað boð, JJ er (já, já) svar, JN er (já, nei) svar, NJ er (nei, já) svar, NN er (nei, nei) svar.

2.3.2 Valtíraun

Einfaldri valtilraun var bætt við skilyrt verðmætamat eftir ábendingar frá rýnihópi. Með henni gætu þátttakendur lýst afstöðu sinni til annarra virkjunarkosta. Þannig gefst einnig tækifæri til að nálgast greiðsluvilja fyrir Urriðafoss út frá öðru sjónarhorni. Þátttakendur fengu stutta kynningu á almennum unhverfisáhrifum af vatnsafls-, jarðvarma- og vindorkuvirkjunum. Samantektin var byggð á lokaskýrslu 3. áfanga rammaáætlunar (Umhverfis- og auðlindaráðuneyti, 2016). Hagkvæmni þessara almennu kosta var borin saman við Urriðafossvirkjun í ljósi kostnaðarflokka Orkustofnunar (Erla Björk Þorgeirsdóttir o.fl., 2015; Hagstofa Íslands, 2020a, Hagstofa Íslands, 2020b; eigin útreikningar). Þegar haft væri í huga að stærsti raforkuframleiðandi landsins væri í eigu hins opinbera yrði ríkissjóður af arðgreiðslum ef dýrari virkjanakostur yrði tekinn fram yfir Urriðafoss. Þá yrði minna fé eftir fyrir samneyslu. Þá var sá kostur nefndur að segja upp samningi um rafmagnssölu til stóriðju, en þá þyrfti ekki að bæta við nýrri virkjun. En sá galli væri á gjöf Njarðar að uppsögnin gerði orkufyrirtæki bótaskýlt gagnvart samningsaðilanum.²⁰ Ekki var boðin önnur vatnsaflsvirkjun í stað Urriðafoss. Hér fer dæmi um aðstæður sem þátttakendur þurftu að taka afstöðu til:

Ef valið stæði á milli Urriðafossvirkjunar og annarra óhagkvæmari virkjunarkosta með sambærilegar einkunnir í mati faghópa og sömu framleiðslugetu eða þess að segja upp stóriðjusamningum, hvað myndir þú helst kjósa?

-Upphæðir eru kostnaður umfram kostnaðarflokk 2.

- a) Vindorkuver – x milljarðar
- b) Jarðvarmavirkjun – y milljarðar
- c) Uppsögn stóriðjusamnings – z milljarðar
- d) Urriðafossvirkjun
- e) Veit ekki/Vil ekki svara

²⁰ Greiðslumiðlunin hér er því samneyslan.

Samsetningar sem koma til greina í valtilrauninni eru byggðar á því að vindorkuver sé í kostnaðarflokki 4, jarðvarmavirkjanir í kostnaðarflokkum 3 eða 4 og að uppsögn stóriðjusamnings sé jafn dýr og virkjun í flokkum 3 til 5.²¹

3 Niðurstöður úr netkönnun

3.1 Afstaða til verndar eða orkunýtingar

Skiptar skoðanir voru um hvort setja ætti Urriðafossi í orkunýtingarflokk eða verndarflokk. Alls vildu 41,5% setja Urriðafoss í orkunýtingarflokk en tæp 36% töldu hann eiga heima í verndarflokki. Tæp 23% tóku ekki afstöðu eða vildu ekki svara.

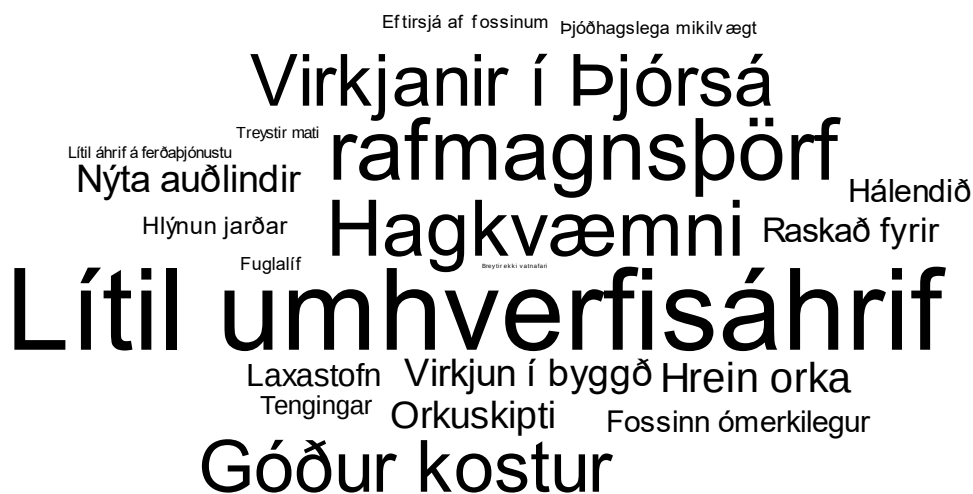
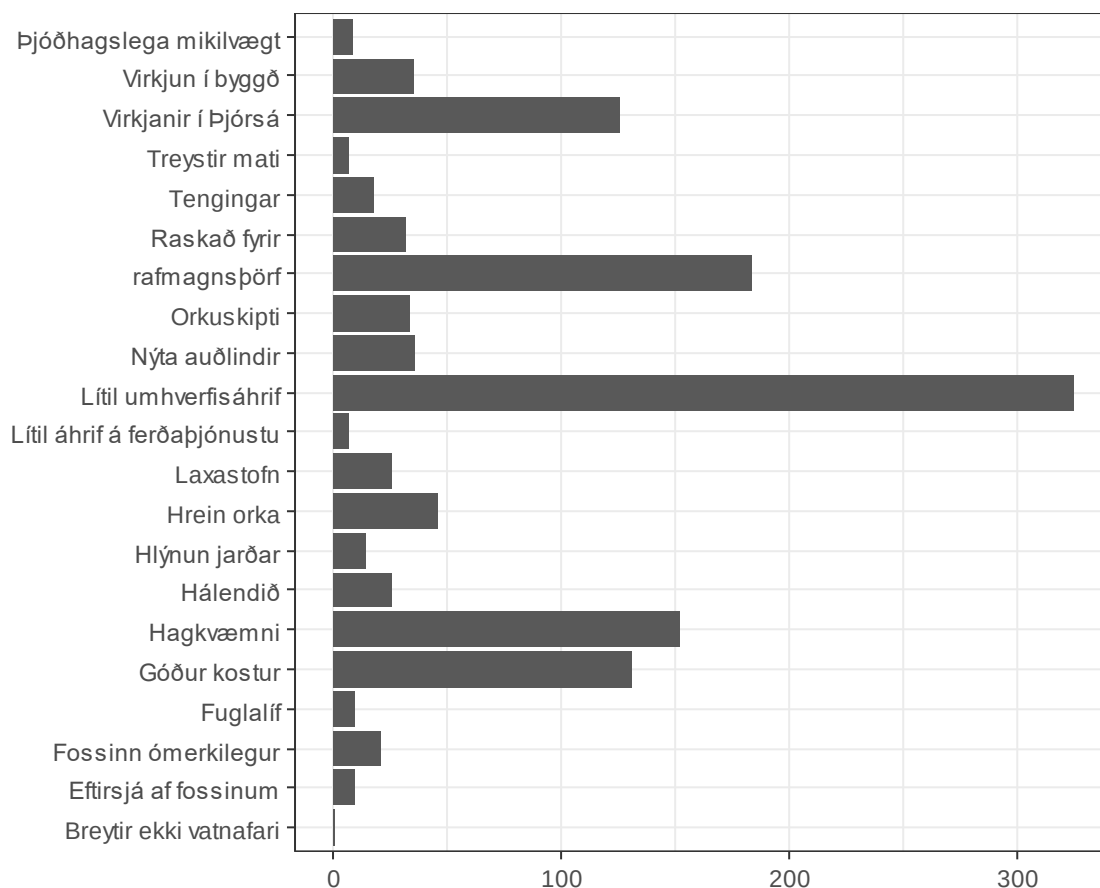
Tafla 6. Afstaða til verndunar eða orkunýtingar

Svarmöguleiki	Hlutfall (%)
Verndarflokk	35,7
Orkunýtingarflokk	41,5
Veit ekki	17,7
Vil ekki svara	5,2

Í framhaldinu voru þeir sem völdu verndar- eða orkunýtingarflokk spurðir þeir hvers vegna þeir hefðu sett Urriðafossvirkjun í þann flokk sem þeir völdu. Þeir sem settu Urriðafoss í orkunýtingarflokk nefndu helst þetta:²²

²¹ Flestar jarðvarmavirkjanir eru í flokkum 3 eða 4 (Erla Björk Þorgeirsdóttir o.fl., 2015 bls. 43). Þau vindorkuver sem eru til skoðunar eru í flokki 4 (Erla Björk Þorgeirsdóttir o.fl., 2015 bls. 44).

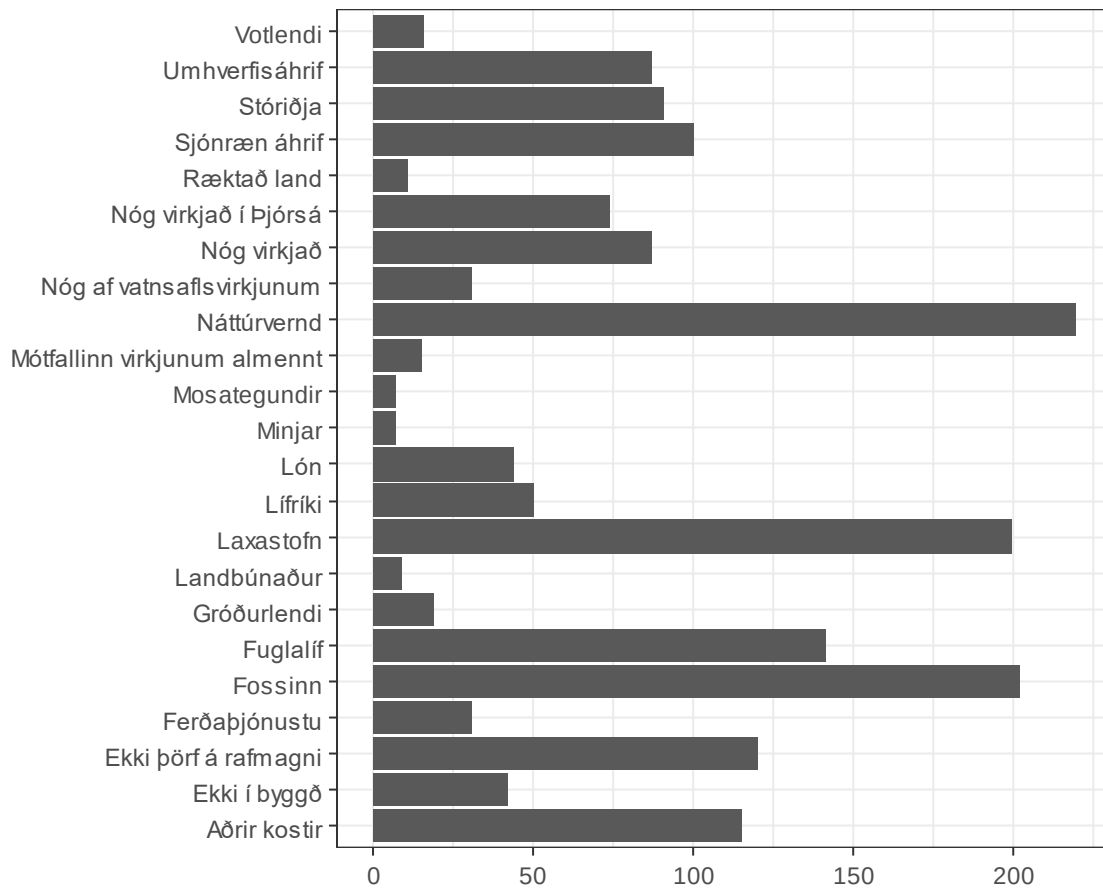
²² Ath. að um opna spurningu var að ræða.



Mynd 6. Hvers vegna raðar þú Urriðafossi í orkunýtingarflokk?

Rúm 3% þeirra sem settu Urriðafossvirkjun í orkunýtingarflokk kváðust hafa áhyggjur af áhrifum hennar á laxastofninn og fuglalíf.

Helstu ástæður þess að þátttakendur völdu verndarflokk voru sem hér segir:



Nóg virkjað
 Sjónræn áhrif Aðrir kostir
 Ferðapjónustu Laxastofn
 Ræktað land Lón Mosategundir
 Landbúnaður Náttúrvernd
 Ekki þörf á rafmagni Lífríki
 Stóriðja Fossinn Fuglalíf
 Umhverfisáhrif Gróðurlendi
 Nóg virkjað í Þjórsá Ekki í byggð
 Mótfallinn virkjunum almennt
 Nóg af vatnsaflsvirkjunum

Mynd 7. Hvers vegna raðar þú Urriðafossi í verndarflokk?

Nánari sundurliðun á viðhorfum fá finna í viðauka III.

3.2 Mat á greiðsluvilja

3.2.1 Skilyrt verðmætamat

Greiðsluvilji þeirra sem taka þátt í að greiða rafmagnsreikning heimilisins eða sjá fram á að greiða fyrir rafmagnsnotkun á næstu 5 til 10 árum er reiknaður á grunni svara þeirra í skilyrtu verðmætamati.²³ Alls svöruðu 2.473 skilyrtu verðmætamati. Af þeim telst 31 ekki hafa greiðsluvilja (0 kr.)²⁴ en 312 eru taldir ýkja greiðsluvilja sinn.²⁵ Þessi svör rata því ekki inn í matið, en ýktu svörin eru þó talin með í hlutfalli þeirra sem teljast hafa greiðsluvilja fyrir umhverfisgæðum sem tengja má við Urriðafoss, en alls eru 99% þátttakenda í þeim hópi. Miðað

²³ Sjá spurning 9 og 10 í [netviðauka II](#).

²⁴ Eru almennt mótfallin(n) framkvæmdum eða hafna öllum greiðslum og segja að lægra verð hefði ekki breytt afstöðu þeirra.

²⁵ Samþykkja allar greiðslur og segja herra verð myndi ekki breyta afstöðu þeirra.

við nýjasta yfirlit Þjóðskrár Íslands (á.á.) voru 143.899 íbúðir í landinu árið 2019. Því má herma niðurstöðurnar upp á 142.095 rafmagnsreikninga.²⁶

Svör þátttakenda úr skilyrtu verðmætamati eru metin með aðhvarfslíkani á bilum (e. *interval regression*).²⁷ Stikamat líkansins má finna í viðauka II.²⁸ Niðurstöðurnar eru sýndar fyrir þrjá afvöxtunarstuðla (4-, 5- og 6%), sjá töflu 12. Miðað er við að mánaðargreiðslurnar séu innheimtar allan líftíma virkjunarinnar. Taflan sýnir greiðsluviljann sem eingreiðslu. Hún er nálgðuð með eilífðargreiðslum (e. *perpetuity*). Sú aðferð er valin þar sem óvíst er hvort eða hvernig öll áhrif virkjunarinnar ganga til baka – þó svo að áhrif á rennsli í virkjuninni eigi að vera að fullu afturkræf. Ef við miðum við 6% afvöxtunarstuðul er núvirtur greiðsluvilji vegna umhverfisáhrifa virkjunarinnar tæpir 33 milljarðar króna.²⁹ Það má túlka sem svo að samfélagið sé reiðubúið til þess að láta þessa fjárhæð af hendi til að draga úr umhverfisáhrifum af völdum virkjunarinnar eða koma í veg þau. Þessar niðurstöður eru háðar óvissu; eins og allt mat. Eins og sjá má í töflunni spanna vikið um 55 milljarða. Núvirtur greiðsluvilji fyrir ýmis afvöxtunarstig má sjá á mynd 8 hér að neðan.

Tafla 7. Núvirtur greiðsluvilji fyrir mismunandi ávöxtun

Afvöxtun	Núvirtur greiðsluvilji	Staðal-skekkja	Neðri vikið	Efri vikið
4%	48,99	0,06	22,70	105,76
5%	39,20	0,05	18,16	84,61
6%	32,66	0,04	15,13	70,50

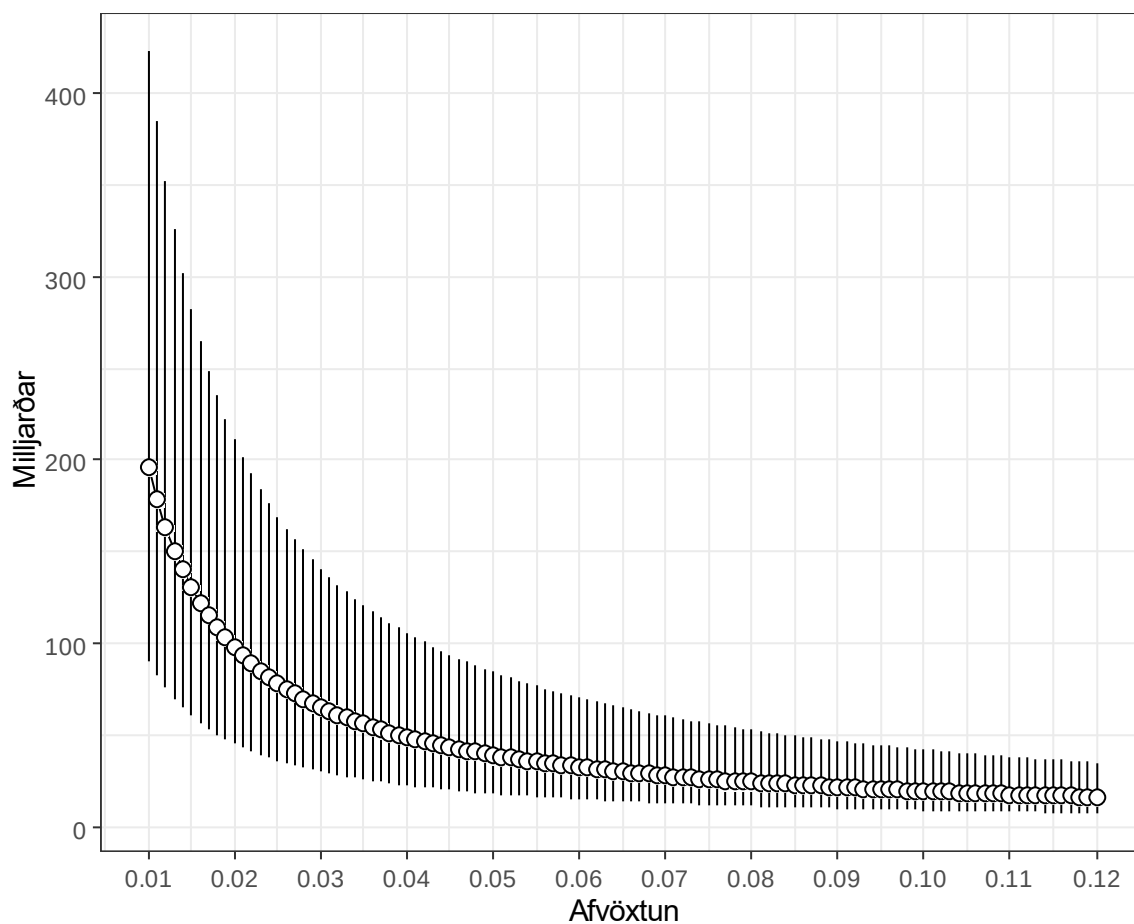
Fjárhæðirnar eru í milljörðum króna á verðlagi 2020. Miðað er við 95% vikið.

²⁶ Mikil óvissa er um þróun fasteignamarkaðsins, búsetuform yngri kynslóðarinnar og fólksfjölgun. Gögn fyrir undanfarna áratugi veita ekki endilega áreiðanlega spá.

²⁷ Raunar er háða breytan metin með lografærslu (e. *log transformation*).

²⁸ Ath. háða breytan er metin á logakvarða.

²⁹ 6% afvöxtun er sú raunávöxtun sem sögulega hefur verið krafist fyrir raforkuframkvæmdir á Bretlandseyjum og Ástralíu og komu fram í skýrslu um arðsemi Landsvirkjunar (Ásgeir Jónsson og Sigurður Jóhannesson, 2012) og notuð hefur verið í núvirðingu á vatnsréttindum hér á landi. Sjá t.d. Sigurður Jóhannesson (2017).



Mynd 8. Núvirtur greiðsluvilji úr skilyrtu verðmætamati - eftir afvöxtunarstuðli

3.2.2 Valtíraun

Svör við valtilrauninni sýna annað sjónarhorn á virði umhverfisáhrifa. Spurt var hvort menn tækju dýrari virkjunarkosti fram yfir Urriðafossvirkjun. Svörin má sjá hér að neðan.

Tafla 8. Hlutfallsleg svörun í valtilraun

	Verndarflokkur	Orkunýtingarflokkur	Alls
Vindorka	30,4%	12,6%	20,2%
Jarðvarmi	19,8%	6,4%	12,2%
Stóriðjúsamningur	47,3%	9,4%	25,6%
Urriðafoss	2,5%	71,6%	42,0%
Heildarfjöldi	1.080	1.442	2.522

Eins og við mátti búast er bersýnilegur munur á afstöðu þeirra sem setja Urriðafossvirkjun í verndarflokk og orkunýtingarflokk. En reyndar myndu tæp 30% þeirra sem setja Urriðafoss í

orkunýtingarflokk heldur kjósa aðrar og dýrari leiðir til að mæta þörf fyrir rafmagn sem spáð hefur verið – sjá töflu 13.

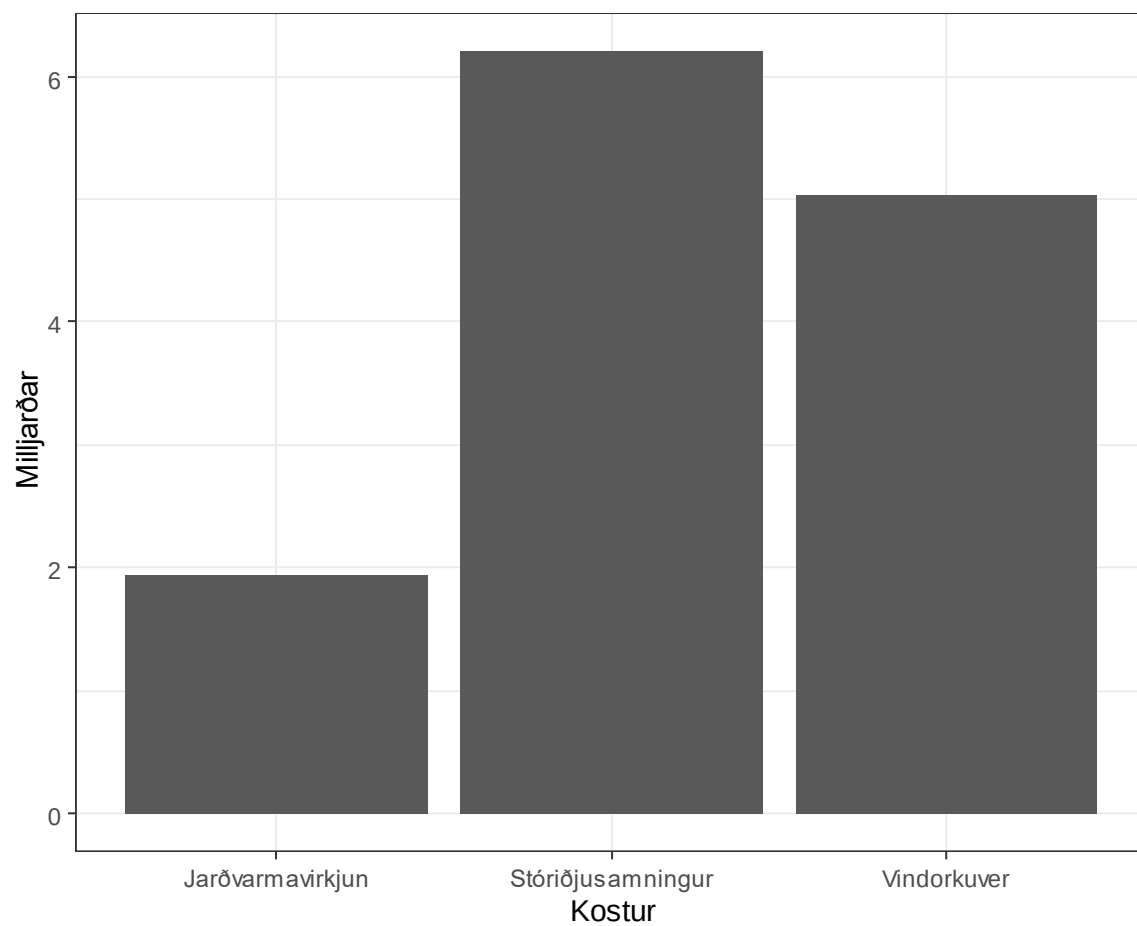
Tafla 9. Svör í valtilraun eftir kostnaði sem nefndur var umfram Urriðafossvirkjun

	0 krónur.	10 milljarðar kr.	25 milljarðar kr.	46 milljarðar kr.	Heildarfjöldi
Vindorka			509		509
Jarðvarmi		187	120		307
Stóriðjúsamningur		256	230	160	646
Urriðafoss	1.060				1.060
Heildarfjöldi	1.080	443	859	160	2.522

Mat á greiðsluvilja fyrir að orku verði aflað annars staðar fæst með því að skoða hve mikinn umframkostnað þátttakendur vilja að meðaltali leggja á sig. Þar sem um skerðingu á samneyslu er að ræða eru niðurstöðurnar ekki reiknaðar upp líkt og í skilyrtu verðmætamati.

Meðalgreiðsluvilja fyrir aðra kosti en Urriðafoss má sjá á mynd 9. Vegið meðaltal skerðingar á samneyslu sem þátttakendur sætta sig við ef leitað er annarra úrræða er 13,8 milljarðar.³⁰

³⁰ Í tilrauninni eru fjárhæðirnar settar fram í eingreiðsluformi á föstu verðlagi. Því þarf ekki að núvirða.



Mynd 9. Greiðsluvilji úr valtilraun

4 Áhrif Urriðafossvirkjunar á hagstærðir

Í þessum kafla eru áhrif Urriðafossvirkjunar á hagstærðir áætluð. Áhrifin eru til komin vegna aukinnar innlendrar fjárfestingar og aukins innflutnings á framkvæmdatíma virkjunarinnar, sem leiðir af sér aukna eftirspurn eftir innlendum og innfluttum vörum og þjónustu. Stuðst er við forsendur um eftirspurnaraukningu og áhrifin hermd í kviku almennu jafnvægislíkani, svokölluðu DSGE-líkani, sem er hentugt til þess að herma áhrif tímabundinna ytri breytinga á innlendar hagstærðir, eins og t.d. verga landsframleiðslu, verðbólgu og vexti.

Fyrst er gerð grein fyrir líkaninu, síðan er fjallað um forsendur hermunarinnar og að lokum eru niðurstöður hennar kynntar.

4.1 Líkan

Líkanið samanstendur af heimilum, fyrirtækjum og seðlabanka. Heimilin láta í té vinnu, þau fá laun fyrir vinnuna, kaupa innlendar og erlendar (innfluttar) vörur og þjónustu, og spara með því að byggja upp fjármagnsstofn (fjármuni) og með því að kaupa erlend skuldabréf. Fyrirtæki framleiða vörur og þjónustu til sölu á innlendum og erlendum mörkuðum (útflutningur) og nota til þess vinnuafli og fjármuni, sem þau leigja af heimilum. Seðlabanki ákveður innlent vaxtastig að teknu tilliti til þróunar helstu þjóðahagsstærða.

4.2 Forsendur

Heildarkostnaður vegna virkunarinnar er áætlaður 46,6 milljarðar íslenskra króna á verðlagi í janúar 2020, eða 48,3 milljarðar á verðlagi í janúar 2021.³¹ Tafla 15 hér á eftir sýnir dreifingu kostnaðarins á undirbúningstíma og framkvæmdarárin fimm auk skiptingar í innlendan kostnað (kaup á innlendum vörum og þjónustu) og erlendan (kaup á innfluttum vörum og þjónustu):

Tafla 15. Kostnaður vegna Urriðafossvirkjunar³²			
<i>Milljarðar íslenskra króna á verðlagi í janúar 2021</i>			
	Innlendur	Erlendur	Samtals
Undirbúningstími	4,3	0,0	4,3
Framkvæmdatími ár 1	1,7	0,8	2,5
Framkvæmdatími ár 2	4,0	1,2	5,2
Framkvæmdatími ár 3	6,8	3,2	10,0
Framkvæmdatími ár 4	9,2	6,3	15,5
Framkvæmdatími ár 5	5,6	5,1	10,8
Samtals	31,7	16,6	48,3

³¹ Vísitala byggingarkostnaðar hækkaði úr 147,2 í 152,6 frá janúar 2020 til janúar 2021.

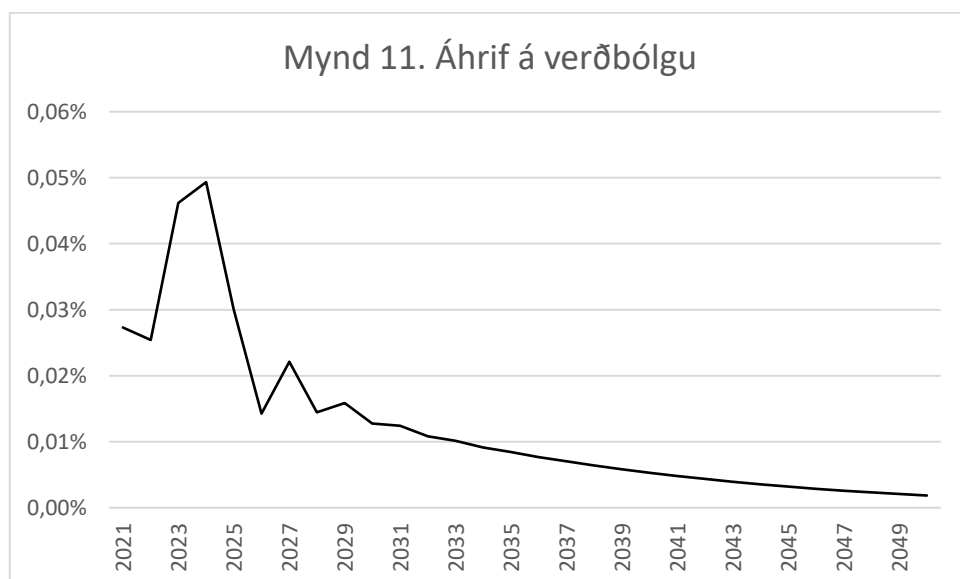
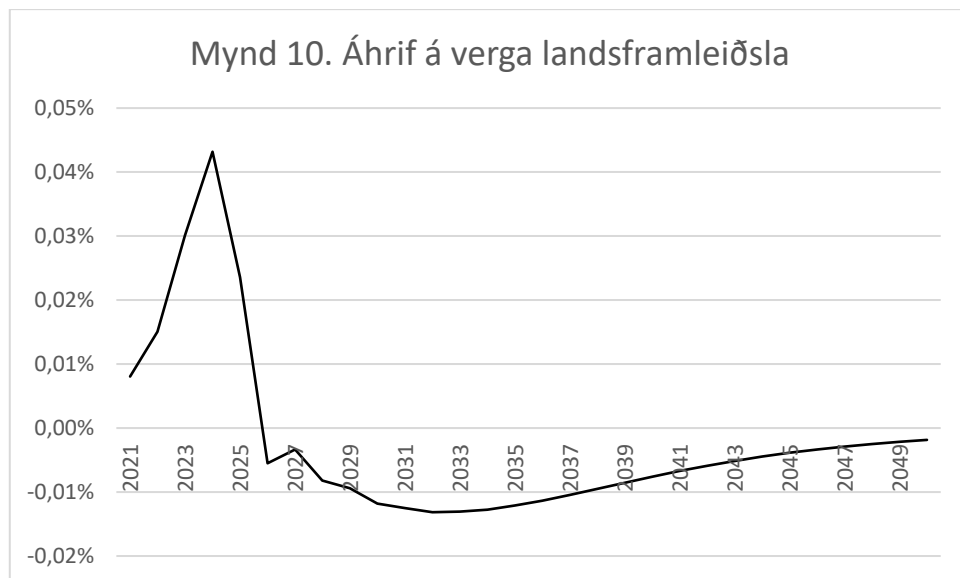
³² Lauslega byggt á Minnisblaði Ólafar Rósar Káradóttur, 2020, Urriðafossvirkjun – verktakakostnaður – dreifing, útg. Landsvirkjun, 2.1. 2020.

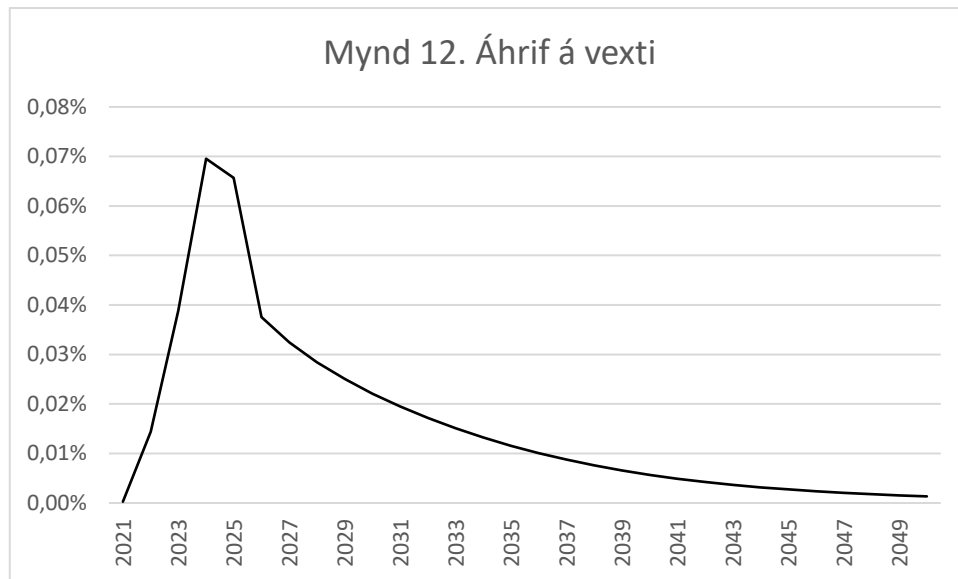
Til samanburðar má nefna að árið 2020 var verg landsframleiðsla tæplega 3.000 milljarðar og innflutningur rúmlega 1.000 milljarðar. Þessar tölur sýna að umfang framkvæmdanna er mjög lítið í samanburði við þjóðhagsstærðir.

4.3 Hermun

Myndir 10-12 sýna hermd áhrif framkvæmdarinnar á verga landsframleiðslu, verðbólgu og vexti. Í hermuninni er miðað við að framkvæmdirnar standi yfir árin 2021-2025, en kostnaður á undirbúningstíma framkvæmdarinnar er ekki tekinn með í hermuninni.

Tölurnar á myndunum má túlka sem hlutfallsleg áhrif framkvæmdarinnar á þjóðhagsstærðir. T.d. leiða framkvæmdirnar til þess að verg landsframleiðsla verður 0,04% meiri árið 2024 en hún hefði orðið ef framkvæmdanna nyti ekki við, verðbólga 0,05% meiri og vextir tæplega 0,07% hærri.





4.4 Lítil áhrif á hagstærðir

Ljóst er af niðurstöðum hermunarinnar að áhrif framkvæmdanna á þjóðhagsstærðir yrðu mjög lítil. Hafa skal í huga að í hermununum er ekki tekið tillit til óvissu, sem er bæði til komin vegna þeirra forsendna sem hermunin byggir á og vegna líkansins sem notað er. Væri tekið tillit til óvissunar, er erfitt að ímynda sér að framkvæmdirnar hefðu tölfræðilega marktæk áhrif á þjóðhagsstærðir.

Heimildaskrá

Arrow, K., Solow, R., Portney, P. R., Leamar, E. E., Radner, R., Schuman og Schuman, H. (1993). *Report of the NOAA panel on contingent valuation*. Sótt 30. september 2020 af https://www.researchgate.net/publication/235737401_Report_of_the_NOAA_panel_on_Contingent_Valuation.

Ágúst Arnórsson, Kristín Eiríksdóttir og Sigurður Jóhannesson. (2019). *Mat á umhverfiskostnaði af Hólasandslínu 3*, skýrsla nr. C19:04. Reykjavík: Hagfræðistofnun Háskóla Íslands. Sótt 23. nóvember af http://www.ioes.hi.is/sites/hhi.hi.is/files/sjz/holasandskyrsla_endanleg_30102019.pdf.

Boardman, A. E., Greenberg, D. H., Vining, A. R og Weimer, D. L. (2006). *Cost-benefit analysis: Concepts and practice* (3. útg.). Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Prentice Hall.

Boyle, K. J. (2003a). Introduction to revealed preference methods. Í P. A. Champ, K. J. Boyle og T. C. Brown (ritstj.), *A primer on nonmarket valuation* (bls. 259-267). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Boyle, K. J. (2003b). Contingent valuation in practice. Í P. A. Champ, K. J. Boyle og T. C. Brown (ritstj.), *A primer on nonmarket valuation* (bls. 111-162). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Brown, T. C. (2003). Introduction to stated preference methods. Í P. A. Champ, K. J. Boyle og T. C. Brown (ritstj.), *A primer on nonmarket valuation* (bls. 99-110). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Brynhildur Davíðsdóttir, Daði Már Kristófersson og Sigurður Jóhannesson. (2013). *Hagrænt mat á náttúrugæðum og umhverfisáhrifum*. Reykjavík: Háskóli Íslands. Sótt 22. okt. 2020 af <https://www.ramma.is/media/beinleid/Hagraent-mat-a-natturugaedum-final.pdf>.

Buason, A., Eiríksdóttir, K., Kristófersson, D. og Rickertsen, K. (2020). Frequency and time in recreational demand. *Journal of Environmental Economics and Policy*. <https://doi.org/10.1080/21606544.2020.1738963>.

Cameron, T. A. (1988). A new paradigm for valuing non-market goods using referendum data: maximum likelihood estimation by censored logistic regression. *Journal of environmental economics and management*, 15(3), 355-379.

- Carson, R. T., Mitchell, R. C., Hanemann, W. M., Kopp, R. J., Presser, S., & Ruud, P. A. (1992). *A contingent valuation study of lost passive use values resulting from the Exxon Valdez oil spill* (No. 6984). University Library of Munich, Germany.
- Carson, R. T. (2000). Contingent valuation: a user's guide. *Environmental Science and Technology*, 34(8), 1413-1418. <https://doi.org/10.1021/es990728j>.
- Carson, R. T., Flores, N. E., og Meade, N. F. (2001). Contingent valuation: controversies and evidence. *Environmental and Resource Economics*, 19(2), 173-210. <https://doi.org/10.1023/A:1011128332243>.
- Carson, R. T., og Hanemann, W. M. (2005). Contingent valuation. Í K-G Mäler og J. R. Vincent (ritstj.), *Handbook of environmental economics – valuing environmental change* vol. 2 (bls. 821-936). Amsterdam, Holland: Elsevier.
- Carson, R. T., og Groves, T. (2007). Incentive and informational properties of preference questions. *Environmental and Resource Economics*, 37, 181-210. <https://doi.org/10.1007/s10640-007-9124-5>.
- Cook, D., Eiríksdóttir, K., Davíðsdóttir, B. og Kristófersson, D. M. (2017). The contingent valuation study of Heiðmörk, Iceland – Willingness to pay for its preservation. *Journal of Environmental Management*, 209(1), 126-138. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.12.045>.
- Daði Már Kristófersson, Gunnar Haraldsson, Sveinn Agnarsson og Kristín Eiríksdóttir. (2008). *Áhrif stóriðjuframkvæmda á íslenskt efnahagslíf*, skýrsla nr. C08:10. Reykjavík: Hagfræðistofnun Háskóla Íslands. Sótt 22. október 2020 af http://www.ioes.hi.is/sites/hhi.hi.is/files/sjz/c08_10_ahrif_storidjuframkvaemda_a_islenskt_efnahagslif.pdf.
- Dickie, M. (2003). Defensive behavior and damage cost methods. Í P. A. Champ, K. J. Boyle og T. C. Brown (ritstj.), *A primer on nonmarket valuation* (bls. 395-444). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Einarsdóttir, S. R., Cook, D. og Davíðsdóttir, B. (2018). The contingent valuation study of wind farm Búrfellslundur – Willingness to pay for preservation. *Journal of Cleaner Production*, 209, 795-802. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.156>.
- Erla Björk Þorgeirsdóttir, Kristinn Einarsson, Skúli Thoroddsen, Linda Georgsdóttir, Jónas Ketilsson og María Guðmundsdóttir. (2015). *Virkjunarkostir til umfjöllunar í 3. áfanga rammaáætlunar. Uppfærð útgáfa af skýrslu OS-2015/02*. Reykjavík: Orkustofnun. Sótt 23. júní 2020 af <https://orkustofnun.is/gogn/Skyrslur/OS-2015/OS-2015-04-Skyrsla.pdf>.

Flores, N. E. (2003). Conceptual framework for nonmarket valuation. Í P. A. Champ, K. J. Boyle og T. C. Brown (ritstj.), *A primer on nonmarket valuation* (bls. 27-58). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Freeman, A. M. (2003). *The measurement of environmental and resource values: Theory and methods* (2. útg.). Washington, D. C.: Resources for the Future.

Haab, T. C., Interis, M. G., Petrolia, D. R. Og Whitehead, J. C. (2013). From hopeless to curious? Thoughts on Hausman's „Dubious to hopeless“ critique of contingent valuation. *Applied Economic Perspective and Policy*, 35(4), 593-612. <https://doi.org/10.1093/aepp/ppt029>.

Haab, T. C. og McConnell, K. E. (2002). Valuing environmental and natural resources: The econometrics of non-market valuation. Cheltenham, UK: Edward Elgar.

Hagstofa Íslands. (2019). *Tölvu- og netnotkun Íslendinga 2002-2019*. Sótt 28. september 2020 af <http://hagstofa.is>

Hagstofa Íslands. (2020a). *Byggingarvísitala, tímaraðir á eldri grunnum*. Sótt 3. júlí 2020 af <http://hagstofa.is>

Hagstofa Íslands. (2020b). *Vísitala neysluverðs og breytingar, grunnur 1988=100*. Sótt 3. júlí 2020 af <http://hagstofa.is>

Hanemann, W. M. (1994). Valuing the environment through contingent valuation. *Journal of economic perspectives*, 8(4), 19-43.

Hanemann, M., & Kanninen, B. (2001). 11 The Statistical Analysis of Discrete-Response CV Data¹⁴⁷. In *Valuing environmental preferences: theory and practice of the contingent valuation method in the US, EU, and developing countries* (Vol. 302). Oxford University Press on Demand.

Halla Margrét Jóhannesdóttir. (2010). Economic valuation of ecosystem services: The case of lake Elliðavatn and lake Vífilsstaðavatn. Í Daði Már Kristófersson (ritstj.), *Rannsóknir í félagsvísindum XI*. Reykjavík: Félagsvísindastofnun Háskóla Íslands. Sótt 25. nóvember 2020 af https://skemman.is/bitstream/1946/6760/3/48-56_HallaMargretJohannes_HAGbok.pdf.

Hildur Erna Sigurðardóttir og Daði Már Kristófersson. (2010). Verðmætatamat á neysluvatnsauðlindinni í Heiðmörk. Í Daði Már Kristófersson (ritstj.), *Rannsóknir í félagsvísindum XI*. Reykjavík: Félagsvísindastofnun Háskóla Íslands. Sótt 25. nóvember 2020 af https://skemman.is/bitstream/1946/6731/1/63-72_HildurErnaSigurdardottir_HAGbok.pdf.

Holmes, T. P., og Adamowicz, W. L. (2003). Attribute-based methods. Í P. A. Champ, K. J. Boyle og T. C. Brown (ritstj.), *A primer on nonmarket valuation* (bls. 171-219). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Hugrún Gunnarsdóttir. (2015). *Virkjanir og veitur á Þjórsár- og Tungnaárvæði. Framkvæmdasaga 1965 til 2015*. Reykjavík: Landsvirkjun. Sótt 15. júní 2020 af <http://gogn.lv.is/files/2016/2016-003.pdf>.

Kling, C. L., Phaneuf, D. J., og Zhao, J. (2012). From Exxon to BP: has some number become better than no number? *Journal of Economic Perspective*, 26(4), 3-26. <https://doi.org/10.1257/jep.26.4.3>.

Kristófersson, D. M. og Navrud, S. (2007). Can use and non-use values be transferred across countries? Í S. Navrud og R. Ready (ritstj.), *Environmental value transfer: Values and methods* (bls. 201-225). Dordrecht: Springer.

Landsvirkjun. (2020). Urriðafoss. Sótt 1. október 2020 af <https://www.landsvirkjun.is/Rannsoknirogethroun/Virkjunarkostir/Urridafoss/>.

Lindhjem, H. og Navrud, S. (2011). Are internet survey an alternative to face to face interviews in contingent valuation? *Ecological Economics*, 70(9), 1628-1637. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2011.04.002>.

Marschak, J. (1960). Binary choice constraints on random utility indications. Í K. Arrow (ritstj.), *Stanford Symposium on Mathematical Methods in Social Sciences* (bls. 312-329). Stanford, CA: Stanford University Press.

Manski, C. F. (2000). Economic analysis of Social Interactions. *Journal of Economic Perspectives* 14(3), 462-473.

McFadden, D. (1974). Conditional logit analysis of qualitative choice behavior. Í P. Zarembka (ritstj.), *Frontiers in Econometrics* (bls. 105-143). New York, NY: Academic Press.

Millenium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and human well-being: A framwork for assessment*. Washington D.C.: Island Press.

Navrud, S. (2004). Value transfer and environmental policy. Í T. Tietenberg og H. Folmer (ritstj.), *The international yearbook of environmental and resource economics 2004/2005. A survey of Current Issues* (bls. 189-217). Cheltenham, UK og Northampton, MA: Edward Elgar Publishing.

OECD. (1993). *OECD environmental performance reviews: Iceland 1993*. Paris: OECD Publishing. Sótt 25. okt. 2020 af <http://www.oecd.org/environment/country-reviews/2378124.pdf>.

OECD. (2001). *OECD environmental performance reviews: Iceland 2001*. Paris: OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264189454-en>.

OECD. (2014). *OECD environmental performance reviews: Iceland 2014*. Paris: OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264214200-en>.

OECD. (2019). *OECD Economic Surveys Iceland 2019*. Paris: OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/c362e536-en>.

Orkustofnun. (2015). R3131 Urriðafossvirkjun. Viðauki 26 af 92 við skýrslu Orkustofnunar OS-2015/04. Virkjunarkostir til umfjöllunar í 3. áfanga rammaáætlunar. Sótt 16. júní 2020 af <https://orkustofnun.is/gogn/Skyrslur/OS-2015/OS-2015-04-Vidauki-26.pdf>.

Orkustofnun. (2019). Raforkuspá 2019-2050. Endurreikningur á spá frá 2015 út frá nýjum gögnum og breyttum forsendum. Sótt 1. október af <https://orkustofnun.is/gogn/Skyrslur/OS-2019/OS-2019-13.pdf>.

Parsons, G. R. ((2003). The travel cost model. Í P. A. Champ, K. J. Boyle og T. C. Brown (ritstj.), *A primer on nonmarket valuation* (bls. 269-329). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Sartori, D., Catalano, G., Genco, M., Pancotti, E. S., Vignetti, S. og Del Bo, C. (2014). *Guide to cost-benefit analysis of investment projects. Economic appraisal tool for Cohesion policy 2014-2020*. Belgium: European Commission, Directorate-General for Regional and Urban Policy. Sótt 22. okt. 2020 af https://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docgener/studies/pdf/cba_guide.pdf.

Sigurður Jóhannesson. (2003). Er landslag einhvers virði? *Vísbinding*, 21(46), bls. 3-4. Sótt 29. nóvember 2020 af <https://timarit.is/page/3144056#page/n2/mode/2up>.

Skúli Skúlason og Haraldur Rafn Ingvason. (2013). Evaluation of available research on salmonids in the river Þjórsá in S-Iceland and proposed countermeasures and mitigation efforts in relation to three proposed hydroelectric power plants in the lower part of the river. Sótt 11. janúar 2020 af http://www.ramma.is/media/gogn/Report_Thjorsa_SSk_HRI_11okt2013.pdf.

Taylor, L. O. (2003). The hedonic method. Í P. A. Champ, K. J. Boyle og T. C. Brown (ritstj.), *A primer on nonmarket valuation* (bls. 331-393). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

TEEB - The Economics of Ecosystems and Biodiversity. (2011). *TEEB manual for cities: Ecosystems in Urban management*. www.teebweb.org.

Train, K. E. (2009). *Discrete choice methods with simulation* (2. útg.). New York, NY: Cambridge University Press.

Umhverfis- og auðlindaráðuneyti. (2016). *Lokaskýrsla verkefnisstjórnar 3. áfanga verndar- og orkunýtingaráætlunar 2013-2017*. Ritstj.: Stefán Gíslason. Sótt 15. júní 2020 af <http://www.ramma.is/media/verkefnisstjorn-gogn/RA3-Lokaskýrsla-160826.pdf>.

Varian, H. R. (1992). *Microeconomic analysis* (3. útg.). New York, New York: W. W. Norton.

Willig, R. D. (1976). Consumer's surplus without apology. *The American Economic Review*, 66(4), 589-597. Sótt 4. desember 2020 af <http://www.jstor.org/stable/1806699>.

Þingskjal 892. (2012-2013). Þingsályktun um áætlun um vernd og orkunýtingu landsvæða, nr. 13/141. Sótt 15. júní 2020 af <https://www.althingi.is/altext/141/s/0892.html>.

Þingskjal 1575. (2014-2015). Þingsályktun um breytingu á þingsályktun um áætlun um vernd og orkunýtingu landsvæða, nr. 13/141. Sótt 15. júní 2020 af <https://www.althingi.is/altext/144/s/1575.html>.

Þjóðskrá Íslands. (á.á.). Fjöldi íbúða. Sótt 20. desember 2020 af <https://skra.is/thjonusta/gogn/talnaefni/fjoldi-ibuda/>

Ásgeir Jónsson og Sigurður Jóhannesson. (2012). *Arðsemi Landsvirkjunar af rafmagnssölu til stóriðju 1966–2010* (Skýrsla nr. r12:01). Reykjavík: Hagfræðistofnun Háskóla Íslands

Sigurður Jóhannesson. (2017). *Líklegar tekjur af vatnsréttindum vegna Hvalárvirkjunar* (Minnisblað). Reykjavík: Hagfræðistofnun Háskóla Íslands.

Viðauki 1 – Greiðsluvilji og bótavilji

Þegar ráðstöfun gæða sem ekki eru seld á markaði breytist hefur það áhrif á velferð samfélagsins. Greiðsluvilji og bótavilji eru mælikvarðar á velferðarbreytinguna sem fylgir breyttri ráðstöfun. Munurinn á þeim felst í eignarréttinum á upphaflegri ráðstöfun gæða. Greiðsluvilji (e. WTP) og bótavilji (e. WTA) eru metnir með því að finna svokallaða Hicks efndabót (e. *Hicksian compensating variation*) eða Hicks jafngildisbót (e. *Hicksian equivalent variation*). Efndabót og jafngildisbót eru í raun og veru neytendaáhati sérhvers neytanda sem afmarkast af Hicks-eftirspurnarfalli þeirra. Hicks-eftirspurnarföll eru frábrugðin hinum hefðbundnu Marshall eftirspurnarföllum á þann veg að þau eru skilyrt á nytjar, þ.e. þau sýna eftirspurn eftir tilteknum gæðum við sérhverju verði að gefnu föstu notagildi en ekki að gefnum föstum tekjum eins og Marshall-eftirspurnarföllin. Nytjar eru raðrækin (e. *ordinal*) mælikvarði á smekk (e. *preferences*) neytanda, þ.e. hvernig neytandinn velur á milli aðstæðna þannig að hag hans sé best borgið. Nytjaföll endurspegla minnkandi jaðarnytjar neyslu, þ.e. þegar ákveðnu neyslustigi hefur verið náð fer hver viðbótar eining af vörunni að veita notandanum minni nytjar en einingin á undan. Lögun nytjafalla endurspeglar hvernig neytandi er reiðubúinn til að skipta á neyslu á einni vöru fyrir aðra. Formlega er nytjafall, U , fyrir sérhvern neytanda skilgreint á eftirfarandi hátt:

$$U = U(x, y)$$

Þar sem x stendur fyrir neyslu á tilteknum umhverfisgæðum og y neysluvektor allra annarra vara³³. Neysla takmarkast af tekjum, I , neytandans og verði, p_x , á umhverfisgæðunum og verðum á öllum öðrum vörum, p_y ³⁴. Til að hafa það sem best, eða hámarka velferð sína, er gert ráð fyrir því að neytandinn standi frammi fyrir þeim vanda að hámarka nytjar sínar með tilliti til neyslu að gefnu tekjubandinu:

$$\max_{x,y} U(x, y)$$

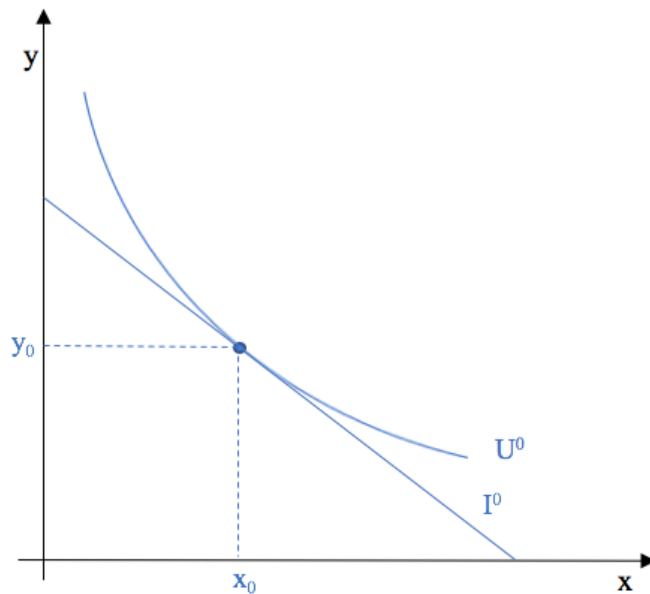
$$s. t. I \geq p_x x + p_y y$$

Þar sem halli tekjubandsins er $-\frac{p_x}{p_y}$. Myndræna lausn á hámarksnotkunarmáli neytandans má sjá á mynd ... þar sem jafnnytjaferillinn U_0 myndar snertil við tekjuband, I_0 , neytandans. Á jafnnytjaferli veita allir punktarnir neytandum sömu nytin. Í snertlinum kemst neytandinn á

³³ Hér er öllum öðrum vörum steipt saman til að leggja áherslu á umhverfisgæðin en myndræn framsetning getur bara náð til tveggja vara.

³⁴ Neytandinn getur ekki aukið neyslu sína með lántöku.

hæsta jafnnytjaferilinn að gefnum tekjum sínum sem setja neytandanum skorður um að komast á hærri feril.

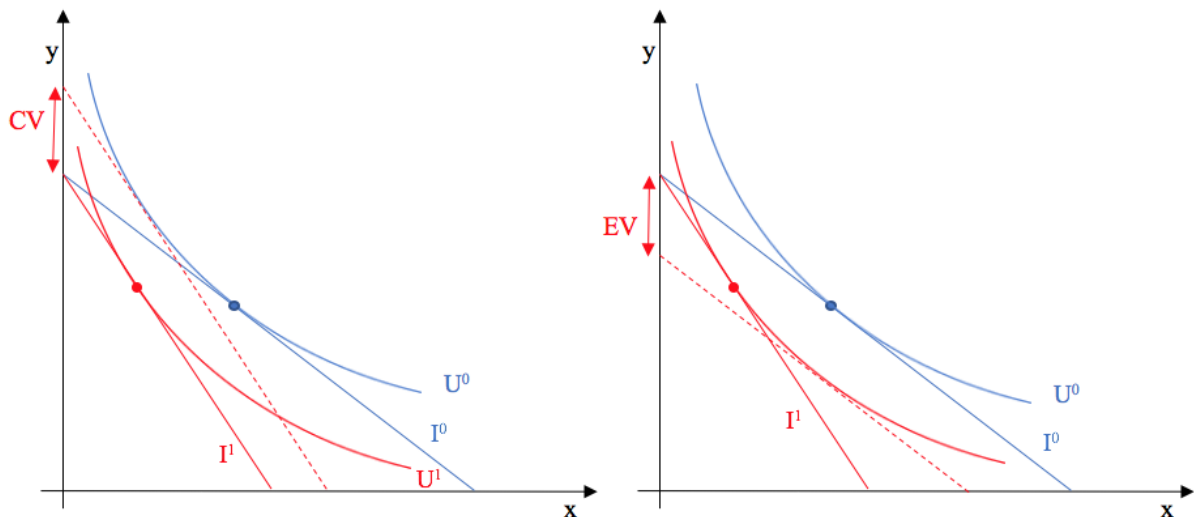


Viðaukar - Mynd 1. Jafnnytjaferill og tekjuband

Með því að breyta verðinu á umhverfisgæðunum er hægt að leiða út jafngildisbót (e. EV) og efndabót (e. CV) fyrir þeim eins og sjá má á mynd 2. Vinstri helmingur myndarinnar sýnir útleiðslu á efndabót (e. CV) þegar verðið á umhverfisgæðum er hækkað og hægri helmingurinn sýnir jafngildisbót (e. EV) fyrir sömu aðstæður³⁵. Þegar verð á umhverfisgæðum, p_x , hækkar þá snýst tekjubandið úr I_0 í I_1 og brattinn á því eykst. Afleiðingarnar fyrir neytandann eru þær að eftir verðhækkun nær hann ekki jafn háum jafnnytjaferli og áður og færist hann því niður á lægri jafnnytjaferil, U_1 , sem myndar snertil við nýtt tekjuband I_1 . Við þetta breytist neyslusamsetning neytandans en nákvæmlega hvernig veltur á lögun jafnnytjaferilsins, hér eykur neytandinn við neyslu á öllum öðrum vörum á sama tíma og hann dregur úr neyslu á umhverfisgæðunum. Efndabót (CV) er peningalegur mælikvarði á það hversu mikið tekjur neytandans þyrftu að hækka að lágmarki til að gera hann jafn vel settan og áður en verðið á umhverfisgæðunum hækkaði, þ.e. hversu mikla uppbót á tekjum þyrfti hann að fá til að ná sama jafnnytjaferli, U_0 , og áður. Myndrænt er efndabót (CV) munurinn á nýja tekjubandinu, I_1 , og hliðruðum snertli þess við gamla jafnnytjaferilinn, U_0 . Jafngildisbót (EV) er peningalegur mælikvarði á það hversu mikið væri hægt að lækka tekjur neytandans að hámarki til að gera hann jafn vel settan og eftir að verðið á umhverfisgæðunum hækkaði, þ.e. hversu mikið hann

³⁵ Hér má einnig hugsa sér að gæði umhverfisgæðanna séu að minnka en verð þeirra haldist óbreytt og því sé um raunhækkun verðs að ræða.

væri tilbúinn til að borga til að hann næði sama jafnnytjaferli, U_1 , og eftir verðhækkun. Myndrænt er jafngildisbót (EV) munurinn á nýja tekjubandinu, I_1 , og hliðruðum snertli þess við nýja jafnnytjaferilinn, U_1 .



Viðaukar - Mynd 2. Efndabót og jafngildisbót

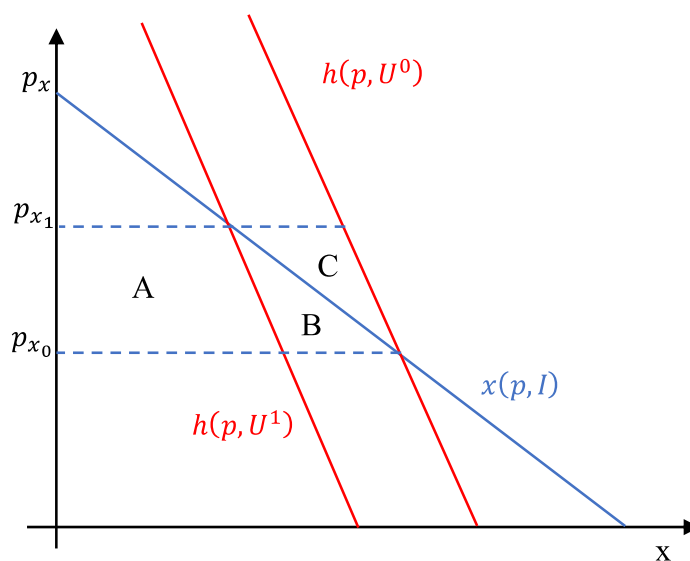
Út frá mynd ... má leiða út tvo Hicks eftirspurnarferla, einn fyrir aðstæðurnar þar sem neytandanum er haldið að á upphaflega jafnnytjaferlinum, $h(p, U^0)$, og annan fyrir aðstæðurnar þar sem neytandinn færir á lægri jafnnytjaferil, $h(p, U^1)$, sjá mynd Myndin sýnir líka Marshall eftirspurnarferil fyrir umhverfisgæðunum, $x(p, I)$, sem sker Hicks eftirspurnarferlana sem eru brattari. Í gegnum sérhvern punkt á Marshall eftirspurnarfalli liggur brattari³⁶ Hicks eftirspurnarferill. Jafngildisbót (EV) er fundin með því að heilda $h(p, U^1)$ með tilliti til verðs á bilinu p_{x_0} til p_{x_1} , á myndinni er það svæðið A. Efndabót (CV) er fundin með því að heilda $h(p, U^0)$ með tilliti til verðs á bilinu p_{x_0} til p_{x_1} , á myndinni er það svæðið A+B+C. Breyting á neytendaáþata (ΔCS) er fundinn með því að heilda Marshall eftirspurnarfallið með tilliti til verðs á bilinu p_{x_0} til p_{x_1} , á myndinni er það svæðið A+B. Þar sem um hækkun á verði er að ræða endurspeglar allir mælikvarðnir tap á velferð fyrir neytandann. Eins og myndin sýnir gildir eftirfarandi þegar verð á umhverfisgæðunum hækkar:

$$CV > \Delta CS > EV^{37}$$

³⁶ Gildir fyrir venjulegar vörur (e. *normal goods*). Fyrir óæðri vörur (e. *inferior goods*) eru Hicks eftirspurnarferlarnir flatari en Marshall eftirspurnarferlarnir.

³⁷ Þegar verðlækkun á sér stað snúast ójafnaðarmerkin við.

Því er augljóst að efndabót og jafngildisbót mynda efri og neðri mörk á undirliggjandi verðmæti velferðarbreytingar. Willig (1976) sýndi fram á að mörkin velta á tekjuteygni eftirspurnar og því hversu mikil verðbreytingin er. Efndabót og jafngildisbót eru nákvæmari mælikvarðar en neytendaáhati þar sem nytjum er haldið föstum. Fyrir vörur sem eru seldar á markaði er vandmálið við efndabót og jafngildisbót hins vegar það að Hicks eftirspurnarferlar eru ekki sýnilegir, heldur eingöngu Marshall eftirspurnarferlar. Með aðferð Willig má reikna sig á milli stærða þar sem mörkin eru þekkt. Í þeim tilfellum sem tekjuáhrif verðbreytinga eru hverfandi er breyting í neytendaáhatta fullnægjandi nálgun á verðmæti velferðarbreytingar.



Viðaukar - Myndir 1. Hicks og Marshall eftirspurnarferlar

Sambærilega, fyrir verðlækkun á umhverfisgæðunum fylgir einnig jafngildisbót (EV) og efndabót (CV). Því er ljóst að fyrir hvert gæði eru fjórir mælikvarðar á verðmæti velferðarbreytingarinnar. Dagsdaglega eru efndabót og jafngildisbót kallaðar greiðsluvilji (WTP) og bótavilji (WTA). Greiðsluvilji (WTP) á við um aðstæður þar sem eintaklingur er reiðubúinn til að greiða fyrir að koma í veg fyrir að ákveðin ráðstöfun eigi sér stað eða að greiða fyrir að ákveðin ráðstöfun nái fram að ganga (IV). Bótavilji (WTA) á við um aðstæður þar sem maður er reiðubúinn að þiggja bætur til að setta sig við að verða af ráðstöfun sem hann hafði áður (III) eða að þiggja bætur til að verða af því að ný ráðstöfun eigi sér stað (II). Hvaða mælikvarði er viðeigandi mat á velferðarbreytingu fer eftir aðstæðum hverju sinni sem oftast en ekki skýrast af eignarrétti. Sterk rök hníga þó að því að nota greiðsluvilja (WTP) tengdan jafngildisbót (EV) þegar hægt er. Er þetta ekki síst vegna þess að greiðsluviljinn (WTP) er metinn út frá núverandi verðlagi en ekki verðlagi í breyttu ástandi sem er erfiðara að leggja mat á. Er

Þetta sérstaklega mikilvægt þegar verið er að bera saman verkefni sem hafa mismunandi áhrif á velferð því þannig er tryggt að þau hafi öll sama núllpúntinn (e. *status quo*) sem hægt er að bera þau saman út frá (Varian, 1992). Auk þess er því oft farið þannig þegar hið opinbera stefnir á framkvæmdir er eignarrétturinn þeirra og því í nýju ástandi í þessu samhengi.

Viðaukar - Tafla 1. Greiðsluvilji og bótavilji

Mælikvarði á verðmæti	Verðhækkun	Verðlækkun
EV – eignarréttur í nýju ástandi (U^1, p_{x_0})	WTP til að koma í veg fyrir (I)	WTA til að verða af (II)
CV – eignarréttur í núverandi ástandi (U^0, p_{x_1})	WTA til að sætta sig við (III)	WTP til að ná fram (IV)

Heimild: Flores (2003).

Viðauki II Niðurstöður aðhvarfslíkans

Varðandi túlkun. Háða breytan er log umbreytt s.s. verðin. Vigtað með hliðsjón af aldri, kyni og búsetu

Samkvæmt líkaninu er meðal greiðsluvilji eru konur að jafnaði með hærri greiðsluvilja en karlar, að öðru óbreyttu. Yngra fólk hefur hærri greiðsluvilja í samanburði við þá sem eldri eru, ceteris paribus. Afstaða til miðhálendisþjóðgarðs virðist skýra greiðsluvilja að hluta en það á einnig við um menntun og stöðu á vinnumarkaði. Þeim sem þykir viðeigandi að greiða fyrir verndun eða mótvægisáðgerðir gegnum rafmagnsreikninginn hafa tölfræðilega marktækt hærri greiðsluvilja en þeim sem þykir það ekki eiga við. Munurinn á milli þeirra sem hafa veitt í ánni og þeirra sem hafa ekki viðhafið slíka iðju er ekki tölfræðilega frábrugðinn.

Viðaukar - Tafla 2. Stuðlar úr aðhvarfslíkani

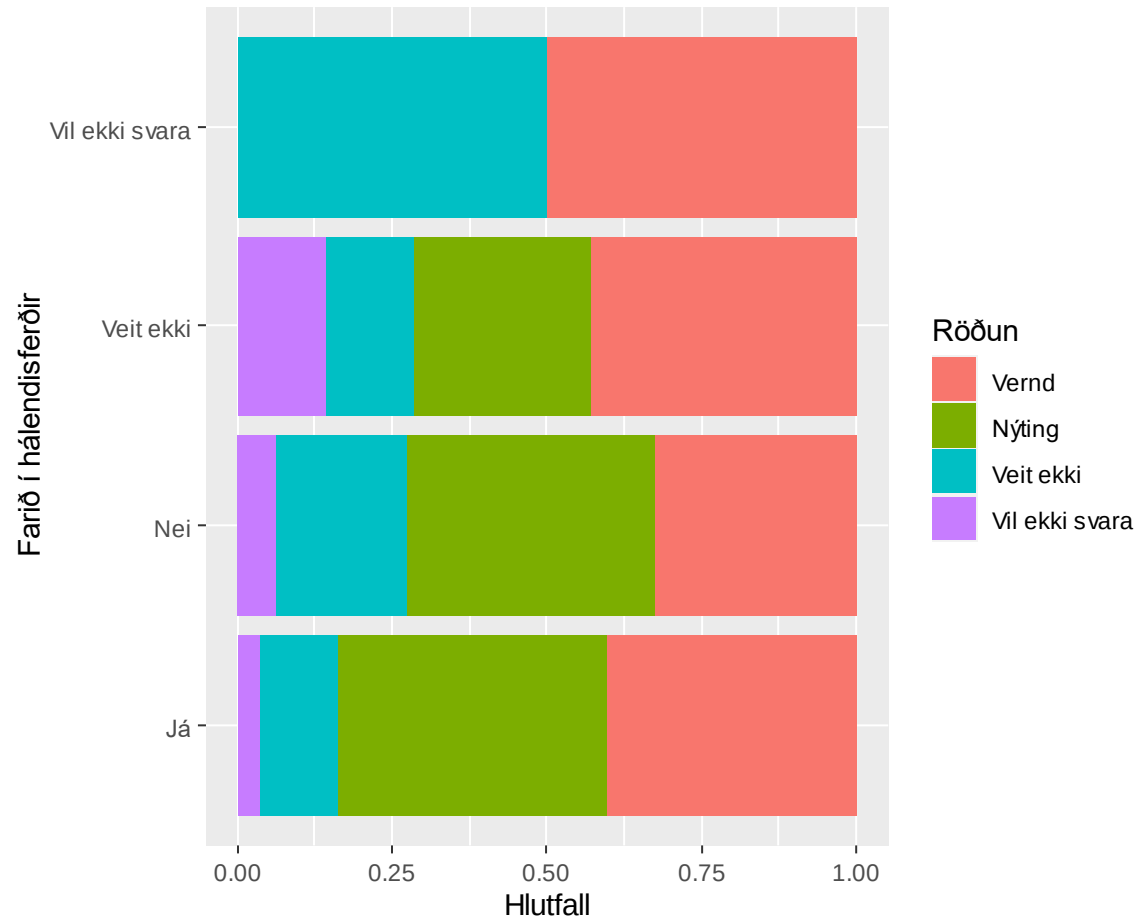
Breytur	Stuðull	Staðalskekkja	P-gildi	Spurning
Röðun				Sp. 24
<i>Orkunýtingarflokkur</i>	Grunnur			
<i>Verndarflokkur</i>	1,39	0,18	0,00	
<i>Kyn</i>				Kyn
<i>Karlar</i>	Grunnur			
<i>Konur</i>	0,51	0,17	0,00	
Aldur				aldur5old
<i>Yngri en 25 ára</i>	Grunnur			
<i>25-34 ára</i>	-2,00	0,61	0,00	
<i>35-44 ára</i>	-1,94	0,57	0,00	
<i>45-54 ára</i>	-2,09	0,57	0,00	
<i>55 ára og eldri</i>	-2,00	0,57	0,00	
Tekjur				tekjur6
<i>Lægri en 400 þúsund</i>	Grunnur			
<i>400 til 549 þúsund</i>	0,61	0,38	0,10	
<i>550 til 799 þúsund</i>	0,47	0,42	0,26	
<i>800 til 999 þúsund</i>	0,55	0,46	0,24	
<i>Milljón til 1.199 þúsund</i>	0,46	0,51	0,37	
<i>1.200 þúsund eða hærri</i>	0,76	0,52	0,14	
Miðhálendisþjóðgarður				Sp. 8
<i>Mjög hlynnt(ur)</i>	Grunnur			
<i>Fremur hlynnt(ur)</i>	-0,03	0,23	0,89	
<i>Í meðallagi</i>	-0,52	0,23	0,03	

<i>Fremur andvíg(ur)</i>	-0,46	0,27	0,08	
<i>Mjög andvíg(ur)</i>	-1,02	0,26	0,00	
<i>Veit ekki</i>	0,07	0,33	0,83	
<i>Vil ekki svara</i>	-1,74	1,20	0,15	
Hjúskaparstaða				hjuskapur3
<i>Gift/Kvæntur/Í sambúð</i>	Grunnur			
<i>Einhleyp(ur)</i>	-0,01	0,31	0,99	
<i>Fráskilin(n)/Ekkja/Ekkill</i>	-0,21	0,26	0,43	
Fjöldi barna				born
<i>Barna fjöldi</i>	-0,31	0,25	0,22	
<i>Barna fjöldi²</i>	0,04	0,08	0,62	
Tengsl við nágrenni				Sp. 4_3 & pnr
<i>Óveruleg</i>	Grunnur			
<i>Býr á svæðinu eða á/hefur aðgang að sumarbústað í Þjórsárdal eða bökkum Þjórsár</i>	1,29	0,57	0,02	
Búseta				buseta2
<i>Höfuðborgarsvæði</i>	Grunnur			
<i>Önnur sveitarfélög</i>	0,41	0,16	0,01	
Staða á vinnumarkaði				stadaavinnumarkadi
<i>Ég er í launuðu starfi</i>	Grunnur			
<i>Ég er á eftirlaunum</i>	0,09	0,20	0,65	
<i>Ég er í námi</i>	1,25	0,66	0,06	
<i>Ég er sjálfstætt starfandi</i>	0,26	0,21	0,22	
<i>Ég er öryrki</i>	-0,11	0,35	0,75	
<i>Ég er atvinnurekandi</i>	-0,01	0,42	0,97	
<i>Ég er heimavinnandi</i>	-1,62	0,68	0,02	
<i>Ég er atvinnuleitandi</i>	0,04	0,46	0,94	
<i>Ég er fæðingarorlofi/foreldraorlofi</i>	1,66	0,69	0,02	
<i>Annað</i>	2,20	0,71	0,00	
<i>Vil ekki svara</i>	1,16	1,00	0,24	
Menntun				menntun4
<i>Grunnskólapróf</i>	Grunnur			
<i>Framhaldsskólapróf/Iðnmenntun</i>	-0,04	0,21	0,87	
<i>Háskólapróf- grunnnám</i>	0,35	0,22	0,12	
<i>Háskólapróf- framhaldsnám</i>	0,52	0,25	0,04	
Þykir viðeigandi að greiða fyrir verndun/mótvægisáðgerðir gegnum rafmagnsreikning heimila				Sp. 27 & 28
<i>Nei/veit ekki/vil ekki svara</i>	Grunnur			
<i>Já</i>	1,32	0,18	0,00	
Hefur farið í lax- eða silungsveiði				
<i>Nei/veit ekki/vil ekki svara</i>	Grunnur			
<i>Já</i>	0,18	0,26	0,49	Sp. 22

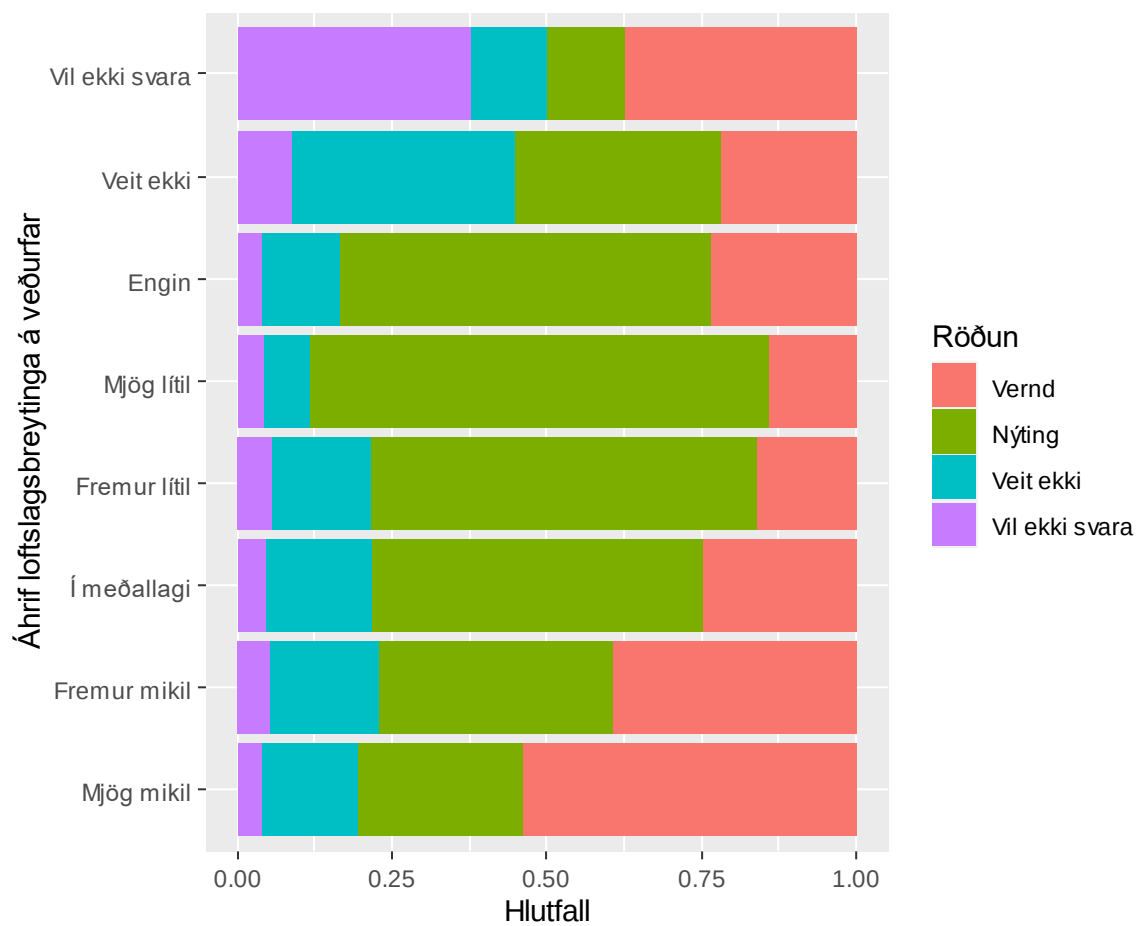
Fasti	7,41	0,72	0,00	
N	1576			

Viðauki III – Viðhorf

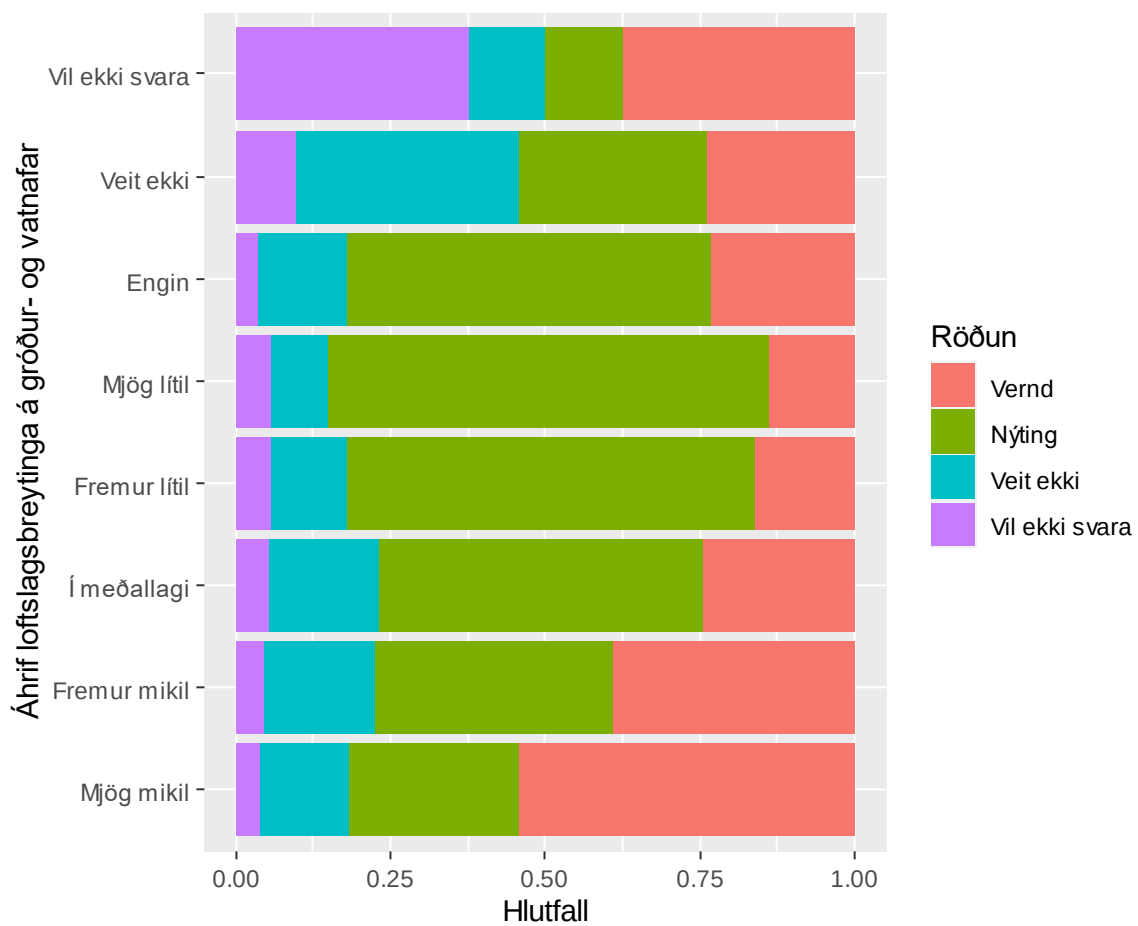
Hvernig eigi að raða Urriðafossvirkjun



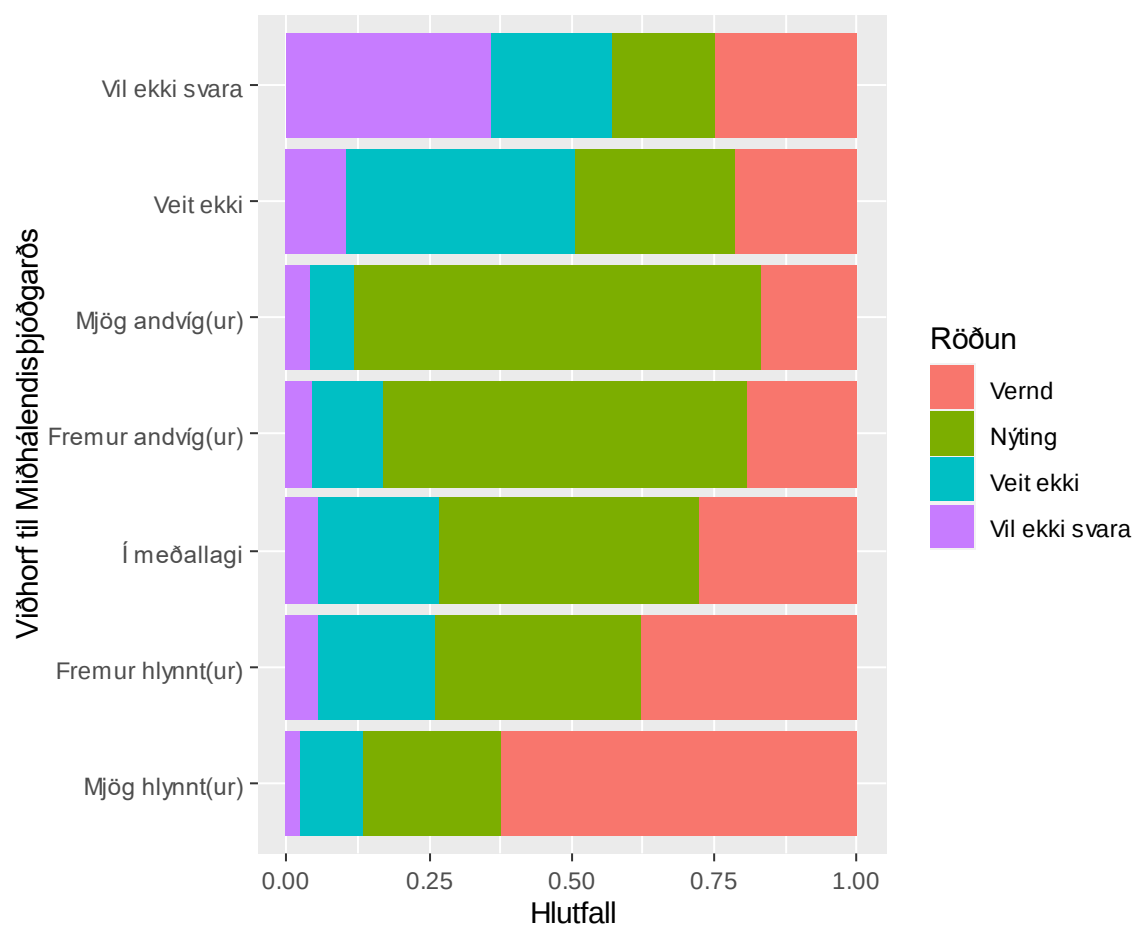
Viðaukar - Mynd 3. Afstaða til verndunar eða orkunýtingar eftir ferðavenjum



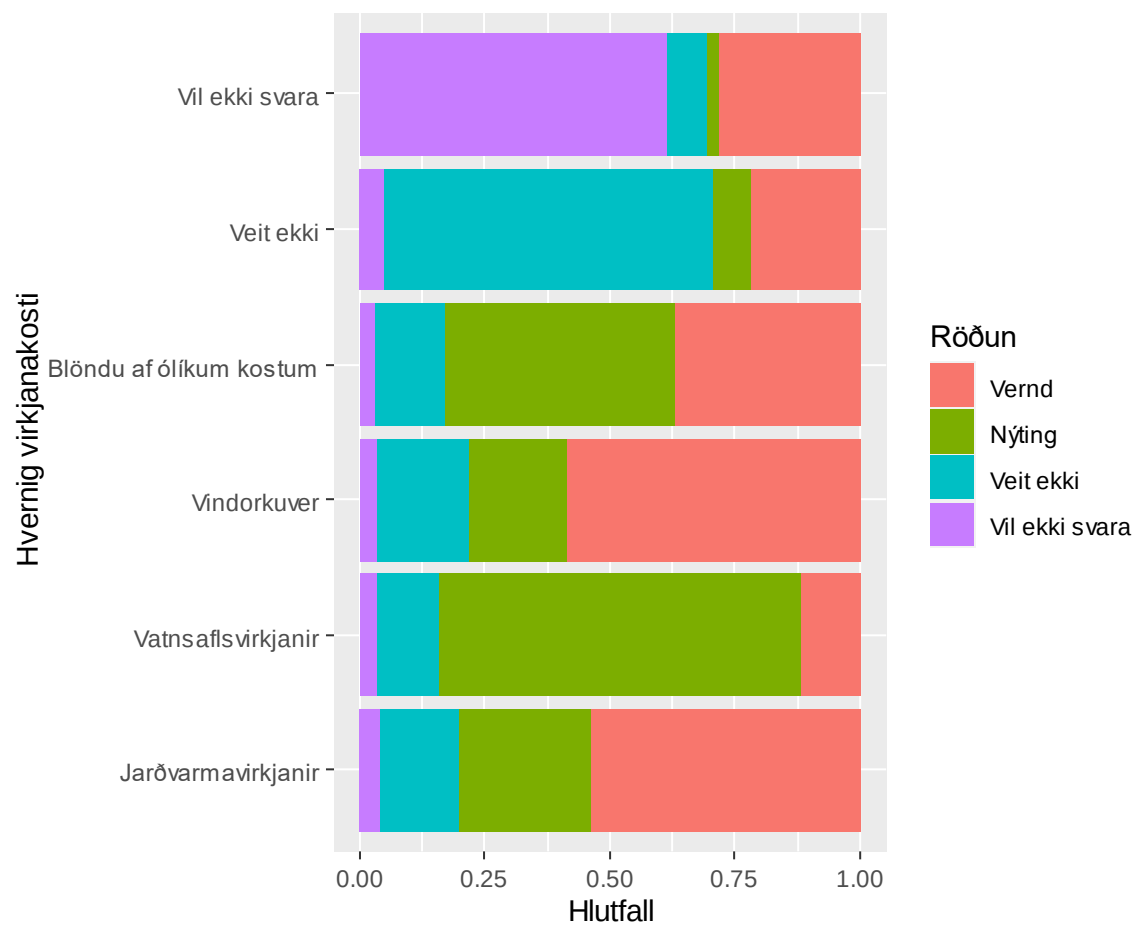
Viðaukar - Mynd 4. Afstaða til verndunar eða orkunýtingar eftir viðhorfi til áhrifa loftslagsbreytinga á veðurfar



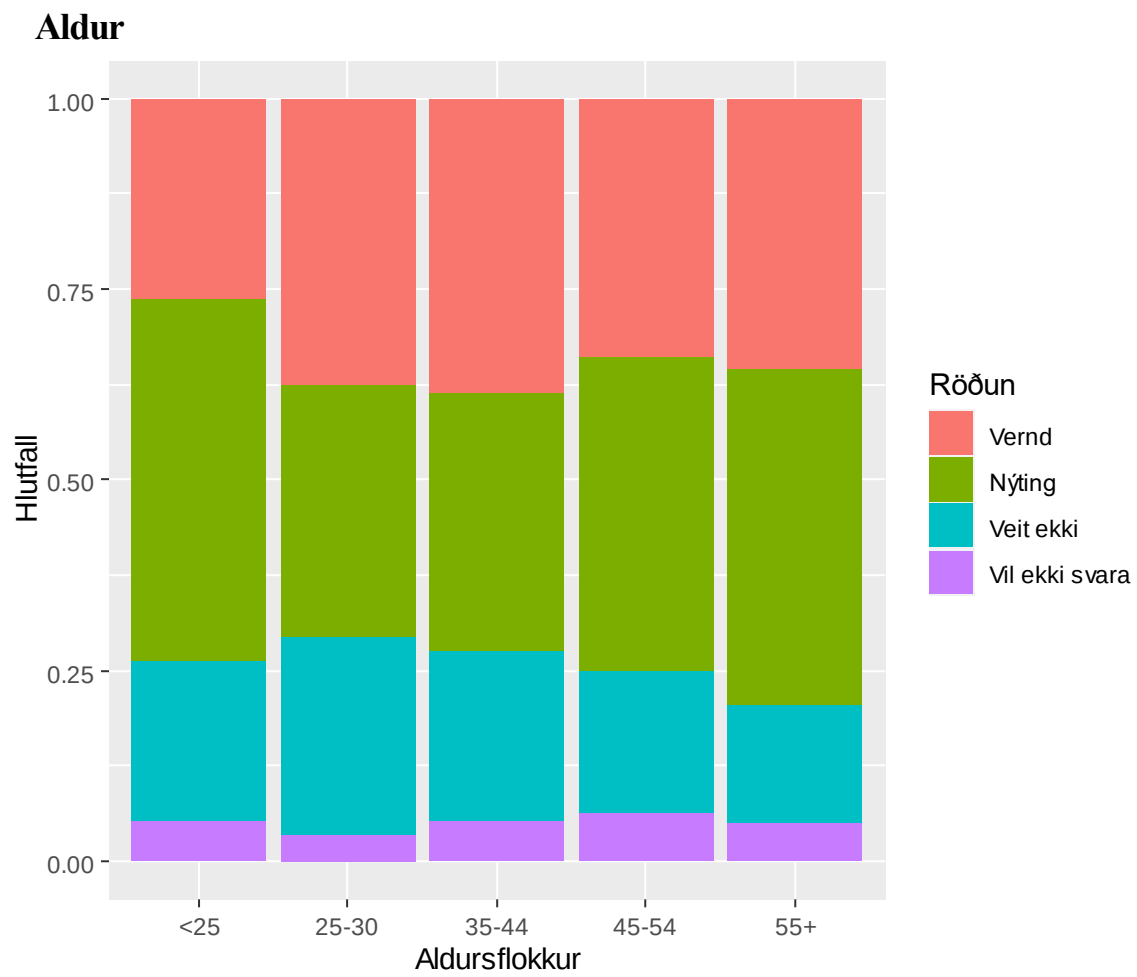
Viðaukar - Mynd 5. Afstaða til verndunar eða orkunýtingar eftir viðhorfi til áhrifa loftslagsbreytinga á gróður- og vatnafar

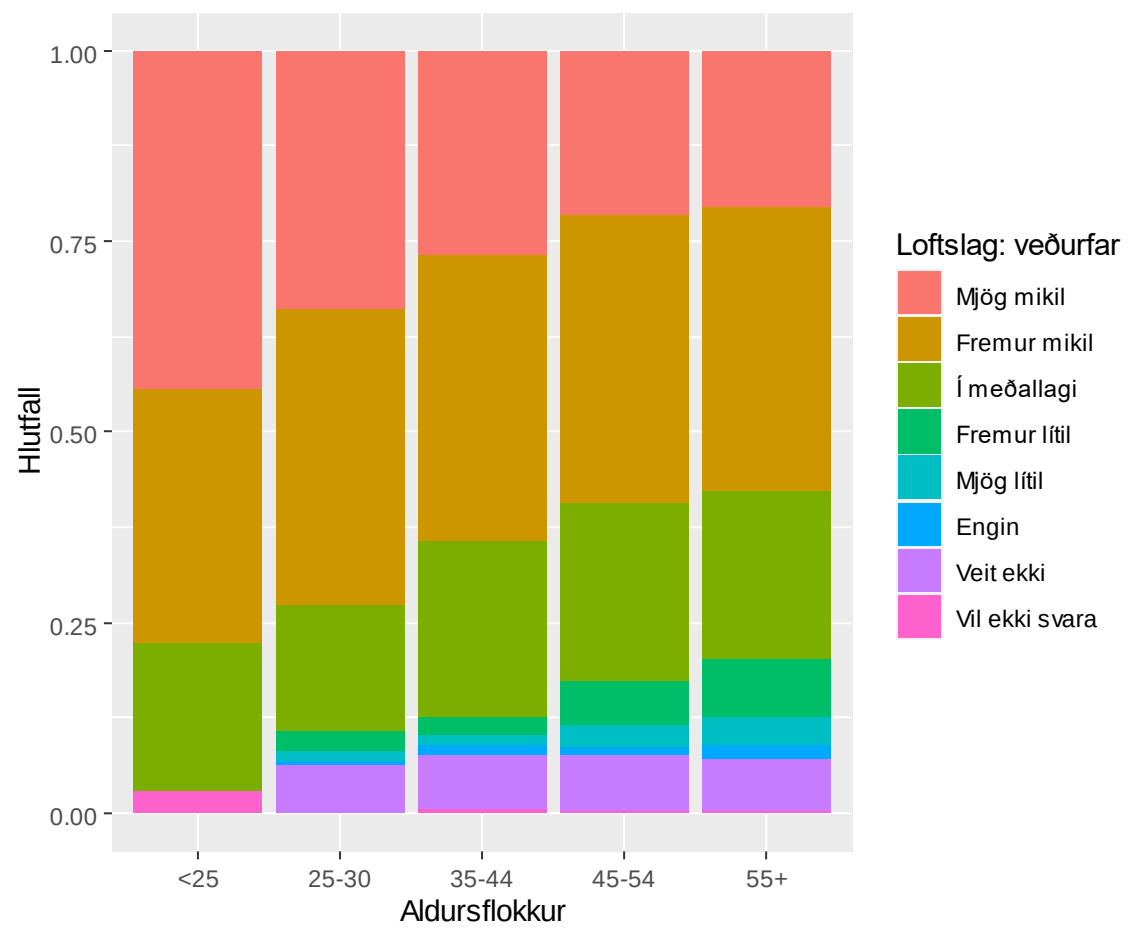


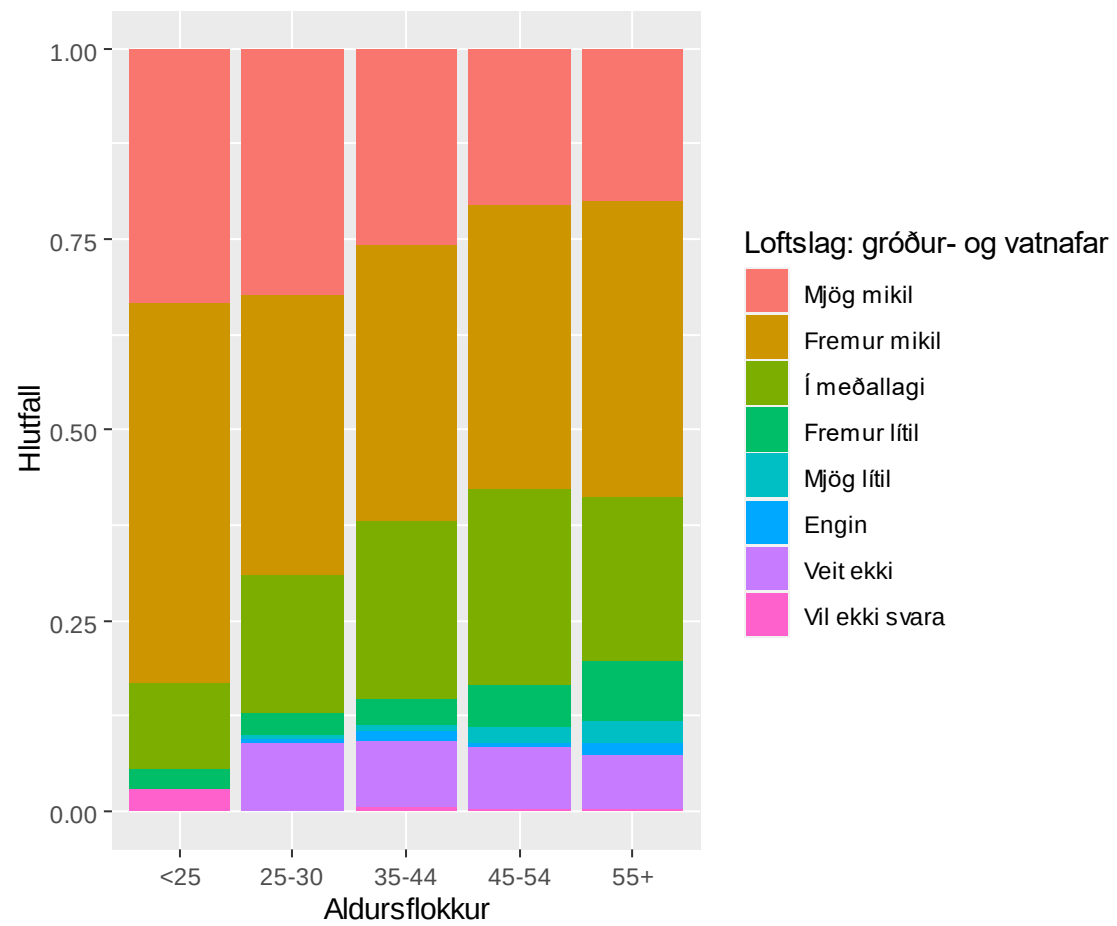
Viðaukar - Mynd 6. Afstaða til verndunar eða orkunýtingar eftir viðhorfi til miðhálandisþjóðgarðs

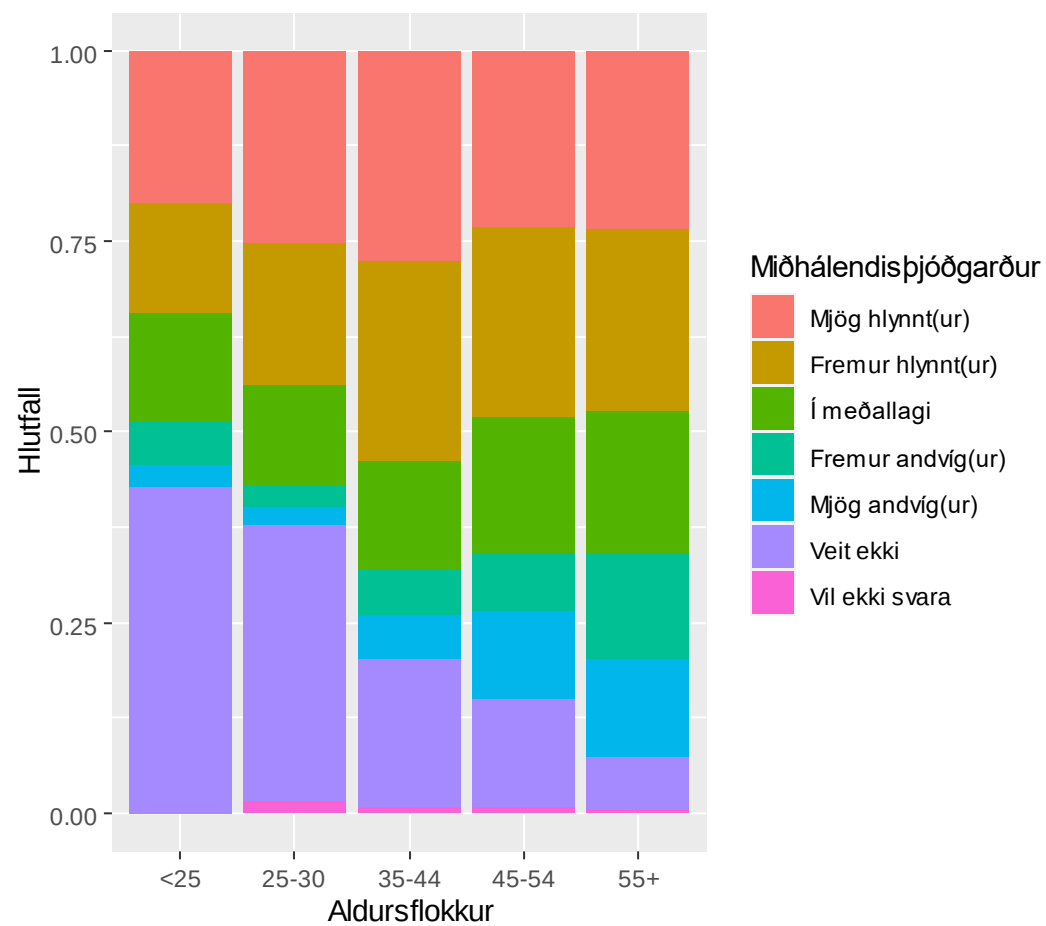


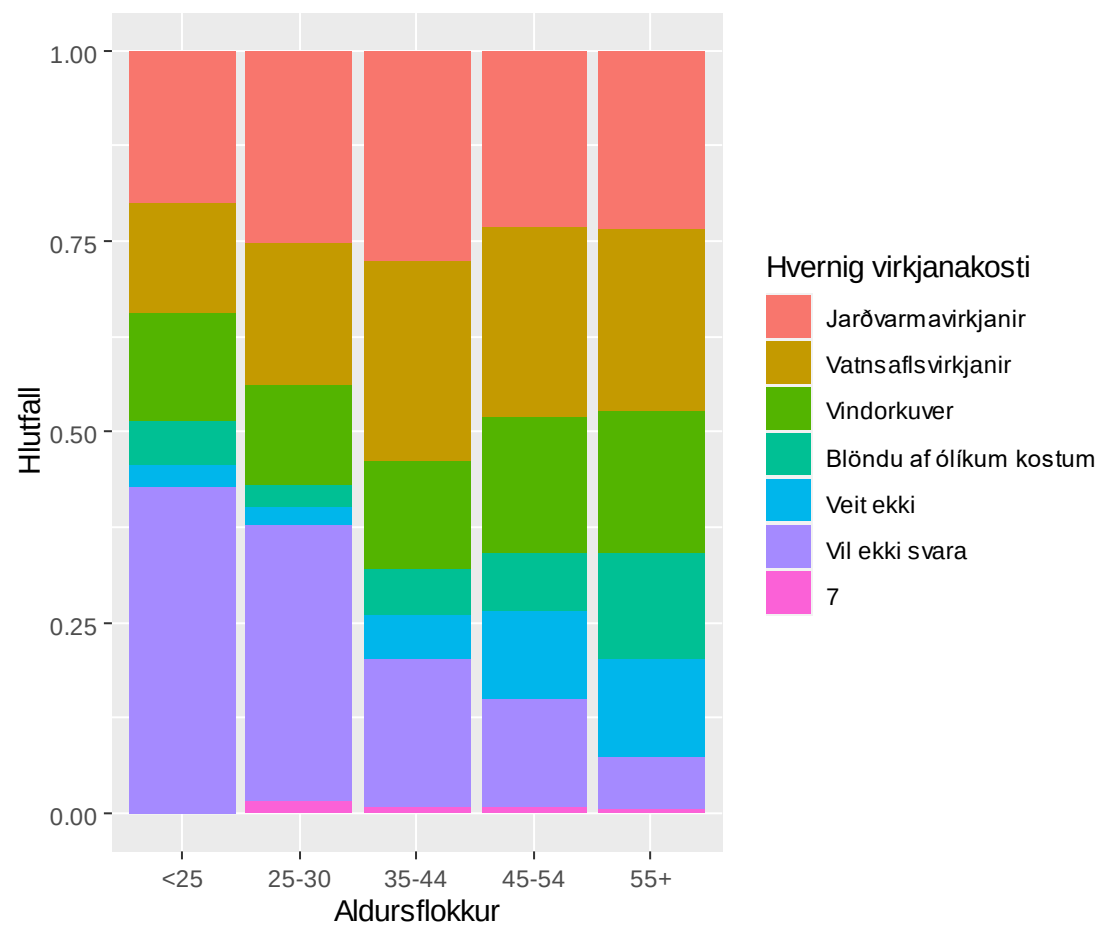
Viðaukar - Mynd 7. Afstaða til verndunar eða orkunýtingar eftir afstöðu til ólíkra virkjanakosta

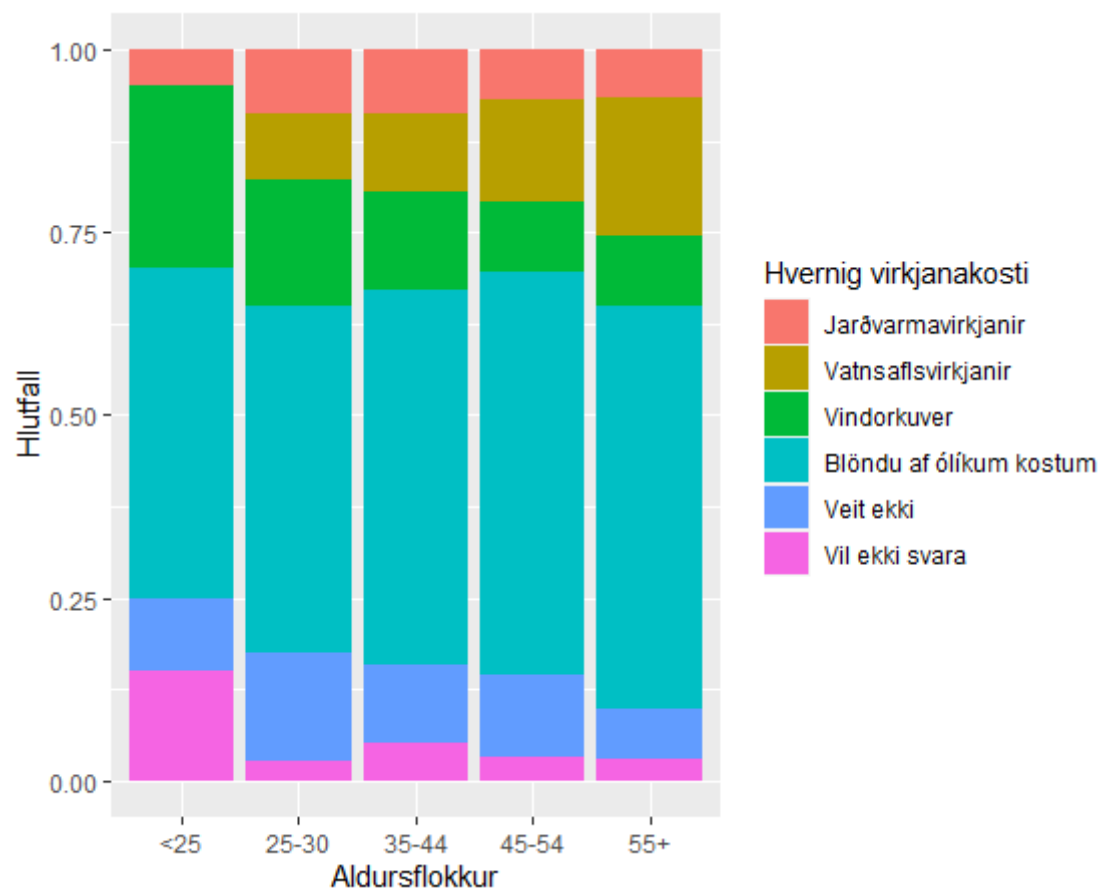




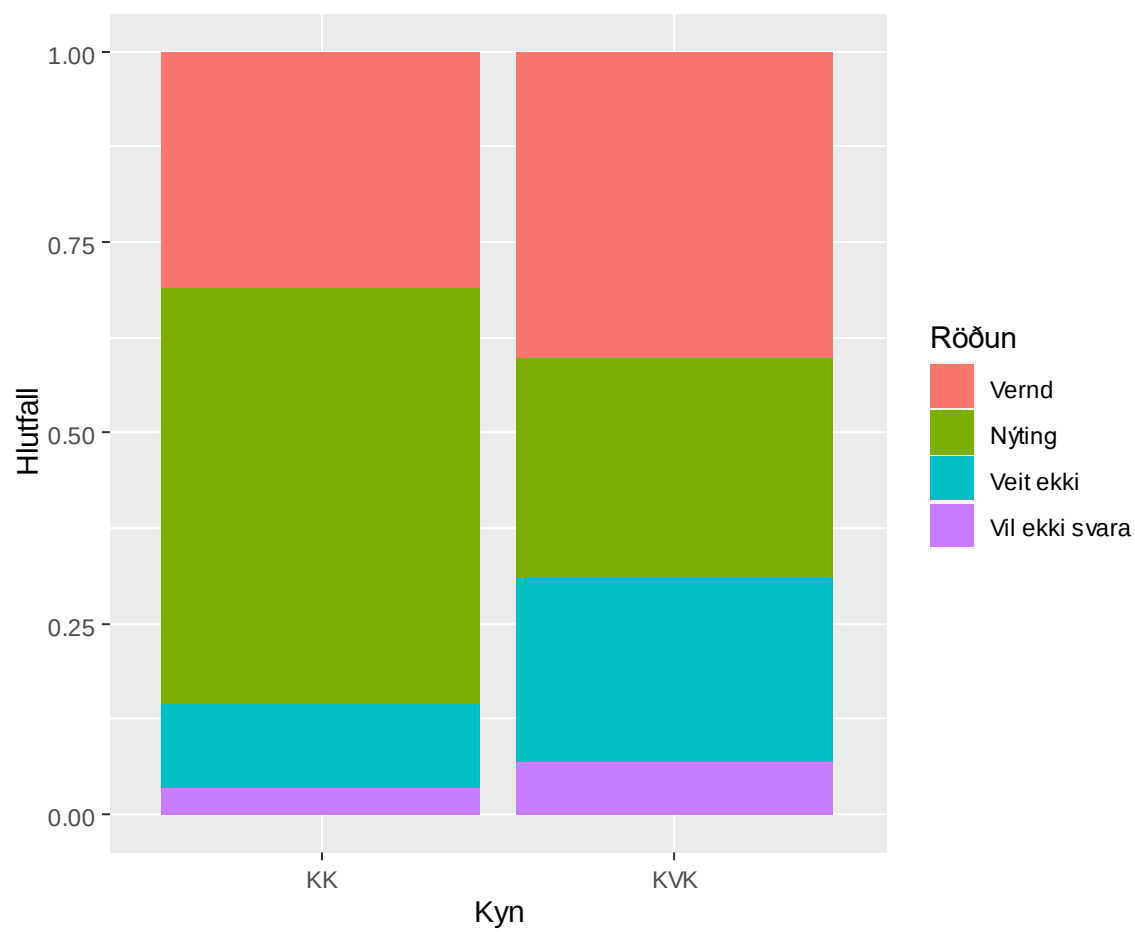


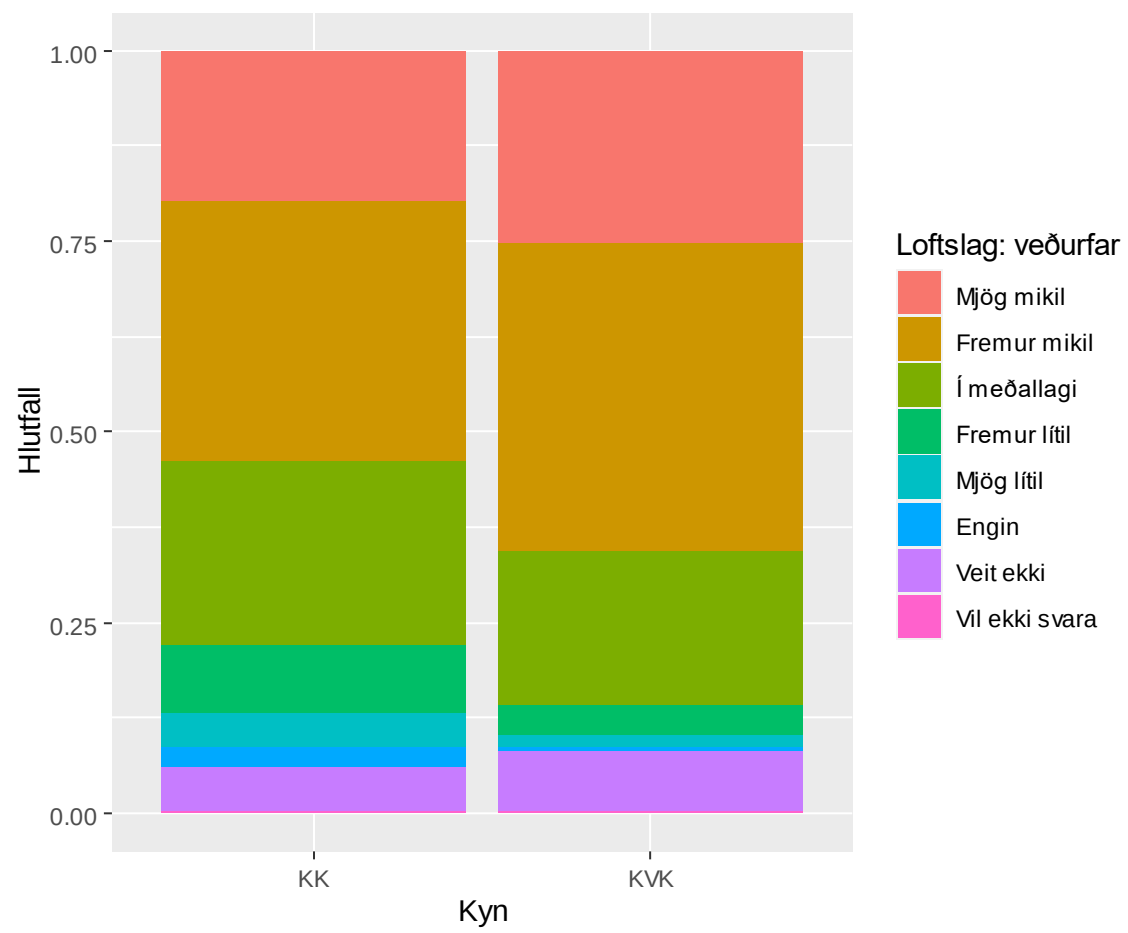


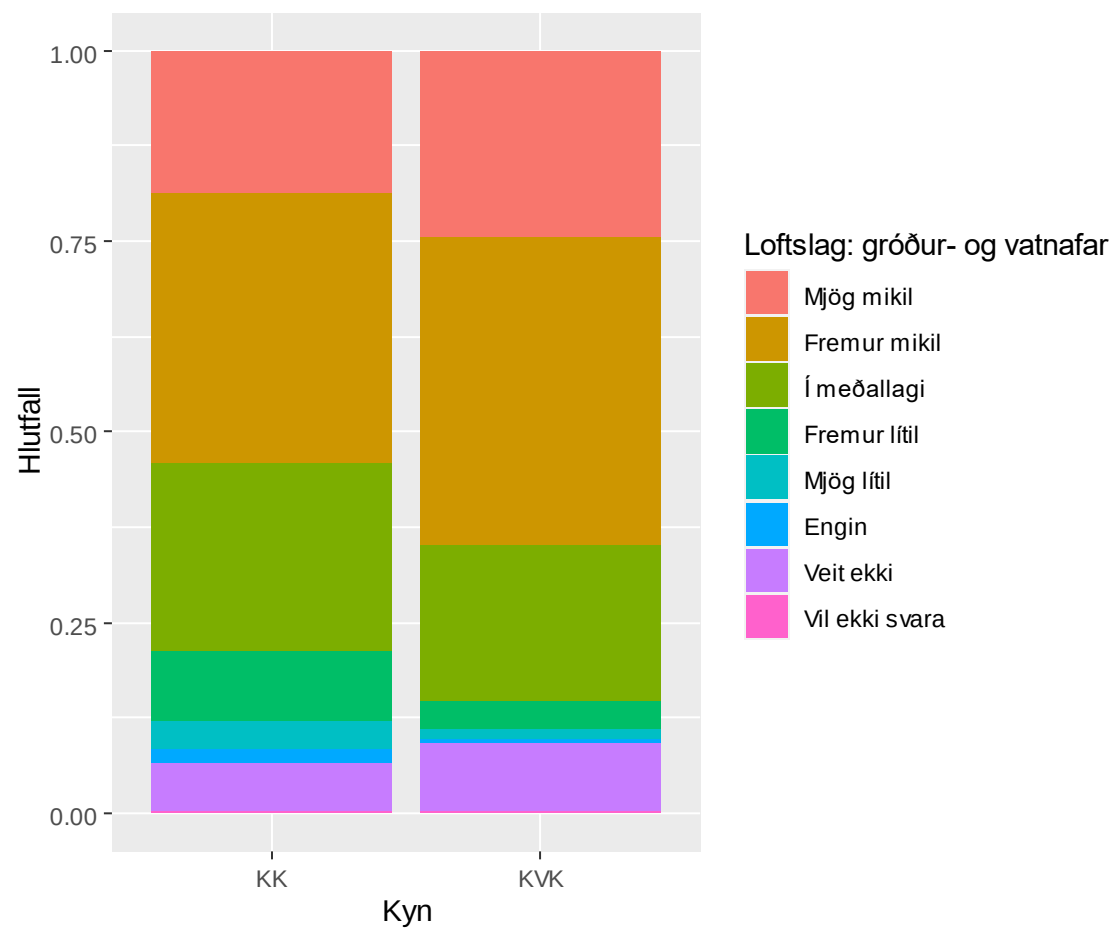


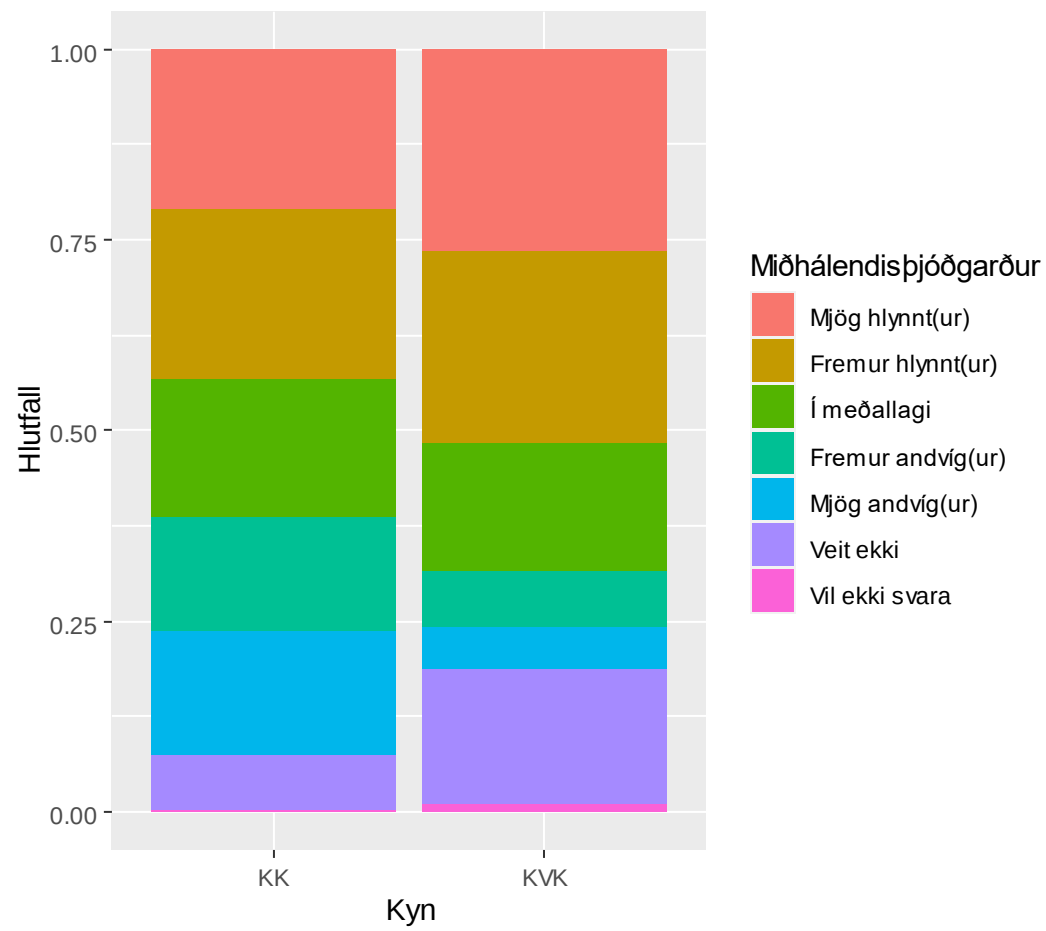


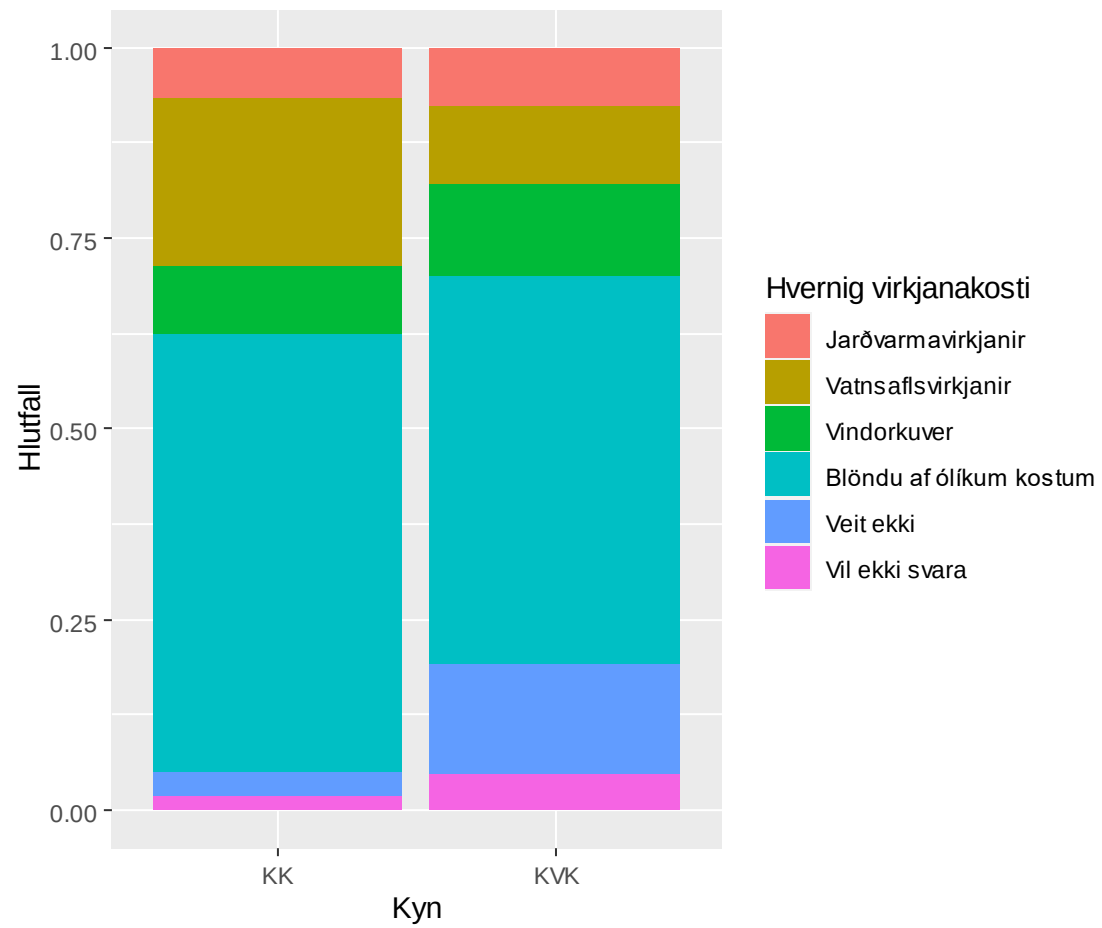
Kyn











Búseta

