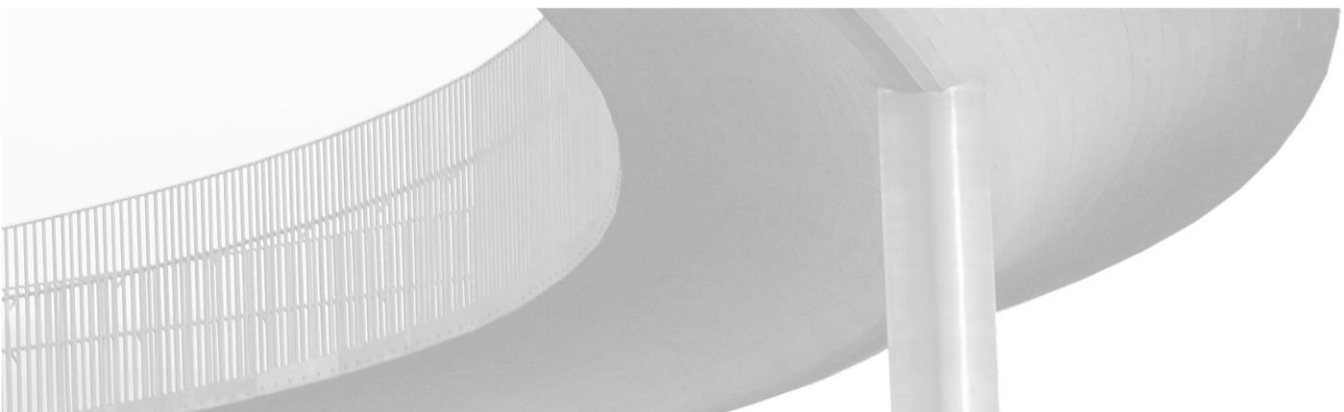


VISTFERILSGREINING FYRIR ÍSLENSKA STÁLBRÚ

Rannsóknarverkefni Vegagerðarinnar

18.05.2017



SKÝRSLA – UPPLÝSINGABLAÐ

SKJALALYKILL

2970-172-SKY-002

SÍÐUFJÖLDI

63

FULLTRÚI VERKKAUPA

Pórir Ingason

VERKEFNISSTJÓRI EFLU

Helga Jóhanna Bjarnadóttir

LYKILORÐ

Vistferilsgreining, kolefnisspor, stálbrú, stálkassabrá, samverkandi brú, íslenskar brýr, umhverfisáhrif, Life Cycle Assessment, LCA, steel bridge, steel box girder bridge, composite bridge, Icelandic bridges, environmental impacts, carbon footprint

STAÐA SKÝRSLU

- Í vinnslu
- Drög til yfirlstrar
- Lokið

DREIFING

- Opin
- Dreifing með leyfi verkkaupa
- Trúnaðarmál

TITILL SKÝRSLU

Vistferilsgreining fyrir íslenska stálbrú

VERKHEITI

Vistferilsgreining fyrir íslenskar brýr

VERKKAUPI

Rannsóknarsjóður Vegagerðarinnar

HÖFUNDAR

Hlökkver Stefán Þorgeirsson, Sigurður Thorlacius, Helga Jóhanna Bjarnadóttir og Baldvin Einarsson

ÚTDRÁTTUR

Þessi skýrsla fjallar um vistferilsgreiningu á íslenskri stálbrú. Áður hefur EFLA unnið vistferilsgreiningu á steinsteyptri íslenskri brú og á íslenskum vegi.

Í vistferilsgreiningum mannvirkisins eru umhverfisáhrif byggingar og reksturs mannvirkisins metin allt frá því hráefnum til byggingarinnar er aflað úr náttúrunni þar til minnvirkið er rifið og byggingarefnum er fargað eða þau endurunnin.

Niðurstöður vistferilsgreiningarinnar benda til þess að öflun og vinnsla hráefna (byggingarefna) til brúargerðarinnar skili mestum umhverfisáhrifum á vistferli brúarinnar. Þessi umhverfisáhrif verða að stórum hluta erlendis þar sem hráefni eru numin og byggingarefni á borð við stál framleidd í verksmiðjum.

Niðurstöður vistferilsgreiningarinnar voru bornar saman við vistferilsgreiningu steinsteyptar brúar yfir Aurá í Vestur Skaftafellssýslu, auk þess sem kolefnisspor brúarinnar var borið saman við kolefnisspor úr niðurstöðum nokkurra vistferilsgreininga frá nágrennalöndum Íslands. Einnig voru skoðuð áhrif þess að skipta burðarbitum úr máluðu stáli út fyrir burðarbita úr ryðfríu stáli.

Höfundar skýrslunnar bera ábyrgð á innihaldi hennar. Niðurstöður hennar ber ekki að túlka sem yfirlýsta stefnu Vegagerðarinnar.

ÚTGÁFUSAGA

NR.	HÖFUNDUR	DAGS.	RÝNT	DAGS.	SAMÞYKKT	DAGS.
01	Hlöðver Stefán Porgeirsson	08.05.17	Sigurður Thorlacius	11.05.17	Hlöðver Stefán Porgeirsson	12.05.17
	Rýni draga.					
02	Hlöðver Stefán Porgeirsson	12.05.17	Helga Jóhanna Bjarnadóttir	12.05.17	Hlöðver Stefán Porgeirsson	15.05.17
	Rýni draga.					
03	Hlöðver Stefán Porgeirsson og Sigurður Thorlacius	17.05.17	Helga Jóhanna Bjarnadóttir	18.05.17	Helga Jóhanna Bjarnadóttir	18.05.17
	Samþykkt lokaútgáfu.					

SAMANTEKT

Niðurstöður vistferilsgreiningar á brúnni yfir Grímsá við Fossatún í Borgarfirði benda til þess að vistferilsfasinn öflun og vinnsla hráefna (fasar A1-A3) valdi meiri umhverfisáhrifum í þeim umhverfisáhrifaflokkum sem litið er til í þessu verkefni en aðrir vistferilsþættir til samans. Þessi niðurstaða dregur fram mikilvægi vistferilsgreininga, enda verða þessi umhverfisáhrif fremst í vistferlinum og þar að auki að mestum hluta erlendis. Þess vegna eiga þau til að falla í skugga þeirra umhverfisáhrifa sem verða til dæmis á verkstað eða við flutninga. Það eru ákvarðanir um efnisval sem helst ráða umhverfisáhrifum í þessum vistferilsþætti. Því er rétt að hvetja til þess að aðferðafærði vistferilsgreininga verði nýtt í hönnun samgöngumannvirkja, svo draga megi fram vistvæna valkosti við ákvarðanatöku þegar best tækifæri eru til að hafa áhrif á endanlega hönnun.

Það byggingaefni sem vegur þyngst í metnum umhverfisáhrifum í greiningunni er stál. Hlutdeild stáls í þeim umhverfisáhrifum sem litið er til er frá því að vera um helmingur upp í að vera um tveir þriðju hlutar.

Þrátt fyrir þetta er einnig mikilvægt að horfa til annarra fasa vistferilsins, til að mynda til byggingarfasa (fasi A5) og viðhalds- og rekstrarfasa (B1-B7). Fjölmargar brýr eru nú þegar í vegakerfinu, og þær eru því í viðhalds- og rekstrarfösum vistferla sinna. Niðurstöður mats á umhverfisáhrifum í þessum vistferilsfösum má því nýta til að huga að vistvænni lausnum í viðhaldi og rekstri vegakerfisins. Það gæti haft veruleg áhrif á umhverfisáhrif starfsemi Vegagerðarinnar, meðal annars með því að draga úr kolefnisspori hennar.

Líkt og í fyrri greiningu er ávinningur af endurvinnslu stáls metinn töluverður í umhverfisáhrifaflokknum gróðurhúsaáhrifum. Fyrir brúna yfir Grímsá þá benda niðurstöðurnar til þess að ávinningur af endurvinnslu stálsins séu um þriðjungur af heildarkolefnisspori vistferils framkvæmdarinnar. Þetta gefur tilefni til þess að hvetja til þess að byggingarefni séu flokkuð til endurvinnslu við niðurrif mannvirkja.

Samanburður við niðurstöður vistferilsgreiningar á steinsteyptri brú yfir Aurá í Vestur Skaftafellsýslu (EFLA, 2014) benda til þess að umhverfisáhrif, reiknuð á hvern fermetra nýtanlegs brúargólfs, séu meiri fyrir brúna yfir Aurá í umhverfisáhrifaflokkunum gróðurhúsaáhrifum og svifryki en minni í flokknum eyðingu auðlinda. Ólík brúarstæði hafa þó áhrif á samanburðarhæfni, en undirbygging (sökklar, stöplar o.s.frv.) Aurárbrúarinnar er mun umfangsmeiri í samanburði við flatarmál nýtanlegs brúargólfs en í tilfalli Grímsárbrúarinnar. Ef eingöngu er horft til yfirbyggingar brúnna (brúargólfsins og burðarbita) þá kemur Aurárbrúin betur út í samanburði í öllum umhverfisáhrifaflokkunum þremur. Ekki er tekið tillit til ávinnings af endurvinnslu stáls í þessum samanburði, en hann er töluverður hvað varðar gróðurhúsaáhrif. Draga má þá ályktun af samanburði brúnna tveggja að gott brúarstæði ráði ekki síður

miklu um umhverfisárhif heldur en val á byggingarefnum og byggingarlagi. Þar fara saman umhverfisleg og kostnaðarleg sjónarmið, enda kallar óhagkvæmt brúarstæði á umfangsmeira mannvirki sem hefur því meiri umhverfisáhrif en umfangsminni brú á hagkvæmara brúarstæði.

Borin voru saman metin umhverfisáhrif af notkun ryðfrís stáls annars vegar og málaðs stáls hinsvegar. Miðað við forsendur samanburðsins þá var hann máluðu stáli í hag.

EFNISYFIRLIT

SAMANTEKT	5
1 INNGANGUR	11
2 AÐFERÐAFRÆÐI VISTFERILSGREININGAR	12
2.1 Umhverfisáhrif	14
2.1.1 Gróðurhúsaáhrif	14
2.1.2 Eyðing ósonlagsins	15
2.1.3 Svifryk	15
2.1.4 Myndun ósons við yfirborð jarðar	15
2.1.5 Súrt regn	15
2.1.6 Næringarefnaauðgun	16
2.1.7 Visteiturhrif	16
2.1.8 Eituráhrif á fólk	16
2.1.9 Auðlindanotkun	16
2.1.10 Geislun	16
3 VIFERILSGREINING STÁLKASSABRÚAR YFIR GRÍMSÁ VIÐ FOSSATÚN	17
3.1 Grímsárbrúin við Fossatún í Borgarfirði	17
3.2 Markmið og umfang vistferilsgreiningarinnar	20
3.2.1 Markmið	20
3.2.2 Aðgerðareining	20
3.2.3 Kerfismörk	20
3.2.4 Mat á umhverfisáhrifum	21
3.3 Úrvinnsla gagna	22
3.3.1 Uppruni upplýsinga	22
3.3.2 Öflun og vinnsla hráefna til brúargerðar (fasar A1-A3)	22
3.3.3 Flutningar á verkstað vegna brúarbyggingar (fasi A4)	25
3.3.4 Bygging brúar (fasi A5)	30
3.3.5 Viðhald og rekstur brúar (fasar B1-B7)	33
3.3.6 Förgun brúar (fasar C1-C4)	36
3.3.7 Áhrif endurvinnslu (fasi D)	36
3.4 Mat á umhverfisáhrifum	38
3.4.1 Heildarumhverfisáhrif (fasar A-C)	38
3.4.2 Öflun og vinnsla hráefna (fasar A1-A3)	41
3.4.3 Flutningar á verkstað (fasi A4)	42
3.4.4 Bygging brúar (fasi A5)	43
3.4.5 Viðhald og rekstur brúar (fasar B1-B7)	44
3.4.6 Förgun brúar (fasar C1-C4)	45
3.4.7 Áhrif endurvinnslu (fasi D)	46
3.4.8 Samanburður byggingar- og hráefna	47
3.4.9 Kolefnisspor	48
3.4.10 Flutningar starfsfólks	49
4 UMFJÖLLUN OG ÁLYKTANIR	50

4.1	Helstu niðurstöður vistferilsgreiningarinnar _____	50
4.2	Samanburður við steinsteypta brú _____	51
4.3	Samanburður á notkun ryðfrís stáls og málaðs stáls í burðarbita _____	55
4.4	Samanburður við erlendar rannsóknir _____	56
4.5	Möguleg hagnýting niðurstaðna _____	57
5	HEIMILDASKRÁ _____	59
VIÐAUKI A ÍTARLEGRI NIÐURSTÖÐUR _____		61

MYNDASKRÁ

Mynd 1	Vistferill mannvirkis, og skipting hans í vistferilsfasa _____	12
Mynd 2	Fjórir þættir vistferilsgreiningar _____	13
Mynd 3	Staðsetning brúarinnar yfir Grímsá við Fossatún _____	18
Mynd 4	Brúin yfir Grímsá við Fossatún í Borgarfirði _____	18
Mynd 5	Grunnmynd og hliðarmynd brúarinnar yfir Grímsá við Fossatún _____	19
Mynd 6	Niðurstöður mats á hlutdeild vistferilsfasanna í heildarumhverfisáhrifum vistferils brúarinnar _____	39
Mynd 7	Niðurstöður mats á hlutdeild byggingar í umhverfisáhrifum öflunar og vinnslu hráefna _____	41
Mynd 8	Niðurstöður mats á hlutdeild byggingar- og verkhluta í umhverfisáhrifum flutninga á verkstað _____	42
Mynd 9	Niðurstöður mats á hlutdeild byggingarhluta eða verkhluta í umhverfisáhrifum byggingar brúarinnar _____	43
Mynd 10	Niðurstöður mats á hlutdeild byggingar- og verkhluta í umhverfisáhrifum viðhalds _____	44
Mynd 11	Niðurstöður mats á hlutdeild verk- og efnishluta í umhverfisáhrifum förgunar brúarinnar _____	45
Mynd 12	Niðurstöður mats á áhrifum endurvinnslu stáls í samanburði við metin áhrif vistferils brúarinnar _____	46
Mynd 13	Niðurstöður mats á hlutdeild hráefna í metnum umhverfisáhrifum vistferils brúarinnar _____	47
Mynd 14	Hlutfallsleg skipting metins kolefnisspors _____	48
Mynd 15	Samanburður vistferilsgreininga brúa yfir Grímsá og Aurá, allur vistferill _____	52
Mynd 16	Samanburður vistferilsgreininga brúa yfir Grímsá og Aurá, eingöngu yfirbygging. _____	53
Mynd 17	Ávinningur af endurvinnslu stáls í flokknum gróðurhúsaáhrifum í samanburði við kolefnisspor brúanna _____	54
Mynd 18	Samanburður á stálkassa úr ryðfríu stáli annars vegar og málaðu og sinkhúðuðu stáli hins vegar _____	55

TÖFLUSKRÁ

Tafla 1	Vistferill brúarinnar yfir Grímsá _____	21
Tafla 2	Ráðgerð efnisnotkun í sökkla _____	23
Tafla 3	Ráðgerð efnisnotkun í stöpla og legur _____	23
Tafla 4	Ráðgerð efnisnotkun í yfirbyggingu _____	24
Tafla 5	Ráðgerð efnisnotkun í sigplötur _____	24
Tafla 6	Ráðgerð efnisnotkun í vegrið og handrið _____	25
Tafla 7	Lengd vegmerkingar á brúnni _____	25
Tafla 8	Ráðgerð efnisnotkun vegna annarra byggingarhluta _____	25
Tafla 9	Ráðgerður akstur vörubíla vegna flutnings jarðefna _____	26
Tafla 10	Ráðgerðir flutningar á verkstað vegna byggingar sökkla _____	26
Tafla 11	Ráðgerðir flutningar á verkstað vegna byggingar stöpla _____	27
Tafla 12	Ráðgerðir flutningar á verkstað vegna byggingar yfirbyggingar _____	27
Tafla 13	Ráðgerðir flutningar á verkstað vegna byggingar siglatna _____	28
Tafla 14	Ráðgerðir flutningar á verkstað vegna smíði vegriða og handriða _____	28
Tafla 15	Ráðgerðir flutningar á verkstað vegna vegmerkingar _____	29
Tafla 16	Ráðgerðir flutningar á verkstað vegna annarra byggingarhluta _____	29

Tafla 17	Ráðgerð notkun díselolíu vegna flutninga tækja _____	30
Tafla 18	Ráðgerð efnisnotkun og eldsneytiseyðsla vegna jarðvinnuframkvæmda _____	30
Tafla 19	Ráðgerð efnisnotkun og eldsneytiseyðsla vegna byggingar sökkla _____	31
Tafla 20	Ráðgerð efnisnotkun og eldsneytiseyðsla vegna byggingar stöpla _____	31
Tafla 21	Ráðgerð efnisnotkun og eldsneytiseyðsla vegna byggingar yfirbyggingar _____	32
Tafla 22	Ráðgerð eldsneytiseyðsla og farmvegalegd vegna aðstöðusköpunar _____	32
Tafla 23	Ráðgerð eldsneytiseyðsla vegna rafstöðvar _____	32
Tafla 24	Ráðgerð efnisnotkun og úrgangur vegna viðhalds á slitlagi brúar í hundrað ár _____	33
Tafla 25	Ráðgerð efnisnotkun og úrgangur vegna viðhalds vegriða og handriða í hundrað ár _____	34
Tafla 26	Ráðgerð efnisnotkun og úrgangur vegna viðhalds steyptra hluta í hundrað ár _____	34
Tafla 27	Ráðgerð vegalegd nýrrar vegmerkingar á brúargólfi vegna árlegs viðhalds _____	35
Tafla 28	Ráðgerð efnisnotkun vegna viðhalds málningar stálburðarvirkis í hundrað ár _____	35
Tafla 29	Ráðgerð vegalegd vetrarþjónustu á líftíma _____	35
Tafla 30	Ráðgert magn byggingarefna sem fargað yrði ef brúin yrði rifin að loknum líftíma _____	36
Tafla 31	Ráðgert magn endurunnins stáls, miðað við að allt stál úr brúnni sé endurunnið _____	37
Tafla 32	Niðurstöður vistferilsgreiningar fyrir 1 fermetra nýtanlegs brúargólfs _____	40
Tafla 33	Hráefni í stálframleiðslu _____	56
Tafla 34	Samanburður á kolefnisspori 34 brúa. _____	57

1 INNGANGUR

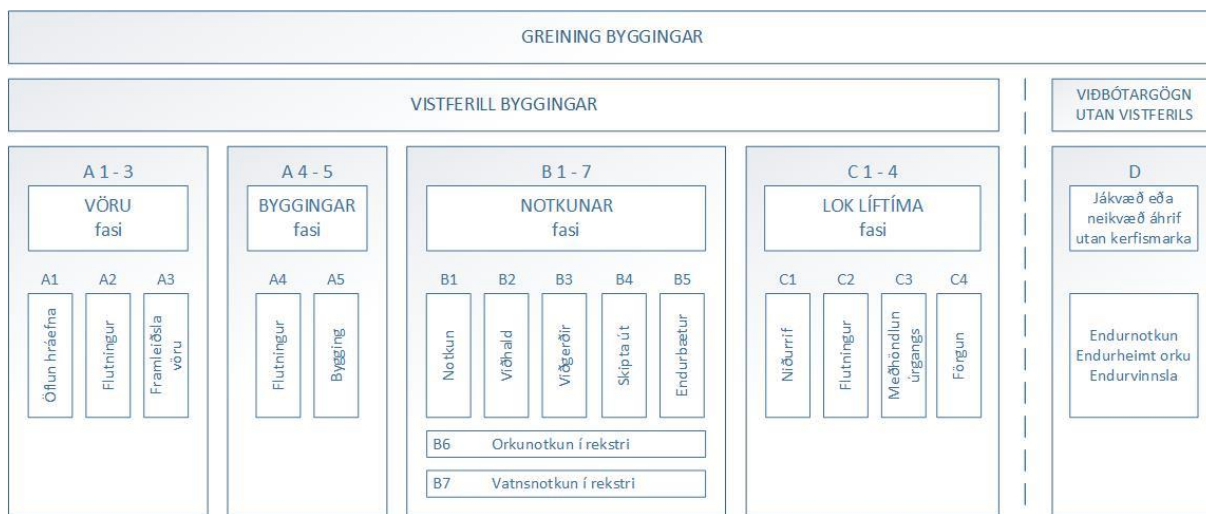
Árið 2014 lauk EFLA, í samstarfi við Vegagerðina, fyrstu vistferilsgreiningunni á íslenskri brú. Sú greining var gerð á steinsteyptri 12 metra langri brú yfir Aurá í Vestur Skaftafellssýslu. Áður höfðu EFLA og Línuhönnun (sem í dag er hluti EFLU) unnið tvö verkefni í samstarfi við Vegagerðina sem tengd eru vistferilsgreiningum samgönguinnviða. Þau voru annars vegar samantekt um stöðu þekkingar á vistferilsgreiningum fyrir steypa og malbikaða vegi (Línuhönnun, 2000) og hins vegar vistferilsgreining á íslenskum vegkafla (EFLA, 2013). Nú hefur í þessu verkefni verið gerð vistferilsgreining á 88 metra langri stálbrú yfir Grímsá við Fossatún í Borgarfirði. Fjallað er um niðurstöður þeirrar greiningar í þessari skýrslu. Þessi verkefni voru styrkt af Rannsóknarsjóði Vegagerðarinnar og er markmið þeirra að útbúa gögn sem nýta má til að leggja mat á umhverfisáhrif vegagerðar hér á landi.

Vistferilsgreining (e. Life Cycle Assessment eða LCA) er stöðluð aðferð til að meta umhverfisáhrif mannvirkja á borð við brú (eða vöru, þjónustu o.s.frv.) yfir allan vistferil þeirra. Vistferillinn nær allt frá því að hráefnum til byggingarinnar er aflað og þar til öllum úrgangi sem fellur til hefur verið fargað eða þá hann er tilbúinn til endurvinnslu eða endurnýtingar. Vistferilsgreining brúarinnar í þessu verkefni er unnin í samræmi við alþjóðlegu staðlana ISO 14040 og ISO 14044, auk þess sem staðalinn ÍST EN 15978:2011 var hafður til hliðsjónar. Nánar er fjallað um aðferðafræði vistferilsgreininga í kafla 2.

Brúin yfir Aurá, sem greind var í vistferilsgreiningu EFLU (2014) á steinsteyptri brú, var valin með því augnarmiði að hún gæti talist dæmigerð steinsteypt brú sem væri sambærileg við fjölmargar brýr hér á landi. Niðurstöður þeirrar greiningar gætu því nýst til að gefa hugmynd um umhverfisáhrif annarra brúa, hvort sem er núverandi brúa í vegakerfinu eða nýrra brúa sem reistar verða í framtíðinni. Brúin yfir Grímsá við Fossatún í Borgarfirði, sem tekin var í notkun sumarið árið 2000, er stálkassabru byggð úr stálbitum sem hvíla á steinsteyptum stöplum og bera uppi brúargólf úr forsteyptum einingum. Brýrnar eru mislangar, sú yfir Aurá er 12 metra löng en sú yfir Grímsá er 88 metra löng. Nýta má þessar greiningar til að fá hugmynd um umhverfisáhrif vistferla annarra brúa, en þó er um leið rétt að hafa í huga að staðbundnar aðstæður ráða miklu um umfang brúarbygginganna og þannig einnig um umhverfisáhrif.

2 AÐFERÐAFRÆÐI VISTFERILSGREININGAR

Vistferilsgreining er aðferðafræði sem notuð er til að meta umhverfisáhrif yfir allan vistferil vöru, þjónustu, byggingar eða annars þess sem áhugi er á að skoða. Með umhverfisáhrifum vísferils er átt við metin umhverfisáhrif allt frá öflun hráefna úr jörðu (A1), til vinnslu hráefna (A3), til framleiðslu eða byggingar (A5), til allrar notkunar og viðhalds á líftíma (B1-B7) og að endingu til förgun eða endurnýtingar (C1-C4).



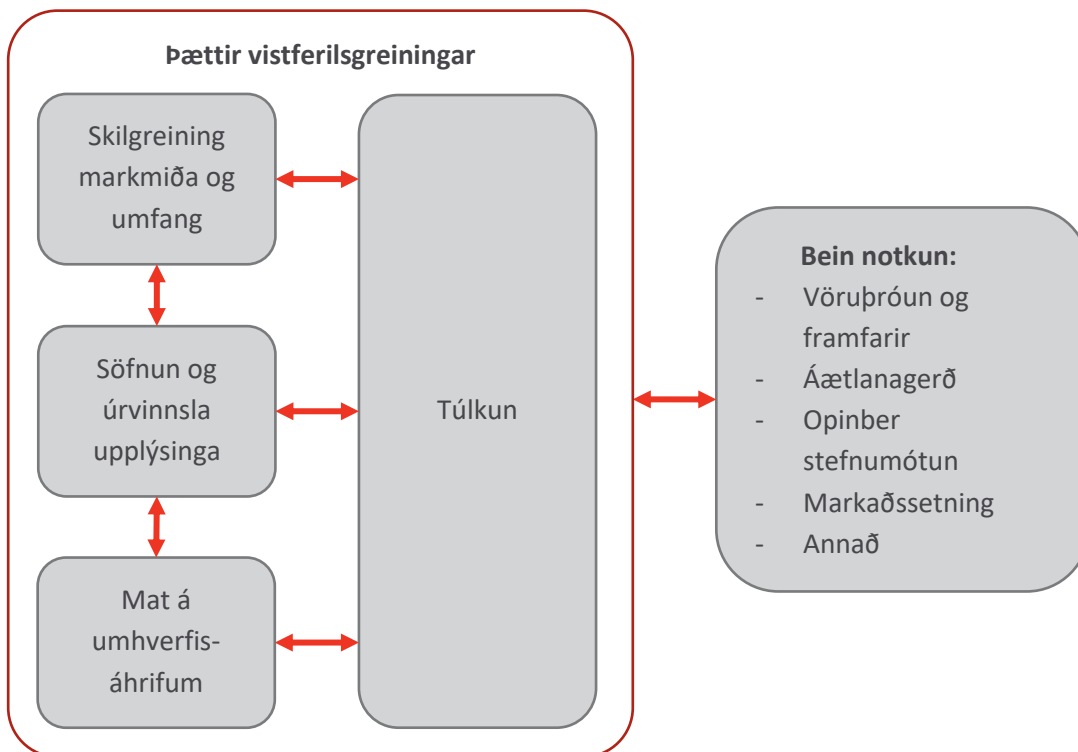
MYND 1 Vistferill mannvirkis, og skipting hans í vistferilsfasa. Greiningin í þessu verkefni tekur til umhverfisáhrifa innan kerfismarka sem fjallað er um í kafla 3.2.3. Kerfismörkin á vistferilnum eru sýnd með lóðréttri, brotinni línu.

Aðferðafræðin er stöðluð og fylgir EFLA alþjóðlegu stöðlunum ISO 14040 og ISO 14044 við gerð vistferilsgreininga. Vistferilsgreining samanstendur af fjórum samhangandi þáttum (sjá mynd 2):

1. Skilgreining markmiða og umfangs
2. Söfnun og úrvinnsla upplýsinga
3. Mat á umhverfisáhrifum
4. Túlkun niðurstaðna

Fyrsti þáttur vistferilsgreiningar, skilgreining markmiða og umfangs (e. goal and scope definition), felur í sér skilgreiningu á markmiði greiningarinnar og lýsingu á þeim þáttum sem teknir eru með í greininguna og hvað er haft utan kerfismarkanna. Metið er hverjir séu væntanlegir notendur niðurstaðna greiningarinnar. Einnig er skilgreint hvaða umhverfisáhrif skulu metin og túlkuð, sem og svokölluð aðgerðareining (e. functional unit). Aðgerðareiningin er sú eining sem umhverfisáhrifin eru metin fyrir og allt ílag og frágag er reiknað fyrir. Aðgerðareiningin er einnig skilgreind til að auðvelda samanburð við niðurstöður vistferilsgreininga sem gerðar eru fyrir sambærilega vöru, það er vöru sem hefur sama eða svipaðan tilgang. Dæmi um aðgerðareiningu er til dæmis 1 kílógramm af stáli eða 1 kílómetri af vegi.

Í öðrum þætti vistferilsgreiningar, söfnun og úrvinnsla upplýsinga (e. Life Cycle Inventory Analysis), er safnað upplýsingum um notkun hráefna, orku, hjálparefna og annarra auðlinda sem notuð eru við framleiðslu, notkun og förgun vörunnar sem og magn úrgangs og losun efna í jarðveg, andrúmsloft og vatn. Upplýsingarnar eru settar í samhengi við aðgerðareiningu vistferilsgreiningarinnar. Útkoma þessa hluta greiningarinnar er heildarsamantekt á notkun auðlinda og losun mengandi efna yfir vistferil vörunnar.



MYND 2 Fjórir þættir vistferilsgreiningar samkvæmt ISO stöðlum ISO 14040 og ISO 14044, samspil þeirra og tækifæri til hagnýtingar.

Upplýsingarnar úr öðrum þætti (söfnun og úrvinnslu upplýsinga) eru síðan grunnur fyrir þriðja þátt greiningarinnar, mati á umhverfisáhrifum (e. Life Cycle Impact Assessment). Þar er notkun auðlinda og losun mengandi efna safnað saman í umhverfisáhrifaflokka (e. Classification) og umreiknað í eina einingu fyrir hvern flokk (e. Characterization). Sem dæmi má nefna að gróðurhúsaáhrif metans sett fram í einingunni kílógrömmum af koltvísýringsígildum. Síðan er valfrjálst hvort haldið er áfram og niðurstöðurnar staðlaðar (e. Normalization) og vigtaðar (e. Weighing). Stöðlun fer þannig fram að niðurstöðum í hverjum flokki er deilt með viðmiðunargildi, til dæmis með árlegum meðalumhverfisáhrifum sem Evrópubúi veldur. Vigtnun er framkvæmd svo hægt sé að bera mismunandi flokka saman og er þá hverjum flokki gefið vægi.

Niðurstöður úr öðrum og þriðja þætti eru teknar saman, greindar og túlkaðar á síðasta stigi vistferilsgreiningar í samræmi við það markmið og umfang sem skilgreint hefur verið fyrir greininguna í fyrsta þætti.

2.1 Umhverfisáhrif

Við mat á umhverfisáhrifum er notast við viðurkenndar aðferðir til að meta áhrif í hverjum umhverfisáhrifaflokki. Hér er valið er að notast við þær aðferðir sem sameiginleg rannsóknarmiðstöð Evrópu um vistferilsgreiningar mælir með að notaðar séu við mat fyrir hverja tegund umhverfisáhrifa (JRC-IES, 2011). Þar er mælt með að umhverfisáhrif séu metin fyrir eftirfarandi flokka:

- Gróðurhúsaáhrif
- Eyðing ósonlagsins
- Svífryk
- Myndunar ósons við yfirborð jarðar
- Súrt regn
- Næringarefnaauðgun
- Visteiturhrif (eituráhrif á vistkerfi)
- Eituráhrif á fólk
- Auðlindanotkun
- Geislun

Hér að neðan er farið yfir þá flokka umhverfisáhrifa sem vistferilgreiningin nær yfir og er hver flokkur útskýrður í stuttu máli.

2.1.1 Gróðurhúsaáhrif

Gróðurhúsaáhrif valda breytingu á meðalhita jarðarinnar sem rekja má til losunar gróðurhúsalofttegunda af manna völdum, til dæmis koltvísýrings (CO_2), metans (CH_4), og brennisteinshexaflúoríðs (SF_6). Það er nú samhljóða álit alþjóðasamfélagsins að aukin losun þessara

lofttegunda hafi merkjanleg áhrif á loftslag jarðarinnar. Búist er við að hækkun meðalhita jarðar muni meðal annars hafa í för með sér miklar breytingar á loftslagi, valda eyðimerkurmyndun, hækkun á yfirborði sjávar og aukningu í útbreiðslu sjúkdóma (IPCC, 2007). Gróðurhúsaáhrif eru ýmist birt með eða án áhrifa af völdum kolefnis úr lífmassa, þ.e. kolefnis sem á uppruna sinn úr lífrænum uppsprettum (e. biogenic carbon) en ekki úr jarðefnauppsprettum (e. fossil carbon).

2.1.2 Eyðing ósonlagsins

Eyðing ósons í heiðhvolfinu stafar af klór- og brómsambanda sem berast upp í heiðhvolfið. Þau efnasambönd sem helst valda eyðingunni eru klórflúorkolefni (CFCs), halónar og vetnisklórflúorkolefni (HCFCs). Eyðing ósonlagsins dregur úr getu þess til að draga úr útfjólublárrí geislun við yfirborð jarðar, en slík geislun er talin krabbameinsvaldandi (PRé, 2008).

2.1.3 Svifryk

Svifryk í andrúmslofti má rekja til náttúrulegra uppspretta sem og frá athöfnum mannsins. Svifryk af manna völdum má helst rekja til eldsneytisbruna, umferðar og iðnaðar. Aukinn styrkur ryks í andrúmslofti getur leitt til kólnandi veðurfars, en gróft ryk veldur einnig sjónmengun og óþægindum en fínasta rykið dregur úr skyggni. Áhrif svifryks á heilsu fólks er háð stærð agnanna, en fínar agnir eru mun hættulegri en þær grófu þar sem agnir minni en 10 µm eiga greiða leið niður í lungu og geta safnast þar fyrir. Áhrifin fara þó eftir því hversu lengi og hve oft einstaklingur andar að sér menguðu lofti (Umhverfisstofnun, án árs).

2.1.4 Myndun ósons við yfirborð jarðar

Í andrúmslofti sem inniheldur köfnunarefnisoxíð (NO_x) og rokgjörn, lífræn efnasambönd (VOCs) getur óson myndast með aðstoð sólarljóss. Þrátt fyrir að óson sé mjög mikilvægt í efri lögum lofthjúpsins er aukinn styrkur ósons í andrúmsloftinu við yfirborð jarðar óæskilegur og getur meðal annars valdið uppskerubresti sem og aukið tíðni asma og annarra lungnasjúkdóma (JRC-IES, 2011).

2.1.5 Súrt regn

Súrt regn myndast þegar regn hvarfast við mengandi lofttegundir í andrúmsloftinu. Þær lofttegundir sem helst valda myndun súrs regns eru ammoníak (NH_3), köfnunarefnisoxíð (NO_x) og brennisteinstvíoxíð (SO_2). Þar sem súrt regn fellur til jarðar, oft nokkuð fjarri uppsprettu mengunarinnar, veldur það oft og tíðum verulegum skemmdum á vistkerfum. Skaðinn er mismunandi eftir gerð vistkerfa, en súrt regn getur valdið miklum skaða í skóglendi, á dýralífi, vötnum og mannvirkjum (JRC-IES, 2011).

2.1.6 Næringarefnaauðgun

Nítröt og fosföt eru nauðsynleg öllu lífi, en of hár styrkur næringarefna, til dæmis í vatni, getur þó valdið óhóflegum þörungavexti og rotnun í kjölfarið sem leiðir af sér lækkaðan styrk súrefnis í vatninu. Næringarefnaauðgun getur valdið miklum skaða í vatnavistkerfum með aukinni dánartíðni vatnalífvera. Losun ammoníaks, nítrata, nituroxíða og fosfórs í andrúmsloft og vötn geta valdið næringarefnaauðgun (JRC-IES, 2011).

2.1.7 Visteiturhrif

Losun ýmissa efna, þar á meðal þungmálma, geta haft neikvæð áhrif á vistkerfi. Álag á vistkerfi geta átt sér stað þegar styrkur mengandi efna verður hærri en náttúrlegur styrkur efnanna og hefur þannig áhrif á lífverur.

2.1.8 Eituráhrif á fólk

Losun ýmissa efna, til dæmis PAH efna, geta haft áhrif á heilsu manna. Í vistferilsgreiningunni eru eituráhrif á fólk sem talin eru stuðla að krabbameini greind frá öðrum eituráhrifum.

2.1.9 Auðlindanotkun

Hér er átt við nýtingu óendurnýjanlegra auðlinda, svo sem vatns, málmgrýtis, steinefna og jarðefnaeldsneytis. Eingöngu er átt við eyðingu auðlindanna, en ekki þau umhverfisáhrif sem tengja má við vinnslu og notkun þeirra (PRé, 2008).

2.1.10 Geislun

Losun geislavirkra efna sem hafa áhrif á heilsu manna.

3 VISFERILSGREINING STÁLKASSABRÚAR YFIR GRÍMSÁ VIÐ FOSSATÚN

Hér er gerð grein fyrir vistferilsgreiningu á brúnni yfir Grímsá við Fossatún í Borgarfirði. Í samræmi við aðferðarfræði vistferilsgreiningar, sem lýst var í fyrri kafla, er umfjölluninni skipt þrjá þætti, það er í fyrsta lagi umfjöllun um markmið og umfang greiningarinnar, í öðru lagi umfjöllun um öflun og úrvinnslu gagna og í þriðja lagi umfjöllun um mat á umhverfisáhrifum. Fyrst er þó fjallað nánar um brúna sem greiningin miðar við.

3.1 Grímsárbrúin við Fossatún í Borgarfirði

Brúin yfir Grímsá við Fossatún í Borgarfirði er á vegi númer 50, Borgarfjarðarbraut, en staðsetningu hennar má sjá á mynd 3. Á mynd 4 má sjá ljósmynd af brúnni. Bygging brúarinnar hófst haustið 1999 og lauk fyrri hluta sumars árið 2000, en hlé var á framkvæmdum um veturinn. Brúin er samverkandi stálkassabru (e. composite steel girder box bridge).

Grunnmynd og hliðarmynd brúarinnar má sjá á mynd 5. Brúin er með tveimur akbrautum. Hún er 88 metra löng með þremur höfum, 21 metra, 38 metra, og 29 metra löngum. Akbrautirnar eru samtals 7 metra breiðar en beggja vegna þeirra eru 0,5 metra breiðar bríkur. Heildarbreidd brúarinnar er 8 metrar. Nýtanlegur flötur til aksturs yfir ána er brúargólfið milli bríka, en flatarmál þess er 616 fermetrar. Eins og sést á mynd 5 er brúin er sveigð, með 900 metra beygjuradí. Langhalli brúarinnar er 1,75% og þverhalli akbrauta er 4,3%. Brúin er grunduð á klöpp með bergboltum, en fleygað var fyrir sökkulgrýfjum. Slegið var upp mótum fyrir steypu sökkla, stöpla, endabita og bríka, en yfirborð brúargólfs var steypst ofan á forsteyptar einingar sem bornar eru uppi af stálbitum sem hvíla á stöplunum. Á byggingartíma voru reistir pallar undir stálbitana, svo þá mætti sjóða saman. Á báðum endum brúarinnar eru sigplötur. Vegrið brúarinnar eru fest á bríkurnar með innsteypnum festingum. Vegriðin ná út fyrir brúna beggja vegna og eru samtals 240 metra löng. Ofan á vegriðið á brúarbríkinni er fest handrið. Hámarksuferðarhraði á brúnni 90 kílómetrar á klukkustund og samkvæmt Vegagerðinni (2015) nam svokölluð sumardagsumferð (SDU) á vegkafla brúarinnar 1000 bílum á

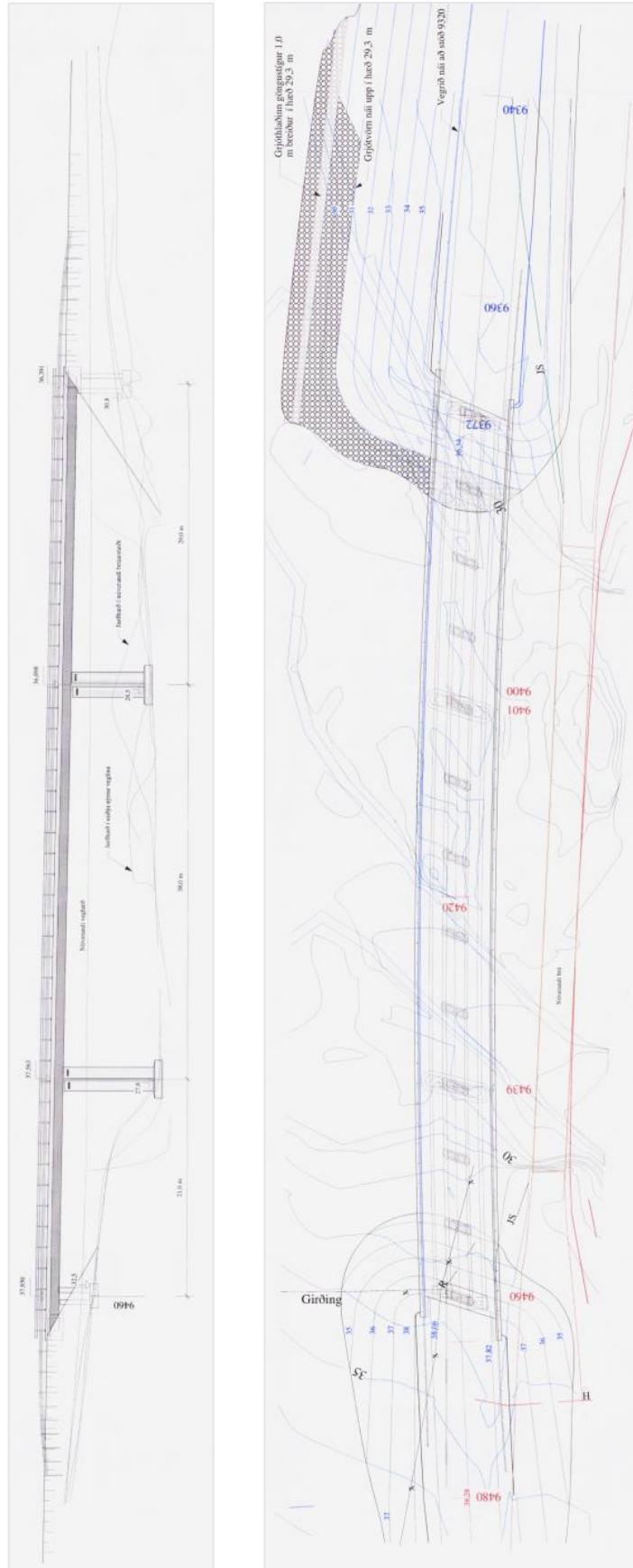
sólarhring árið 2015, en sama ár nam ársdagsumferð (ÁDU) 620 bílum á sólarhring og vetrardagsumferð (VDU) 360 bílum á sólarhring.



MYND 3 Staðsetning brúarinnar yfir Grímsá við Fossatún er sýnd með rauðum punkti. Gögn til kortagerðar eru fengin frá Landmælingum Íslands.



MYND 4 Brúin yfir Grímsá við Fossatún í Borgarfirði. Ljósmyndin er fengin frá Baldvini Einarssyni.



MYND 5 Grunnmynd og hliðarmynd brúarinnar yfir Grímsá við Fossatún. Teikningar eru fengnar frá Vegagerðinni

3.2 Markmið og umfang vistferilsgreiningarinnar

Umfang vistferilsgreiningarinnar ræðst af markmiði hennar, vali á aðgerðareiningu og kerfismörkum. Hér er gerð nánari grein fyrir þessum atriðum.

3.2.1 Markmið

Markmið þessa verkefnis er að meta með aðferðafræði vistferilsgreiningar umhverfisáhrif alls vistferils stálbrúar í íslenska þjóðvegakerfinu. Er það gert með því að vistferilsgreina valda brú úr vegakerfinu, en brúin sem er greind var valin með því augnarmiði að hún geti talist sambærileg við aðrar brýr í þjóðvegakerfinu. Áður hefur EFLA unnið vistferilsgreiningu fyrir steinsteypta brú (EFLA, 2014) sem valin var með sama hætti. Niðurstöður þessara greininga má nýta til að leggja mat á umhverfisáhrif fleiri brúa en eingöngu þeirra sem greindar hafa verið sérstaklega í þessum tveimur verkefnum.

3.2.2 Aðgerðareining

Valin er aðgerðareiningin (e. functional unit) 1 fermetri af nýtanlegu brúargólfi (brúargólfi milli bríka) sem endist í 100 ár, líkt og í vistferilsgreiningu EFLU (2014) á steinsteyptri brú. Sú aðgerðareining leyfir samanburð milli brúa af mismunandi stærð og hentar betur en til dæmis lengd brúar sem leyfir illa samanburð brúa með ólíkan fjölda akbrauta. Þrátt fyrir þetta er samanburðarhæfnin ekki fullkomin, enda er umfang brúarbyggingar í samanburði við brúargólf misjafnt og ræðst það meðal annars af aðstæðum á brúarstæðinu. Aðgerðareiningin gerir ráð fyrir 100 ára líftíma sem er algengur líftími í vistferilsgreiningum fyrir brýr (Dequidt, 2012 og Hammervold o.fl., 2013).

3.2.3 Kerfismörk

Leitast er við að gera fulla vistferilsgreiningu, þ.e. að láta kerfismörk (e. system boundaries) greiningarinnar ná utan um alla fasa vistferilsins, allt frá öflun hráefna til förgunar (fasar A til og með C) fyrir ráðgerðan 100 ára líftíma brúarinnar. Innifalið í því er öflun hráefna og orku til byggingar og reksturs brúarinnar, flutningar byggingarefna og tækja, efnis- og orkunotkun vegna viðhalds og reksturs brúarinnar auk niðurrifs og förgunar sem gert er ráð fyrir í lok líftímans.

Dæmi um þætti sem falla innan kerfismarkna eru notkun orku og efna á líftíma brúarinnar, uppsetning aðstöðu og vinnubúða, keyrsla díselrafstöðvar á verkstað, hlutdeild í sliti vinnuvéla, flutningur byggingarefnis og tækja og afföll mótatimburs vegna uppsteypu. Dæmi um þætti sem eru utan kerfismarkna er vegurinn upp að brúargólfinu og það sem honum fylgir, eins og til dæmis vegstikur og skilti. Þó er vegriðið sem nær frá brúnni út á veginn tekið með, enda má líta má svo á að það tilheyri brúnni. Í samræmi við ÍST EN 15978 þá eru áhrif af endurvinnslu byggingarefna (fasi D í vistferli) einnig

höfð utan kerfismarka, en til upplýsingar eru þau þó engu að síður metin og birt með öðrum niðurstöðum.

Vistferilsgreining felur í sér að litið er á umhverfisáhrif sem verða víða um heim. Stærstur hluti umhverfisáhrifa vegna öflunar hráefna fer fram erlendis. En öflun jarðefna, bygging, notkun, viðhald og förgun fer fram á Íslandi. Gert er ráð fyrir að stál og steypustyrktarjárn brúarinnar sé endurunnið erlendis.

TAFLA 1 Vistferill brúarinnar yfir Grímsá, greindur í vistferilspætti í samræmi við skiptingu ÍST EN 15978.

FASI VISTFERILS	TILVÍSUNARNÚMÉR Í STAÐLI	LÝSING
Öflun og vinnsla hráefna	A1 – A3	Öflun og framleiðsla hráefna (byggingarefna) til brúarbyggingarinnar, svo sem stáls, steypu, plasts o.s.frv.
Flutningar á verkstað	A4	Flutningar hráefna frá framleiðanda á verkstað og flutningur tækja til og frá verkstað.
Bygging brúar	A5	Efnisnotkun á verkstað, til dæmis eldsneytiseyðsla tækja á verkstað og afföll mótatimburs. Hér er einnig tekið tillit til aðstöðusköpunar.
Viðhald og rekstur brúar	B1 – B7	Viðhald (endurnýjun kápusteypu, málningar vegriðs, slitlags og vegmerkinga) og rekstur (snjómokstur, söltun) á ráðgerðum 100 ára líftíma brúarinnar.
Förgun mannvirkis	C1 – C4	Gert er ráð fyrir að mannvirkið sé rifið, og því fargað að loknum byggingartíma.
Áhrif endurvinnslu (fasi utan kerfismarka)	D	Jákvæð eða neikvæð umhverfisáhrif endurvinnslu og tilheyrandi ferla sem eiga sér stað utan kerfismarka.

3.2.4 Mat á umhverfisáhrifum

Við mat á umhverfisáhrifum verður lögð til grundvallar aðferðin sem sameiginleg rannsóknarmiðstöð Evrópu um vistferilsgreiningar setur fram í ILCD handbókinni (e. International Reference Life Cycle Data System) (JRC-IES, 2011). Stöðlun umhverfisáhrifa (e. Normalization) og vigtun umhverfisáhrifaflokka (e. Weighing) eru ekki hluti af aðferðinni í ILCD handbókinni. Í vistferilsgreiningu fyrir steinsteyppta brú (EFLA, 2014) voru stöðlun og vigtun samt sem áður gerðar með ReCiPe 1.08 aðferðinni til að meta hvaða umhverfisáhrifaflokkar skipta mestu máli fyrir það mannvirki. Stöðlun og vigtun verða ekki gerðar í þessari greiningu en lögð verður sérstök áhersla á þá þrjá flokka sem í fyrra verkefni voru metnir mikilvægastir. Þessir flokkar eru gróðurhúsaáhrif, eyðing auðlinda og svifryk. Litið er til gróðurhúsaáhrifa að meðtöldum áhrifum kolefnis úr lífmassa, þ.e. kolefnis frá lífrænum uppsprettum (e. climate change, including biogenic carbon). Það þýðir til dæmis að CO₂ losun frá förgun timburs er tekin með en einnig að tekinn sé með hagnaður af bindingu CO₂ í trjánnum sem timbrið var framleitt úr.

3.3 Úrvinnsla gagna

Fáanlegar upplýsingar voru nýttar til að taka saman sem besta mynd af efnis- og orkunotkun við byggingu, rekstur og líklegt fyrirkomulag förgunar brúarinnar yfir Grímsá. Gögnin gefa ekki tæmandi mynd af brúarframkvæmdinni, svo getið var í eyðurnar þegar þörf var á, byggt á mati höfunda og samstarfsaðila. Rétt er að taka niðurstöðum greiningarinnar með þessum fyrirvörum.

Allar magntölur eru skalaðar með flatarmáli brúarinnar, í samræmi við val á aðgerðareiningu sem fjallað var um í kafla 3.2.2. Þessar upplýsingar eru nýttar til smíði vistferilslíkans sem sækir upplýsingar um framleiðsluferla og umhverfisáhrif í gagnagrunna.

3.3.1 Uppruni upplýsinga

Upplýsingar um framkvæmdina eru fengnar úr efnisskrám, framkvæmdarskýrslum, og svokölluðum kostnaðar- og stigaáætlunum framkvæmdarinnar. Einnig voru teikningar af brúnni hafðar til hliðsjónar. Öll þessi gögn voru fengin frá Vegagerðinni. Takmarkaðar upplýsingar um efnisnotkun og vélartíma er að finna í framkvæmdaskýrslum og því byggja þær upplýsingar fyrst og fremst á efnisskrám og kostnaðar- og stigaáætlunum. Í grófum dráttum má segja að upplýsingar um efnisnotkun séu sóttar í efnisskrár en upplýsingar um vélartíma og annað þess háttar séu sóttar í kostnaðar- og stigaáætlanir. Upplýsingar í kostnaðar- og stigaáætlunum frá Vegagerðinni byggja á mati hönnuða brúarinnar en ekki rauntölum úr verkinu.

Upplýsingar voru sóttar í fyrri vistferilsgreiningar EFLU (EFLA, 2013 og EFLA, 2014) þar sem það var talið eiga við. Ef afla þurfti gagna um hráefni til byggingar eða viðhalds var leitað til birgja sem selja sambærilegar vörur. Þar sem þörf var á, vegna þess að fullnægjandi gögn voru ekki auðfáanleg, fylltu höfundar í eyður eftir bestu vitund.

Upplýsingar um framleiðsluferla og umhverfisáhrif eru fengnar úr sérhæfðum gagnagrunni fyrir vistferilsgreiningar, Ecoinvent 2.2. Gögn fyrir nokkur ferli (e. Processes) koma úr GaBi Professional Database frá thinkstep. Hugbúnaðurinn GaBi 6 frá thinkstep var notaður við gerð vistferilsgreiningarinnar.

3.3.2 Öflun og vinnsla hráefna til brúargerðar (fasar A1-A3)

Fyrsti fasi vistferilsins er öflun og vinnsla hráefna til brúargerðarinnar. Þessi fasi tekur til öflunar hráefna og úrvinnslu þeirra, fram að því að þau eru tilbúin til flutnings á verkstað. Hér á eftir er fjallað um forsendur um efnisnotkun fyrir hvern byggingarhluta brúarinnar.

3.3.2.1 Sökkjar

Sökkjar brúarinnar eru undirstöðurnar undir stöplana sem bera uppi yfirbygginguna. Í vistferilslíkaninu er tekið tillit til járnbenstrar steinsteypu, þakinni með steypuþekju, auk þess sem gert er ráð fyrir sementi og steypustyrktarjárn í bergbolta. Ráðgerð efnisnotkun í þennan byggingarhluta er tekin saman í töflu 2 ásamt skýringum. Magntölur eru settar fram sem magn á hvern fermetra nýtanlegs brúargólfs.

TAFLA 2 Ráðgerð efnisnotkun í sökkla, sett fram sem magn byggingarefna á hvern fermetra brúargólfs.

ÞÁTTUR	MAGN Á FERMETRA NÝTANLEGS BRÚARGÓLFS		ATHUGASEMD	GÖGN NÝTT VIÐ MAGNÁÆTLUN
Steypa	180	kg	Miðað er við C35/45 steypu.	Efnisskrá og framkvæmdarskýrsla.
Steypuþekja	5,6	g	Líkt var eftir KWB steypuþekju með vaxi frá Kemis ehf.	Forsendur fyrri greiningar (EFLA, 2014) og mat á yfirborði út frá mótaflötum í efnisskrám.
Sement í bergbolta	0,25	kg	Miðað er við portland sement.	Metið út frá fjölda bergbolta í kostnaðar- og stigaáætlun.
Steypustyrktarjárn	4,8	kg		Kostnaðar- og stigaáætlun.

3.3.2.2 Stöplar

Yfirbygging brúarinnar hvílir á gúmmilegum á steiptum stöplum. Í vistferilslíkaninu er tekið tillit til járnbenstrar steinsteypu í stöplana, þaktri með steypuþekju, auk gúmmís og stáls í legur og leguplötur. Ráðgerð efnisnotkun í þennan byggingarhluta er tekin saman í töflu 3, ásamt skýringum. Magntölur eru settar fram sem magn á hvern fermetra nýtanlegs brúargólfs.

TAFLA 3 Ráðgerð efnisnotkun í stöpla og legur, sett fram sem magn byggingarefna á hvern fermetra brúargólfs.

ÞÁTTUR	MAGN Á FERMETRA NÝTANLEGS BRÚARGÓLFS		ATHUGASEMD	GÖGN NÝTT VIÐ MAGNÁÆTLUN
Steypustyrktarjárn	15	kg		Efnisskrár og kostnaðar- og stigaáætlun.
Steypa	170	kg	Miðað er við almenna C35/45 steypu.	Efnisskrár.
Steypuþekja	20	g	Líkt var eftir KWB steypuþekju með vaxi frá Kemis ehf.	Forsendur fyrri greiningar (EFLA, 2014) og mat á yfirborði út frá mótaflötum í efnisskrám.
Leguplötur	0,81	kg	Gert er ráð fyrir að leguplötur séu úr stáli. Miðað er við almenna stálframleiðslu.	Efnisskrár.
Legur	0,45	kg	Gert er ráð fyrir að legur séu úr gúmmí. Miðað er við almenna gúmmíframleiðslu.	Efnisskrár.

3.3.2.3 Yfirbygging

Yfirbyggingin samanstendur af burðarbitum úr stáli sem bera uppi steyp brúargólf. Í vistferilslíkaninu er tekið tillit til stálbita, málmhúðunar þeirra og málningar auk járnbenstrar steinsteypu í brúargólfið, þakinni með steypupekju. Ráðgerð efnisnotkun í byggingarhlutann er tekin saman í töflu 4, ásamt skýringum. Magntölur eru settar fram sem magn á hvern fermetra nýtanlegs brúargólfs.

TAFLA 4 Ráðgerð efnisnotkun í yfirbyggingu, sett fram sem magn byggingarefna á hvern fermetra brúargólfs.

ÞÁTTUR	MAGN Á FERMETRA NÝTANLEGS BRÚARGÓLFS		ATHUGASEMD	GÖGN NÝTT VIÐ MAGNÁÆTLUN
Steypupekja	35	g	Líkt var eftir KWB steypupekju með vaxi frá Kemis ehf.	Forsendur fyrri greiningar (EFLA, 2014) og mat á yfirborði út frá mótaflötum í efnisskrám.
Stálbitar	200	kg		Efnisskrár.
Málmhúðun	1,3	m ²	Miðað er við að stálbitarnir séu húðaðir með sinkhúð.	Yfirborð metið út frá teikningum.
Epoxy málning og grunnur	0,47	kg	Miðað er við almenna epoxy málningu.	Yfirborð metið út frá teikningum.
Pólýúreþan yfirmálning	0,11	kg	Miðað er við almenna polýúreþan málningu.	Yfirborð metið út frá teikningum.
Spenniboltar	0,26	kg	Miðað er við almenna stálframleiðslu.	Efnisskrár.
Steypustyrktarjárn	70	kg		Efnisskrár og kostnaðar- og stigaáætlun.
Steypa	920	kg	Miðað er við almenna C35/45 steypu.	Efnisskrár og kostnaðar- og stigaáætlun.

3.3.2.4 Sigplötur

Gert er ráð fyrir sigplötum þar sem brúargólf mætir veginum í báðum endum brúarinnar. Í vistferilslíkaninu er tekið tillit til járnbenstrar steinsteypu í sigplöturnar. Ráðgerð efnisnotkun í byggingarhlutann er tekin saman í töflu 5, ásamt skýringum. Magntölur eru settar fram sem magn á hvern fermetra nýtanlegs brúargólfs.

TAFLA 5 Ráðgerð efnisnotkun í sigplötur, sett fram sem magn byggingarefna á hvern fermetra brúargólfs.

ÞÁTTUR	MAGN Á FERMETRA NÝTANLEGS BRÚARGÓLFS		ATHUGASEMD	GÖGN NÝTT VIÐ MAGNÁÆTLUN
Steypustyrktarjárn	0,66	kg		Efnisskrár.
Steypa	18	kg	Miðað er við almenna C35/45 steypu.	Efnisskrár.

3.3.2.5 Vegrið og handrið

Á brúnni eru vegrið og handrið. Í vistferilslíkaninu er tekið tillit stáls í vegriðin og handriðin, sinkhúðunar og steypu undir vegriðið. Ráðgerð efnisnotkun í byggingarhlutann er tekin saman í töflu 6, ásamt skýringum. Magntölur eru settar fram sem magn á hvern fermetra nýtanlegs brúargólfs.

TAFLA 6 Ráðgerð efnisnotkun í vegrið og handrið, sett fram sem magn byggingarefna á hvern fermetra brúargólfs.

ÞÁTTUR	MAGN Á FERMETRA NÝTANLEGS BRÚARGÓLFS		ATHUGASEMD	GÖGN NÝTT VIÐ MAGNÁÆTLUN
Steypa	0,39	kg	Miðað er við almenna C35/45 steypu.	Efnisskrár.
Stáhlutir	11	kg	Miðað er við almenna stálframleiðslu.	Efnisskrár.
Yfirborðshúðun	0,75	m ²	Miðað er við að stálið sé húðaðir með sinkhúð.	Yfirborð metið út frá teikningum.

3.3.2.6 Vegmerking

Niðurstöður úr visferilsgreiningu fyrir veg (EFLA, 2013) eru nýttar til að taka tillit til vegmerkingar brúargólfsins. Þar er lagt mat á magn sprautumassa og glerperla sem þarf til vegmerkingar á 1000 metrum vegar. Grímsárbrúin er 88 metra löng, og lengd vegmerkingar á hvern fermetra nýtanlegs brúargólfs er tiltekin í töflu 7.

TAFLA 7 Lengd vegmerkingar á brúnni, sett fram sem lengd á hvern fermetra nýtanlegs brúargólfs.

ÞÁTTUR	VEGALENGD Á FERMETRA NÝTANLEGS BRÚARGÓLFS		ATHUGASEMD	GÖGN NÝTT VIÐ MAGNÁÆTLUN
Vegmerking	0,14	m	Gert er ráð fyrir 333 kg af sprautumassa og 35 kg af glerperlum á hverja 1000 metra vegmerkingar.	Teikningar og forsendur vistferilsgreiningar fyrir veg (EFLA, 2013).

3.3.2.7 Aðrir byggingarhlutar

Gert er ráð fyrir niðurföllum á brúnni og rörum fyrir síma eða rafmagn. Einnig eru festingar í efnisskrám sem gert er ráð fyrir að séu úr stáli. Magntölur eru settar fram sem magn á hvern fermetra nýtanlegs brúargólfs.

TAFLA 8 Ráðgerð efnisnotkun vegna annarra byggingarhluta, sett fram sem magn á hvern fermetra nýtanlegs brúargólfs.

ÞÁTTUR	MAGN Á FERMETRA NÝTANLEGS BRÚARGÓLFS		ATHUGASEMD	GÖGN NÝTT VIÐ MAGNÁÆTLUN
Niðurföll	0,065	kg	Gert er ráð fyrir að niðurföll séu samsett úr plaströrum og stáli.	Efnisskrár.
Festingar (vinklar o.fl.)	0,75	kg	Miðað er við almenna stálframleiðslu.	Efnisskrár.
Rör fyrir síma og rafmagn	0,31	kg	Gert er ráð fyrir að rör séu úr PVC plasti.	Efnisskrár.

3.3.3 Flutningar á verkstað vegna brúarbyggingar (fasi A4)

Annar fasi vistferilsins eru flutningar á verkstað. Tekið var tillit til flutninga helstu byggarefna frá framleiðslustað á verkstað með því að gera ráð fyrir akstri og sjóflutningum. Með sama hætti er tekið

tillit til flutnings tækja að og frá verkstað. Upplýsingum um flutning helstu byggingarefna hafði verið safnað í fyrri greiningu (EFLA, 2014) og eru sömu forsendur nýttar þar sem það er talið eiga við. Áætlaður flutningur er oftast settur fram sem margfeldi flutningsmassa og vegalengdar í einingunni tonn-kílómetrum (tonn·km), en í vissum tilfellum var miðað við vélatíma úr kostnaðar og stigaáætlun. Hér á eftir er fjallað um forsendur um flutninga fyrir hvern byggingarhluta brúarinnar auk tækja.

3.3.3.1 Jarðefni

Gert er ráð fyrir díselnotkun við akstur jarðefna á vörubílum. Jarðefni eru til dæmis notuð í vinnuþlön. Notkun díselolíu var metin út frá áætluðum keyrslutíma vélanna. Keyrslutími á hvern fermetra nýtanlegs brúargólfs er tilgreindur í töflu 9.

TAFLA 9 Ráðgerður akstur vörubíla vegna flutnings jarðefna, sett fram sem keyrslutími á hvern fermetra nýtanlegs brúargólfs.

ÞÁTTUR	MAGN Á FERMETRA NÝTANLEGS BRÚARGÓLFS		ATHUGASEMD	GÖGN NÝTT VIÐ MAGNÁÆTLUN
Díselolía vegna aksturs vörubíla	1,5	L	Eldsneytiseyðsla er metin af höfundum út frá áætluðum véartímum eða ekinni vegalengd.	Kostnaðar- og stigaáætlun.

3.3.3.2 Sökkjar

Gert er ráð fyrir að steypustyrktarjárn sé framleitt í Hvíta Rússlandi. Áætlaður er akstur að höfn í Litháen, sjóflutningur frá Litháen til Reykjavíkur og akstur á verkstað. Gert er ráð fyrir að steypa sé flutt frá Borgarnesi á verkstað. Massi byggingarefnanna var tilgreindur í kafla 3.3.2.1. Farmvegalengd á hvern fermetra nýtanlegs brúargólfs er tekin saman í töflu 10 ásamt skýringum.

TAFLA 10 Ráðgerðir flutningar á verkstað vegna byggingar sökkla, sett fram sem magn á hvern fermetra nýtanlegs brúargólfs.

ÞÁTTUR	MAGN Á FERMETRA NÝTANLEGS BRÚARGÓLFS		ATHUGASEMD	GÖGN NÝTT VIÐ MAGNÁÆTLUN
Sjóflutningar	7,5	tonn·km	Steypustyrktarjárn frá Litháen til Reykjavíkur (2.360 km).	Fyrrgreindar magntölur byggingarefna og forsendur vistferilsgreiningar á steypubru (EFLA, 2014).
Landflutningar	5,9	tonn·km	Steypustyrktarjárn að (490 km) og frá (90 km) höfn. Steypa frá Borgarnesi (20 km).	Fyrrgreindar magntölur byggingarefna og forsendur vistferilsgreiningar á steypubru (EFLA, 2014).

3.3.3.3 Stöplar

Gert er ráð fyrir að steypustyrktarjárn sé framleitt í Hvíta Rússlandi. Áætlaður er akstur að höfn í Litháen, sjóflutningur frá Litháen til Reykjavíkur og akstur á verkstað. Gert er ráð fyrir að steypa sé flutt frá Borgarnesi á verkstað. Gert er ráð fyrir að legur séu framleiddar í Þýskalandi og fluttar frá Rotterdam. Massi byggingarefnanna var tilgreindur í kafla 3.3.2.2. Farmvegalegd á hvern fermetra nýtanlegs brúargólfs er tekin saman í töflu 11 ásamt skýringum.

TAFLA 11 Ráðgerðir flutningar á verkstað vegna byggingar stöpla, sett fram sem farmvegalegd á hvern fermetra nýtanlegs brúargólfs.

ÞÁTTUR	MAGN Á FERMETRA NÝTANLEGS BRÚARGÓLFS		ATHUGASEMD	GÖGN NÝTT VIÐ MAGNÁÆTLUN
Sjóflutningar	37	tonn·km	Steypustyrktarjárn frá Litháen til Reykjavíkur (2.360 km). Legur frá Hollandi (2.190 km).	Fyrrgreindar magntölur byggingarefna og forsendur vistferilsgreiningar á steypubru (EFLA, 2014).
Landflutningar	13	tonn·km	Steypustyrktarjárn að (490 km) og frá (90 km) höfn. Steypa frá Borgarnesi (20 km). Legur að (710 km) og frá (90 km) höfn.	Fyrrgreindar magntölur byggingarefna og forsendur vistferilsgreiningar á steypubru (EFLA, 2014).

3.3.3.4 Yfirbygging

Gert er ráð fyrir að steypustyrktarjárn sé framleitt í Hvíta Rússlandi. Áætlaður er akstur að höfn í Litháen, sjóflutningur frá Litháen til Reykjavíkur og akstur á verkstað. Gert er ráð fyrir að steypa sé flutt frá Borgarnesi á verkstað. Gert er ráð fyrir að forsteyptar steypueiningar séu fluttar frá Reykjavík á verkstað. Gert er ráð fyrir að stálbitar í burðarvirki séu sjófluttir frá Wales til Reykjavíkur og ekið á verkstað. Massi byggingarefnanna var tilgreindur í kafla 3.3.2.3. Farmvegalegd á hvern fermetra nýtanlegs brúargólfs er tekin saman í töflu 12 ásamt skýringum.

TAFLA 12 Ráðgerðir flutningar á verkstað vegna byggingar yfirbyggingar, sett fram sem farmvegalegd á hvern fermetra nýtanlegs brúargólfs.

ÞÁTTUR	MAGN Á FERMETRA NÝTANLEGS BRÚARGÓLFS		ATHUGASEMD	GÖGN NÝTT VIÐ MAGNÁÆTLUN
Sjóflutningar	570	tonn·km	Steypustyrktarjárn frá Litháen til Reykjavíkur (2.360 km). Stálbitar í burðarvirki frá Wales (2.000 km).	Fyrrgreindar magntölur byggingarefna og forsendur vistferilsgreiningar á steypubru (EFLA, 2014).
Landflutningar	110	tonn·km	Steypustyrktarjárn að (490 km) og frá (90 km) höfn. Steypa frá Borgarnesi (20 km). Forsteyptar einingar frá Reykjavík (90 km). Landflutningur stálbita að (30 km) og frá (90 km) höfn.	Fyrrgreindar magntölur byggingarefna og forsendur vistferilsgreiningar á steypubru (EFLA, 2014).

3.3.3.5 Sigplötur

Gert er ráð fyrir að steypustyrktarjárn sé framleitt í Hvíta Rússlandi. Áætlaður er akstur að höfn í Litháen, sjóflutningur frá Litháen til Reykjavíkur og akstur á verkstað. Gert er ráð fyrir að steypa sé flutt frá Borgarnesi á verkstað. Massi byggingarefnanna var tilgreindur í kafla 3.3.2.4. Farmvegalengd á hvern fermetra nýtanlegs brúargólfs er tekin saman í töflu 13 ásamt skýringum.

TAFLA 13 Ráðgerðir flutningar á verkstað vegna byggingar sigplatna, sett fram sem farmvegalengd á hvern fermetra nýtanlegs brúargólfs.

ÞÁTTUR	MAGN Á FERMETRA NÝTANLEGS BRÚARGÓLFS		ATHUGASEMD	GÖGN NÝTT VIÐ MAGNÁÆTLUN
Sjóflutningar	1,5	tonn·km	Steypustyrktarjárn frá Litháen til Reykjavíkur (2.360 km).	Fyrrgreindar magntölur byggingarefna og forsendur vistferilsgreiningar á steypubru (EFLA, 2014).
Landflutningar	1,8	tonn·km	Steypustyrktarjárn að (490 km) og frá (90 km) höfn. Steypa frá Borgarnesi (20 km).	Fyrrgreindar magntölur byggingarefna og forsendur vistferilsgreiningar á steypubru (EFLA, 2014).

3.3.3.6 Vegrið og handrið

Gert er ráð fyrir að efni í vegrið og handrið séu framleidd í Evrópu og sjóflutt frá Rotterdam. Gert er ráð fyrir að steypa sé flutt frá Borgarnesi á verkstað. Massi byggingarefnanna var tilgreindur í kafla 3.3.2.5. Farmvegalengd á hvern fermetra nýtanlegs brúargólfs er tekin saman í töflu 14 ásamt skýringum.

TAFLA 14 Ráðgerðir flutningar á verkstað vegna smíði vegriða og handriða, sett fram sem farmvegalengd á hvern fermetra nýtanlegs brúargólfs.

ÞÁTTUR	MAGN Á FERMETRA NÝTANLEGS BRÚARGÓLFS		ATHUGASEMD	GÖGN NÝTT VIÐ MAGNÁÆTLUN
Sjóflutningar	24	tonn·km	Stálhlutir frá Hollandi til Reykjavíkur (2.190 km).	Fyrrgreindar magntölur byggingarefna og forsendur vistferilsgreiningar á steypubru (EFLA, 2014).
Landflutningar	8,9	tonn·km	Stálhlutir til (710 km) og frá (90 km) höfn. Steypa frá Borgarnesi (20 km).	Fyrrgreindar magntölur byggingarefna og forsendur vistferilsgreiningar á steypubru (EFLA, 2014).

3.3.3.7 Vegmerking

Fjallað er um forsendur um flutning efna í vegmerkingu í vistferilsgreiningu á vegi (EFLA, 2013). Massi byggingarefnanna var tilgreindur í kafla 3.3.2.6. Farmvegalegd á hvern fermetra nýtanlegs brúargólfs er tekin saman í töflu 15 ásamt skýringum.

TAFLA 15 Ráðgerðir flutningar á verkstað vegna vegmerkingar, sett fram sem farmvegalegd á hvern fermetra nýtanlegs brúargólfs.

ÞÁTTUR	MAGN Á FERMETRA NÝTANLEGS BRÚARGÓLFS		ATHUGASEMD	GÖGN NÝTT VIÐ MAGNÁÆTLUN
Sjóflutningar	0,14	tonn·km	Gert er ráð fyrir flutningum frá Svíþjóð og Þýskalandi.	Teikningar og forsendur vistferilsgreiningar fyrir veg (EFLA, 2013).
Landflutningar	0,0047	tonn·km	Flutningur á verkstað.	Teikningar og forsendur vistferilsgreiningar fyrir veg (EFLA, 2013).

3.3.3.8 Aðrir byggingarhlutar

Gert er ráð fyrir að aðrir byggingarhlutar séu fluttir frá Evrópu. Massi byggingarefnanna var tilgreindur í kafla 3.3.2.7. Farmvegalegd á hvern fermetra nýtanlegs brúargólfs er tekin saman í töflu 16 ásamt skýringum.

TAFLA 16 Ráðgerðir flutningar á verkstað vegna annarra byggingarhluta, sett fram sem farmvegalegd á hvern fermetra nýtanlegs brúargólfs.

ÞÁTTUR	MAGN Á FERMETRA NÝTANLEGS BRÚARGÓLFS		ATHUGASEMD	GÖGN NÝTT VIÐ MAGNÁÆTLUN
Sjóflutningar	2,5	tonn·km	Gert er ráð fyrir flutningum frá Evrópu.	Fyrrgreindar magntölur byggingarefna.
Landflutningar	0,55	tonn·km	Flutningur að höfn og á verkstað.	Fyrrgreindar magntölur byggingarefna.

3.3.3.9 Flutningur tækja

Gert er ráð fyrir flutningi tækja á verkstað. Notkun díselolíu var metin út frá áætluðum keyrslutíma vélanna. Eldnseytiseyðsla og farmvegalegd er tekin saman í töflu 17. Magntölur eru settar fram sem magn á hvern fermetra nýtanlegs brúargólfs.

TAFLA 17 Ráðgerð notkun díselolíu vegna flutninga tækja, sett fram sem magn á hvern fermetra nýtanlegs brúargólfs.

ÞÁTTUR	MAGN Á FERMETRA NÝTANLEGS BRÚARGÓLFS		ATHUGASEMD	GÖGN NÝTT VIÐ MAGNÁÆTLUN
Flutningur tækja	30	tonn-km	Farmvegalegd er metin af höfundum út frá vegalegdum á áætlunum.	Kostnaðar- og stigaáætlun.
Akstur vinnuvéla	1,75	L	Akstur vélkrana, 42 klst. Akstur dráttarvélar, 1,2 klst. Notkun díselolíu er metin af höfundum út frá áætluðum véartímum.	Kostnaðar- og stigaáætlun.

3.3.4 Bygging brúar (fasi A5)

Þriðji fasi vistferilsins er bygging brúarinnar. Í vistferilsgreiningu steinsteyprtar brúar (EFLA, 2014) voru fyrri þættirnir tveir (öflun og vinnsla hráefna og flutningar á verkstað) ekki greindir frá byggingu brúarinnar líkt og hér er gert. Tekið er tillit til eldsneytiseyðslu tækja og affalla mótatimburs. Hér á eftir er fjallað um forsendur um efnis- og orkunotkun fyrir hvern byggingarhluta brúarinnar auk aðstöðu og rafstöðar.

3.3.4.1 Jarðvinna

Gert er ráð fyrir notkun sprengiefnis og notkun díselolíu vegna keyrslu véla. Eldsneytiseyðsla var metin út frá áætluðum keyrslutíma vélanna. Eldsneytiseyðsla og efnisnotkun á hvern fermetra nýtanlegs brúargólfs er tekin saman í töflu 18.

TAFLA 18 Ráðgerð efnisnotkun og eldsneytiseyðsla vegna jarðvinnufrámkvæmda, sett fram sem magn á hvern fermetra nýtanlegs brúargólfs.

ÞÁTTUR	MAGN Á FERMETRA NÝTANLEGS BRÚARGÓLFS		ATHUGASEMD	GÖGN NÝTT VIÐ MAGNÁÆTLUN
Sprengiefni	0,019	kg		Kostnaðar- og stigaáætlun.
Eldsneytiseyðsla tækja	1,6	L	Vélskófla, 63 klst. Notkun díselolíu er metin af höfundum út frá áætluðum véartímum.	Kostnaðar- og stigaáætlun.

3.3.4.2 Sökkjar

Við byggingu sökkla er gert ráð fyrir notkun díselolíu vegna vélkrana auk þess sem gert er ráð fyrir afföllum steypumóta líkt og í fyrri greiningu (EFLA, 2014). Gert er ráð fyrir að steypumót endist að jafnaði í þrjú skipti, og því tilheyrir þriðjungur mótatimburs þessari framkvæmd. Notkun díselolíu var metin út frá áætluðum keyrslutíma vélanna. Tekið er tillit til áætlaðs innflutnings mótatimburs og urðunar þess. Eldsneytiseyðsla og efnisnotkun á hvern fermetra nýtanlegs brúargólfs er tekin saman í töflu 19.

TAFLA 19 Ráðgerð efnisnotkun og eldsneytiseyðsla vegna byggingar sökkla, sett fram sem magn á hvern fermetra nýtanlegs brúargólfs.

ÞÁTTUR	MAGN Á FERMETRA NÝTANLEGS BRÚARGÓLFS		ATHUGASEMD	GÖGN NÝTT VIÐ MAGNÁÆTLUN
Afföll mótatimburs	0,0012	m ³	Miðað er við að mótaflötur sökkla sé 47 m ² .	Efnisskrár og forsendur vistferilsgreiningar á steypubru (EFLA, 2014).
Díselolía vegna tækja	0,027	L	Vélkrani, 6 klst. Notkun díselolíu er metin af höfundum út frá áætluðum véartímum.	Kostnaðar- og stigaáætlun.

3.3.4.3 Stöplar

Við byggingu stöpla er gert ráð fyrir brennslu díselolíu vegna vélkrana auk þess sem gert er ráð fyrir afföllum steypumóta líkt og í fyrri greiningu (EFLA, 2014). Gert er ráð fyrir að steypumót endist að jafnaði í þrjú skipti, og því tilheyri þriðjungur mótatimburs þessari framkvæmd. Tekið er tillit til áætlaðs innflutnings mótatimburs og urðunar þess. Notkun díselolíu var metin út frá áætluðum keyrslutíma vélanna. Eldsneytiseyðsla og efnisnotkun á hvern fermetra nýtanlegs brúargólfs er tekin saman í töflu 20.

TAFLA 20 Ráðgerð efnisnotkun og eldsneytiseyðsla vegna byggingar stöpla, sett fram sem magn á hvern fermetra nýtanlegs brúargólfs.

ÞÁTTUR	MAGN Á FERMETRA NÝTANLEGS BRÚARGÓLFS		ATHUGASEMD	GÖGN NÝTT VIÐ MAGNÁÆTLUN
Afföll mótatimburs	0,0043	m ³	Miðað er við að mótaflötur stöpla sé 164 m ² .	Efnisskrár og forsendur vistferilsgreiningar á steypubru (EFLA, 2014).
Díselolía vegna tækja	0,026	L	Vélkrani, 5 klst. Notkun díselolíu er metin af höfundum út frá áætluðum véartímum.	Kostnaðar- og stigaáætlun.

3.3.4.4 Yfirbygging

Við byggingu yfirbyggingar er gert ráð fyrir notkun díselolíu vegna vélkrana og steypudælu auk þess sem gert er ráð fyrir afföllum steypumóta líkt og í fyrri greiningu (EFLA, 2014). Gert er ráð fyrir að steypumót endist að jafnaði í þrjú skipti, og því tilheyri þriðjungur mótatimburs þessari framkvæmd. Tekið er tillit til áætlaðs innflutnings mótatimburs og urðunar þess. Eldsneytiseyðsla var metin út frá áætluðum keyrslutíma vélanna. Eldsneytiseyðsla og efnisnotkun á hvern fermetra nýtanlegs brúargólfs er tekin saman í töflu 21.

TAFLA 21 Ráðgerð efnisnotkun og eldsneytiseyðsla vegna byggingar yfirbyggingar, sett fram sem magn á hvern fermetra nýtanlegs brúargólfs.

ÞÁTTUR	MAGN Á FERMETRA NÝTANLEGS BRÚARGÓLFS		ATHUGASEMD	GÖGN NÝTT VIÐ MAGNÁÆTLUN
Afföll mótatimburs	0,0041	m ³	Miðað er við að mótaflötur yfirbyggingar sé 298 m ² .	Efnisskrár og forsendur vistferilsgreiningar á steypubru (EFLA, 2014).
Díselolía vegna tækja	3,4	L	Vélkrani, 173 klst. Steypudæla, 14 klst. Notkun díselolíu er metin af höfundum út frá áætluðum vélartímum.	Kostnaðar og stigaáætlun.

3.3.4.5 Aðstöðusköpun og aðrir vélátímar

Við aðstöðusköpun er gert ráð fyrir flutningi vinnubúða og notkun díselolíu vegna keyrslu tækja, t.d. við gerð vinnuplana. Notkun díselolíu var metin út frá áætluðum keyrslutíma vélanna. Eldsneytiseyðsla og farmvegalengd er tekin saman í töflu 22. Áhrif vegna vinnupalla í þessari framkvæmd eru metin hverfandi, byggt á þeirri forsendu að þeir endist í áratugi og nýtist við fjölmargar brúarframkvæmdir. Magntölur eru settar fram sem magn á hvern fermetra nýtanlegs brúargólfs.

TAFLA 22 Ráðgerð eldsneytiseyðsla og farmvegalengd vegna aðstöðusköpunar, sett fram sem magn á hvern fermetra nýtanlegs brúargólfs.

ÞÁTTUR	MAGN Á FERMETRA NÝTANLEGS BRÚARGÓLFS		ATHUGASEMD	GÖGN NÝTT VIÐ MAGNÁÆTLUN
Díselolía vegna tækja	17	L	Ýmis tæki, 959 klst. Notkun díselolíu er metin af höfundum út frá áætluðum vélartímum.	Kostnaðar- og stigaáætlun.
Flutningur vinnubúða	63	tonn·km	Farmvegalengd er metin af höfundum út frá vegalengdum á áætlunum.	Kostnaðar- og stigaáætlun.

3.3.4.6 Rafstöð

Gert er ráð fyrir eldsneytiseyðslu vegna keyrslu díselrafstöðvar á verkstað. Eldsneytiseyðslan var metin út frá áætluðum keyrslutíma rafstöðvarinnar með sama hætti og í fyrri greiningu (EFLA, 2014). Eldsneytiseyðsla er tekin saman í töflu 23. Magntölur eru settar fram sem magn á hvern fermetra nýtanlegs brúargólfs.

TAFLA 23 Ráðgerð eldsneytiseyðsla vegna rafstöðvar, sett fram sem magn á hvern fermetra nýtanlegs brúargólfs.

ÞÁTTUR	MAGN Á FERMETRA NÝTANLEGS BRÚARGÓLFS		ATHUGASEMD	GÖGN NÝTT VIÐ MAGNÁÆTLUN
Keyrsla rafstöðvar	20	L	Gert er ráð fyrir keyrslu rafstöðvar í 64 daga, allan sólarhringinn. Eldsneytiseyðsla er metin af höfundum út frá áætluðum vélartímum.	Kostnaðar- og stigaáætlun og forsendur vistferilsgreiningar steypubúar (EFLA, 2014).

3.3.5 Viðhald og rekstur brúar (fasar B1-B7)

Fjórði fasi vistferilsgreiningarinnar er viðhald og rekstur brúarinnar á ráðgerðum líftíma hennar. Tekið er tillit til öflunar hráefna til viðhalds, flutnings þeirra á verkstað og förgun úrgangs sem fellur til. Efnisnotkun og flutningar vegna viðhalds og reksturs eru því ekki meðtalin í fyrri umfjöllun um þessa þætti vistferilsins. Einnig er tekið tillit til vetrarþjónustu brúarinnar. Hér á eftir er fjallað um forsendur um efnis- og orkunotkun vegna viðhalds slitlags, vegriða og handriða, kápusteypu, vegmerkinga og stálburðarvirkis.

3.3.5.1 Viðhald slitlags

Gert er ráð fyrir að efstu 8 cm slitlagsins séu brotnir og steypdir aftur með steypustyrktarjárn á 25-30 ára fresti, það er þrisvar sinnum á 100 ára líftíma brúarinnar. Miðað er við að steypuúrgangurinn sé mulinn og nýtur sem fylling í nálægri framkvæmd. Gert er ráð fyrir sömu forsendum um öflun steypu og steypustyrktarjárns og í fyrri köflum. Gert er ráð fyrir að steypustyrktarjárn sé flutt í móttökustöð til endurvinnslu. Magntölur nýttar í vistferilslíkan eru teknar saman í töflu 24, settar fram sem magn á hvern fermetra nýtanlegs brúargólfs.

TAFLA 24 Ráðgerð efnisnotkun og úrgangur vegna viðhalds á slitlagi brúar í hundrað ár, sett fram sem magn á hvern fermetra nýtanlegs brúargólfs. Gert er ráð fyrir að endurnýja þurfi slitlagið þrisvar sinnum á líftíma brúarinnar.

ÞÁTTUR	MAGN Á FERMETRA NÝTANLEGS BRÚARGÓLFS		ATHUGASEMD	GÖGN NÝTT VIÐ MAGNÁÆTLUN
Steypa	200	kg	Miðað er við C35/45 steypu. Gert er ráð fyrir flutningum frá Borgarnesi.	Forsendur fyrri kafla um efnisöflun og flutninga.
Steypustyrktarjárn	12	kg	Tekið er tillit til innflutnings nýs steypustyrktarjárns og flutnings þess á verksstað.	Forsendur fyrri kafla um efnisöflun og flutninga.
Fræsing og mulningur steypuúrgangs	200	kg	Gert er ráð fyrir að steypan sem brotin er upp úr slitlaginu sé mulin og nýtt sem fylling í nálæga framkvæmd.	
Förgun stáls	12	kg	Tekið er tillit til flutnings steypustyrktarjárnsins í móttökustöð.	

3.3.5.2 Viðhald vegriða og handriða

Gert er ráð fyrir að meðaltali sé búið að skipta út öllu vegriðinu á 30 ára fresti, það er þrisvar sinnum á 100 ára líftíma brúarinnar. Gert er ráð fyrir sömu forsendum um öflun og smíði vegriðanna og í fyrri köflum. Magntölur nýttar í vistferilslíkan eru teknar saman í töflu 25, settar fram sem magn á hvern fermetra nýtanlegs brúargólfs.

TAFLA 25 Ráðgerð efnisnotkun og úrgangur vegna viðhalds vegriða og handriða í hundrað ár, sett fram sem magn á hvern fermetra nýtanlegs brúargólfs. Gert er ráð fyrir að endurnýja þurfi vegriðin og handriðin þrisvar sinnum á líftíma brúarinnar.

ÞÁTTUR	MAGN Á FERMETRA NÝTANLEGS BRÚARGÓLFS		ATHUGASEMD	GÖGN NÝTT VIÐ MAGNÁÆTLUN
Stálhlutir	33	kg	Tekið er tillit til innflutnings nýrra vegriða og handriða og flutning þeirra á verkstað.	Forsendur fyrri kafla um efnisöflun og flutninga.
Yfirborðshúðun	2,3	m ²	Miðað er við að stálið sé húðað að utanverðu með sinki.	Forsendur fyrri kafla um efnisöflun og flutninga.
Förgun stáls	33	kg	Tekið er tillit til niðurrifs vegriðanna og flutnings í móttökustöð.	

3.3.5.3 Viðhald steyptra hluta

Gert er ráð fyrir að steyp sé kápa utan á sökklá, stöpla og bríkur þegar brúin er orðin 50 ára gömul, það er einu sinni á líftíma brúarinnar. Þá eru efstu 8 cm brotnir af og steypdir aftur. Gert er ráð fyrir sömu forsendum um öflun og flutning steypu og í fyrri köflum. Gert er ráð fyrir að steypuúrgangurinn sé mulinn og nýttur sem fylling í ótilgreindri nálægri framkvæmd, og því er flutningur steypuúrgangsins metinn hverfandi. Ráðgert magn steypu sem endurnýja þarf á hvern fermetra nýtanlegs brúargólfs er tilgreint í töflu 26.

TAFLA 26 Ráðgerð efnisnotkun og úrgangur vegna viðhalds steyptra hluta í hundrað ár, sett fram sem magn á hvern fermetra nýtanlegs brúargólfs. Gert er ráð fyrir að steypa þurfi kápu á steyptra hluta brúarinnar einu sinni á líftíma hennar.

ÞÁTTUR	MAGN Á FERMETRA NÝTANLEGS BRÚARGÓLFS		ATHUGASEMD	GÖGN NÝTT VIÐ MAGNÁÆTLUN
Steypa	165	kg	Miðað er við C35/45 steypu. Gert er ráð fyrir flutningum frá Borgarnesi.	Forsendur fyrri kafla um efnisöflun og flutninga.
Fræsing og mulningur steypuúrgangs	165	kg	Gert er ráð fyrir að steypan sem brotin er upp úr slitlaginu sé mulin og nýtt sem fylling í nálæga framkvæmd.	

3.3.5.4 Viðhald vegmerkinga

Gert er ráð fyrir að endurnýja þurfi vegmerkingu á hverju ári, það er 98 sinnum á líftíma brúarinnar. Gert er ráð fyrir sömu forsendum um efnisnotkun og öflun hráefna og í fyrri köflum. Í töflu 27 er vegalengd nýrrar vegmerkingar vegna endurnýjunar tilgreind, en magntalan er sett fram sem vegalengd nýrrar vegmerkingar á hvern fermetra nýtanlegs brúargólfs.

TAFLA 27 Ráðgerð vegalengd nýrrar vegmerkingar á brúargólfi vegna árlegs viðhalds, sett fram sem vegalengd vegmerkingar á hvern fermetra nýtanlegs brúargólfs. Gert er ráð fyrir að merkja þurfi brúna 98 sinnum á líftíma hennar.

ÞÁTTUR	VEGALENGD Á FERMETRA NÝTANLEGS BRÚARGÓLFS	ATHUGASEMD	GÖGN NÝTT VIÐ MAGNÁÆTLUN
Vegmerking	14 m	Tekið er tillit til öflunar hráefna og flutninga á verkstað. Gert er ráð fyrir 333 kg af sprautumasssa og 35 kg af glerperlum á hverja 1000 metra vegmerkingar.	Forsendur fyrri kafla um efnisöflun og flutninga.

3.3.5.5 Viðhald stálburðarvirkis

Gert er ráð fyrir að stálburðarvirki sé endurmálað í áföngum. Miðað er við að þetta viðhald málningarinnar á 100 ára líftíma brúarinnar jafngildi því að brúin sé hreinsuð að fullu og endurmáluð tvisvar sinnum. Ráðgerð efnisnotkun sem því fylgir er tilgreind í töflu 28, sett fram sem magn á hvern fermetra nýtanlegs brúargólfs.

TAFLA 28 Ráðgerð efnisnotkun vegna viðhalds málningar stálburðarvirkis í hundrað ár, á hvern fermetra nýtanlegs brúargólfs. Gert er ráð fyrir að viðhaldið jafngildi því að málningin sé fjarlægð og endurmáluð tvisvar sinnum á líftíma brúarinnar.

ÞÁTTUR	MAGN Á FERMETRA NÝTANLEGS BRÚARGÓLFS	ATHUGASEMD	GÖGN NÝTT VIÐ MAGNÁÆTLUN
Epoxy málning og grunnur	0,94 kg		Forsendur fyrri kafla um efnisöflun og flutninga.
Pólýureþan yfirmálning	0,22 kg		Forsendur fyrri kafla um efnisöflun og flutninga.

3.3.5.6 Vetrarþjónusta

Gert er ráð fyrir vetrarþjónustu á líftíma brúarinnar. Nýttar eru forsendur vistferilsgreiningar fyrir veg (EFLA, 2013), en þar voru umhverfisáhrif vetrarþjónustu metin á hvern kílómetra vegar. Í töflu 29 er vegalengd vegar (brúarinnar) sem er þjónustuð á líftímanum, en magntalan er sett fram sem vegalengd á hvern fermetra nýtanlegs brúargólfs.

TAFLA 29 Ráðgerð vegalengd vetrarþjónustu á líftíma, sett fram sem vegalengd á hvern fermetra nýtanlegs brúargólfs.

ÞÁTTUR	VEGALENGD Á FERMETRA NÝTANLEGS BRÚARGÓLFS	ATHUGASEMD	GÖGN NÝTT VIÐ MAGNÁÆTLUN
Vetrarþjónusta	14 m	Tekið er tillit til snjóruðnings og söltunar. Gert er ráð fyrir 3,74 tonnum af salti á kílómetra vegar á ári.	Vistferilsgreining fyrir veg (EFLA, 2013).

3.3.6 Förgun brúar (fasar C1-C4)

Gert er ráð fyrir að við förgun brúarinnar sé hún brotin niður með svipuðum hætti og byggingar í mið-Evrópu í dag þar sem brúin er brotin niður með markvissum hætti og flokkuð í steypu, stál og plast. Í töflu 30 er tekið saman það magn efnis sem fellur til við niðurrif brúarinnar. Í samræmi við ÍST EN 15978 er litið svo á að úrgangurinn sem fellur til við niðurrifið tilheyrir vistferli brúarinnar þangað til honum hefur verið fargað varanlega eða þangað til að hann verður að söluhæfri vöru.

Gert er ráð fyrir að steypan sé mulin og nýtt sem fylling í ótilgreindri nálægri framkvæmd. Þá er miðað við að umhverfisáhrif og/eða ávinningur við endurvinnslu steypunnar og flutninga hennar tilheyrir þeirri framkvæmd. Líkt og í fyrri greiningu (EFLA, 2014) er gert ráð fyrir að allt stál sé endurunnið en plast og gúmmí brennt í sorpbrennslustöð. Tekið er tillit til niðurrifs stálsins og flutnings þess í móttökustöð, en þá er það orðið að söluhæfri vöru sem seld er til erlendra endurvinnslustöðva.

TAFLA 30 Ráðgert magn byggingarefna sem fargað yrði ef brúin yrði rifin að loknum líftíma, sett fram sem magn á hvern fermetra nýtanlegs brúargólfs.

ÞÁTTUR	MAGN Á FERMETRA NÝTANLEGS BRÚARGÓLFS	ATHUGASEMD	GÖGN NÝTT VIÐ MAGNÁÆTLUN
Steypa	1300 kg	Gert er ráð fyrir að steypan sé mulin og nýtt sem fylling í nálægri framkvæmd.	Fyrrgreindar magntölur.
Steypustyrktarjárn	89 kg	Gert er ráð fyrir að stálið sé flutt í móttökustöð á höfuðborgarsvæðinu (90 km) og sé tilbúið endurvinnslu erlendis.	Fyrrgreindar magntölur.
Annað stál	210 kg	Gert er ráð fyrir að stálið sé flutt í móttökustöð á höfuðborgarsvæðinu (90 km) og sé tilbúið endurvinnslu erlendis.	Fyrrgreindar magntölur.
Plast	0,31 kg	Gert er ráð fyrir að plastið sé flutt í brennslu á Suðurnesjum (140 km) og brennt.	Fyrrgreindar magntölur.
Gúmmí	0,45 kg	Gert er ráð fyrir að gúmmíið sé flutt í brennslu á Suðurnesjum (140 km) og brennt.	Fyrrgreindar magntölur.

3.3.7 Áhrif endurvinnslu (fasi D)

Gert er ráð fyrir að allt stál úr brúnni sé endurunnið. Gert er ráð fyrir að endurvinnslan fari fram í Tyrklandi, í samræmi við upplýsinga sem höfundar öfluðu frá móttökufyrirtækjum brotamálms. Endurvinnsla stáls verður til þess að framleiða þarf minna stál úr náttúrulegum auðlindum vegna ótilgreindra framkvæmda að loknum líftíma brúarinnar, sem nýta sér hið endurunna stál úr brúnni sem hér er til skoðunar. Ávinningur er af endurvinnslunni í þeim umhverfisáhrifaflokkum þar sem áhrifin af framleiðslu þess stáls sem sparast eru meiri en sem nemur áhrifunum af endurvinnslu stálsins úr

brúnni. Í samræmi við staðal ÍST EN15978 er litið svo á að þessi ávinningur tilheyri ekki vistferil brúarinnar, en hann er þó metinn til upplýsingar.

Ekki er tekið tillit til ávinnings af nýtingu varma af brennslu plasts og gúmmís, enda er magnið óverulegt.

TAFLA 31 Ráðgert magn endurunnins stáls, miðað við að allt stál úr brúnni sé endurrunnið, þá er átt við stál sem fellur til hvort tveggja við viðhald og niðurrif. Magnið er sett fram sem magn á hvern fermetra nýtanlegs brúargólfs.

ÞÁTTUR	MAGN Á FERMETRA NÝTANLEGS BRÚARGÓLFS	ATHUGASEMD	GÖGN NÝTT VIÐ MAGNÁÆTLUN
Stál til endurvinnslu	350 kg	Gert er ráð fyrir að stálið sé flutt til Tyrklands (6.900 km) til endurvinnslu.	Fyrrgreindar magntölur.

3.4 Mat á umhverfisáhrifum

Byggt á upplýsingum og forsendum sem fjallað er um í kafla 3.3 er lagt mat á umhverfisáhrif vistferils brúarinnar. Hér á eftir er samantekt helstu niðurstaðna vistferilsgreiningarinnar.

Fjallað var um gögnin sem niðurstöðurnar byggja á í kafla 3.3. Gögn eru ekki tæmandi en að hluta til eru þau byggð á magntölum úr verkinu og að hluta á áætlunum. Eru gögn talin nokkuð góð og besta nálgun miðað við forsendur og aðstæður, að mati höfunda. Óvissa greiningarinnar er metin í meðallagi miðað við það sem almennt gerist í vistferilsgreiningum en er annars ekki metin frekar.

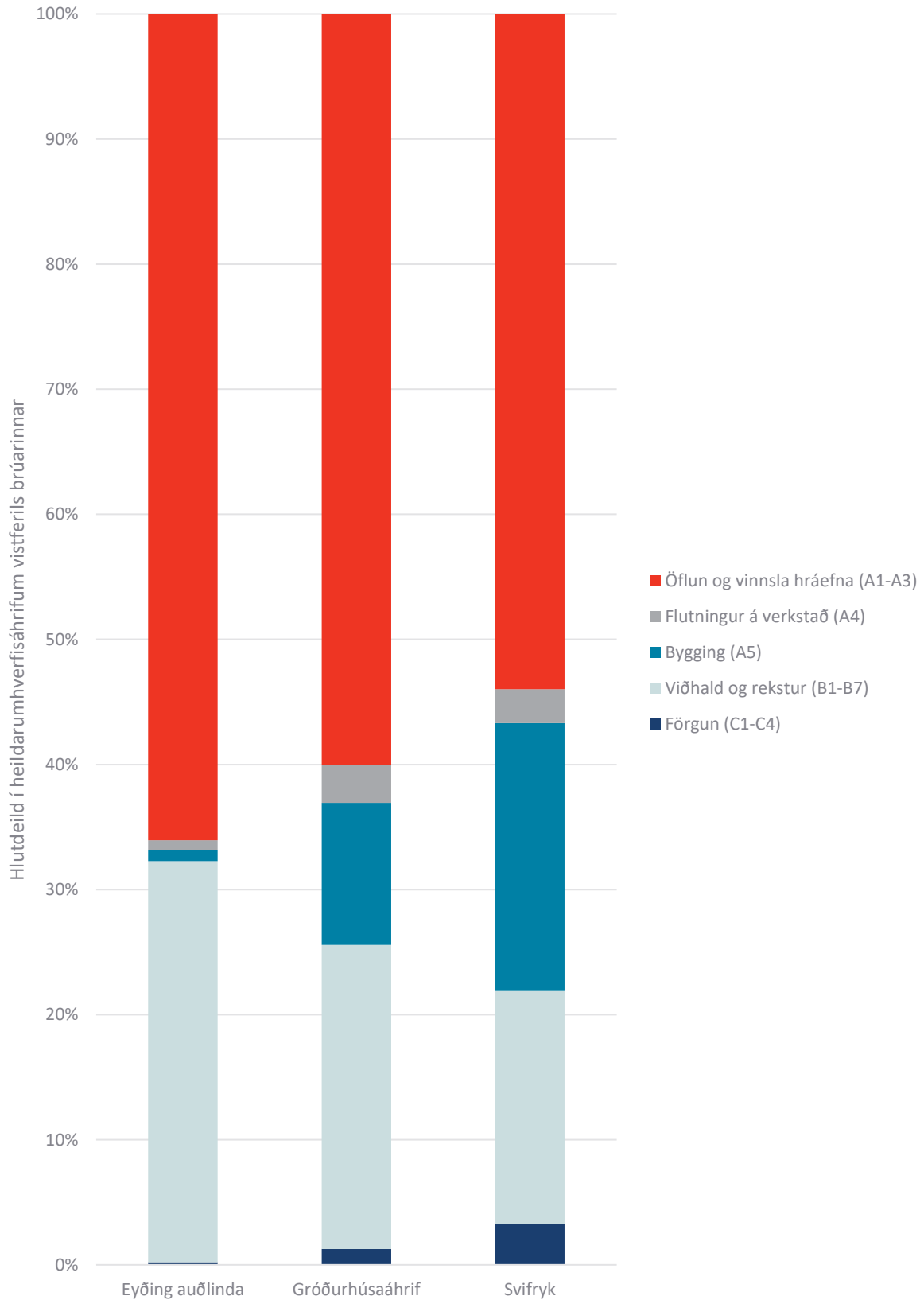
Umhverfisáhrif eru metin í öllum umhverfisáhrifaflokkunum sem fjallað er um í kafla 2.1. Niðurstöður eru í flestum tilfellum eingöngu birtar fyrir þrjá umhverfisáhrifaflokka, en þeir eru gróðurhúsaáhrif, eyðing auðlinda og svifryk. Ítarlegri niðurstöður má finna í viðauka. Þessir umhverfisáhrifaflokkar voru metnir veigamestir í niðurstöðum vistferilsgreiningar EFLU (2014) á steinsteyptri brú.

3.4.1 Heildarumhverfisáhrif (fasar A-C)

Mat á umhverfisáhrifum í öllum umhverfisáhrifaflokkunum sem taldir eru upp í kafla 2.1 má sjá í töflu 32. Þar eru gildin í hverjum umhverfisáhrifaflokki einnig sundurgreind eftir vistferilsfösum, í samræmi við skiptinguna í fyrri köflum.

Á mynd 6 má sjá hvernig metin heildarumhverfisáhrif vistferilsins skiptast á milli fasa hans. Niðurstöður eru birtar fyrir umhverfisáhrifaflokkana eyðingu auðlinda, gróðurhúsaáhrif og svifryk. Vistferilshlutinn sem í vistferilsgreiningu EFLU (2014) á steinsteyptri brú var nefndur bygging brúar er að þessu sinni aðgreindur í öflun og vinnslu hráefna, flutning á verkstað og byggingu. Einnig eru áhrif af endurvinnslu ekki tekinn með í þessum niðurstöðum, ólíkt því sem gert var í vistferilsgreiningu EFLU (2014) á steinsteyptri brú.

Sjá má að metin áhrif af öflun og vinnslu hráefna eru meiri en samanlögð áhrif annarra byggingarluta í umhverfisáhrifaflokkunum þremur sem sýndir eru á mynd 6. Áhrif annarra fasa sem vega meira en 5% í sínum flokki eru áhrif viðhalds og reksturs (B1-B7) í umhverfisáhrifaflokknum eyðingu auðlinda, áhrif byggingar (A5) og viðhalds og reksturs (B1-B7) í umhverfisáhrifaflokknum gróðurhúsaáhrifum og áhrif byggingar (A5) og viðhalds og reksturs (B1-B7) í umhverfisáhrifaflokknum svifryki.



MYND 6 Niðurstöður mats á hlutdeild vistferilsfasanna í heildarumhverfisáhrifum vistferils brúarinnar (A, B og C). Birtar eru niðurstöður fyrir umhverfisáhrifaflokkana eyðingu auðlinda, gróðurhúsaáhrif og svifryk.

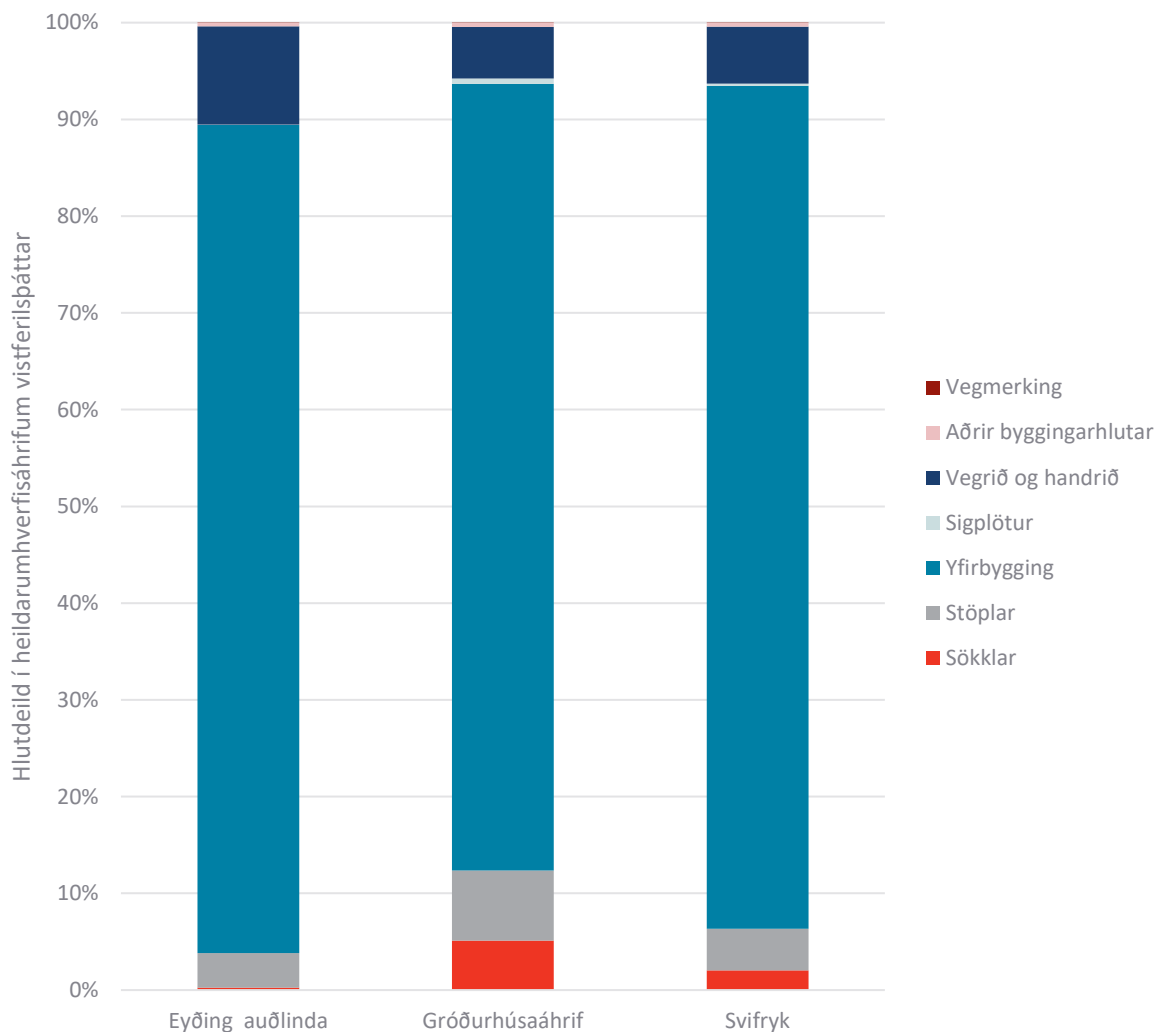
TAFLA 32 Niðurstöður vistferilsgreiningar fyrir 1 fermetra nýtanlegs brúargólfs. Niðurstöður eru settar fram sem samtala annars vegar og hins vegar sundurgreindar eftir vistferilsfösum. Öll gildin eru námunduð að tveimur markverðum tölustöfum, en það byggir þó ekki á mati á óvissu þeirra.

UMHVERFISÁHRIFA-FLOKKUR	EINING	SAMTALA VISTFERILS (A, B, C)	ÖFLUN OG VINNSLA HRÁEFNA (A1-A3)	FLUTNINGUR Á VERKSTAÐ (A4)	BYGGING (A5)	VIÐHALD OG REKSTUR (B1-B7)	FÖRGUN (C1-C4)
Eituráhrif á fólk (ekki krabbameinsvaldandi)	CTUh	$9,1 \cdot 10^4$	$6,2 \cdot 10^4$	$5,5 \cdot 10^6$	$7,5 \cdot 10^6$	$2,8 \cdot 10^4$	$1,8 \cdot 10^6$
Eituráhrif á fólk (krabbameinsvaldandi)	CTUh	$6,5 \cdot 10^4$	$5,4 \cdot 10^4$	$2,1 \cdot 10^6$	$3,4 \cdot 10^6$	$1,1 \cdot 10^4$	$6,9 \cdot 10^7$
Eyðing auðlinda	kg Sb ígilda	0,10	0,07	$8,3 \cdot 10^4$	$9,1 \cdot 10^4$	0,033	$2,1 \cdot 10^4$
Eyðing ósonlagsins	kg CFC-11 ígilda	$8,6 \cdot 10^5$	$3,0 \cdot 10^5$	$6,2 \cdot 10^6$	$1,8 \cdot 10^5$	$2,9 \cdot 10^5$	$2,2 \cdot 10^6$
Ferskvatnsneysla	m ³ ígildi	5,1	3,5	0,047	0,13	1,4	$1,7 \cdot 10^2$
Geislun	kBq U ₂₃₅ ígilda	67	40	1,3	1,7	23	0,6
Gróðurhúsaáhrif (án kolefnis úr lífmassa)	kg CO ₂ ígilda	$1,4 \cdot 10^3$	$8,6 \cdot 10^2$	43	$1,6 \cdot 10^2$	$3,4 \cdot 10^2$	18
Gróðurhúsaáhrif (með kolefni úr lífmassa)	kg CO ₂ ígilda	$1,4 \cdot 10^3$	$8,5 \cdot 10^2$	43	$1,6 \cdot 10^2$	$3,5 \cdot 10^2$	18
Landnotkun	kg C halla ígilda	$2,8 \cdot 10^3$	$1,4 \cdot 10^3$	$1,2 \cdot 10^2$	$5,2 \cdot 10^2$	$6,6 \cdot 10^2$	51
Myndun ósons við yfirborð jarðar	kg NMVOC	7,0	2,8	0,4	2,2	1,3	0,2
Næringarefnaauðgun (á landi)	mól N ígilda	24	9,3	1,5	8,3	4,5	0,7
Næringarefnaauðgun (í ferskvatni)	kg P ígilda	0,52	0,36	$4,1 \cdot 10^3$	$6,9 \cdot 10^3$	0,15	$1,3 \cdot 10^3$
Næringarefnaauðgun (í sjó)	kg N ígilda	2,3	0,9	0,14	0,76	0,44	0,060
Súrt regn	mól H ⁺ ígilda	8,0	3,6	0,43	1,8	2,1	0,14
Svifryk	kg PM _{2,5} ígilda	1,1	0,60	0,030	0,24	0,21	0,036
Visteiturhrif	CTUe	$1,6 \cdot 10^4$	$1,2 \cdot 10^4$	$1,2 \cdot 10^2$	$1,4 \cdot 10^2$	$4,2 \cdot 10^3$	43

3.4.2 Öflun og vinnsla hráefna (fasar A1-A3)

Á mynd 7 má sjá hvernig metin umhverfisáhrif vegna öflunar og vinnslu hráefna fyrir brúarbygginguna skiptast hlutfallslega á milli byggingarluta brúarinnar. Litið er til umhverfisáhrifaflokkana eyðingar auðlinda, gróðurhúsaáhrifa og svifryks.

Sjá má að metin umhverfisáhrif af yfirbyggingu eru ráðandi (meiri en 80%) í þessum þremur umhverfisáhrifaflokkum. Áhrif annarra hluta sem vege meira en 5% í sínum flokki eru áhrif vegriða og handriða í umhverfisáhrifaflokknum eyðingu auðlinda, áhrif sökkla, stöpla og vegriðs og handriðs í umhverfisáhrifaflokknum gróðurhúsaáhrifum og áhrif vegriða og handriða í flokknum svifryki.

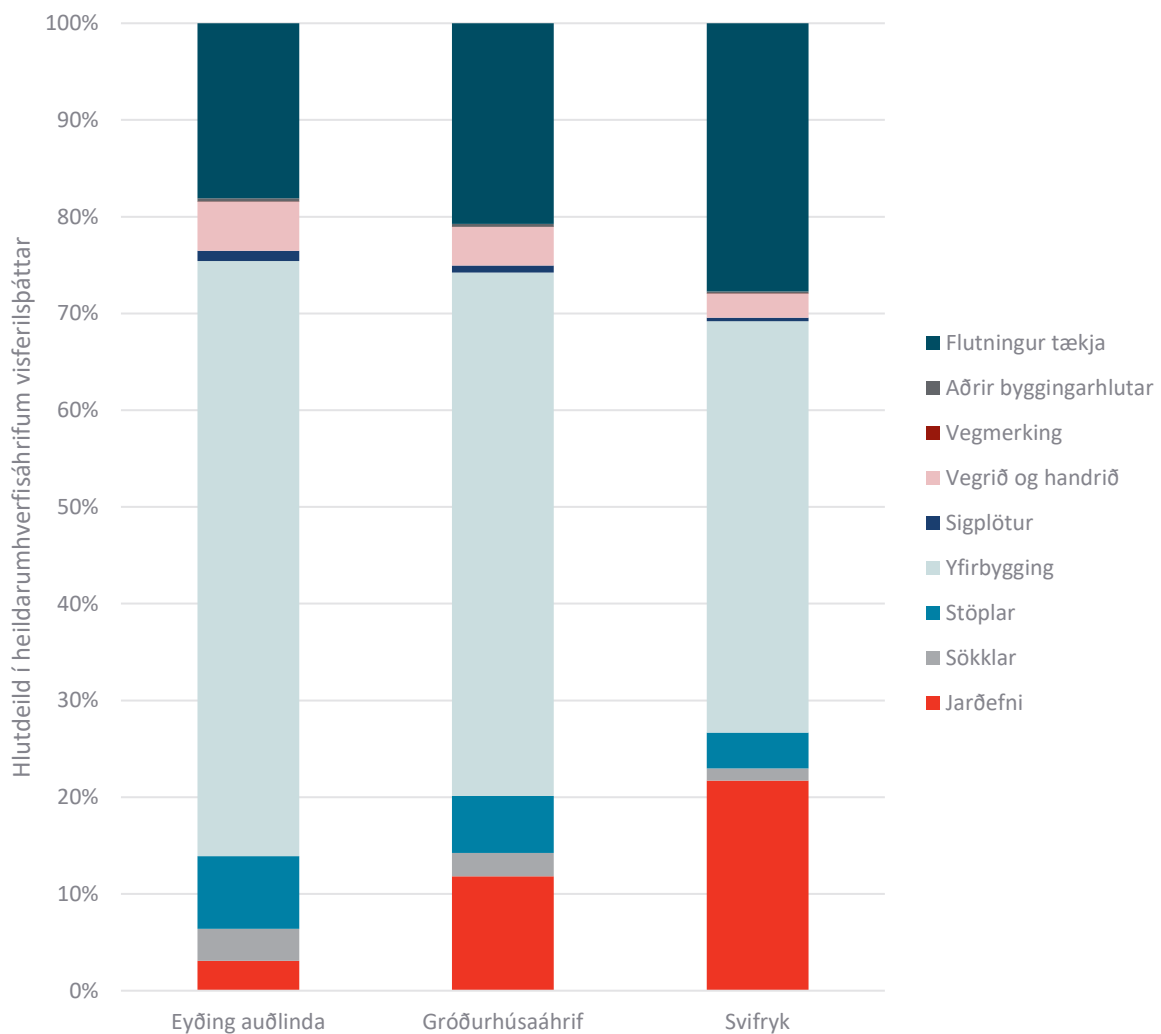


MYND 7 Niðurstöður mats á hlutdeild byggingar í umhverfisáhrifum öflunar og vinnslu hráefna (A1-A3). Birtar eru niðurstöður fyrir umhverfisáhrifaflokkana eyðingu auðlinda, gróðurhúsaáhrif og svifryk.

3.4.3 Flutningar á verkstað (fasi A4)

Á mynd 8 má sjá hvernig metin umhverfisáhrif vegna flutnings hráefna og tækja fyrir brúarbygginguna á verkstað skiptast hlutfallslega á milli byggingar- og verkhluta brúarinnar. Litið er til umhverfisáhrifaflokkana eyðingar auðlinda, gróðurhúsaáhrifa og svifryks.

Sjá má að metin umhverfisáhrif flutninga yfirbyggingar vega þýngst í öllum flokkunum þremur. Áhrif flutninga annarra hluta sem vega meira en 5% í sínum flokki eru áhrif flutninga stöpla, vegriða og handriða og tækja í umhverfisáhrifaflokknum eyðingu auðlinda, flutninga stöpla og tækja í umhverfisáhrifaflokknum gróðurhúsaáhrifum og flutningur jarðefna og tækja í umhverfisáhrifaflokknum svifryki.

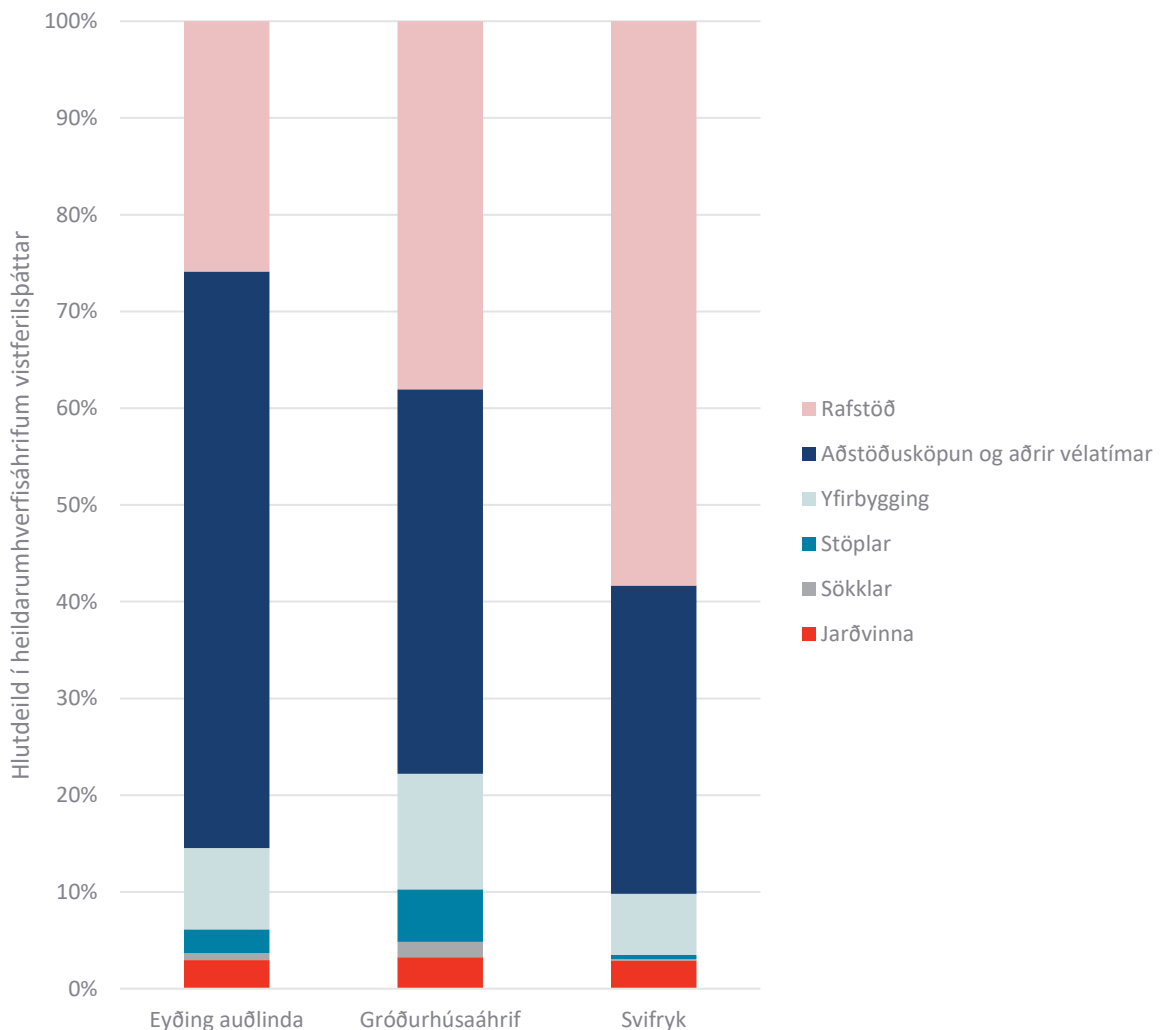


MYND 8 Niðurstöður mats á hlutdeild byggingar- og verkhluta í umhverfisáhrifum flutninga á verkstað (A4). Birtar eru niðurstöður fyrir umhverfisáhrifaflokkana eyðingu auðlinda, gróðurhúsaáhrif og svifryk.

3.4.4 Bygging brúar (fasi A5)

Á mynd 9 má sjá hvernig metin umhverfisáhrif af framkvæmdum vegna byggingar brúarinnar skiptist á milli þess sem höfundar ályktuðu að tengja mætti við jarðvinnu, byggingu sökklar, byggingu stöpla, byggingu yfirbyggingar og aðstöðusköpun. Áhrif af áætlaðri keyrslu rafstöðvar eru einnig sýnd með þessum flokki. Litið er til umhverfisáhrifaflokkana eyðingar auðlinda, gróðurhúsaáhrifa og svifryks.

Sjá má að hlutdeild rafstöðvar annars vegar og því sem höfundar telja að tengja megi við aðstöðusköpun eða aðra óflokkaða vélartíma hins vegar er meiri en hlutdeild annarra byggingarluta eða verkhluta í umhverfisáhrifaflokkum þremur. Hlutdeild metinna umhverfisáhrifa jarðvinnu, sökklar og stöpla er lítil (um eða undir 5%).

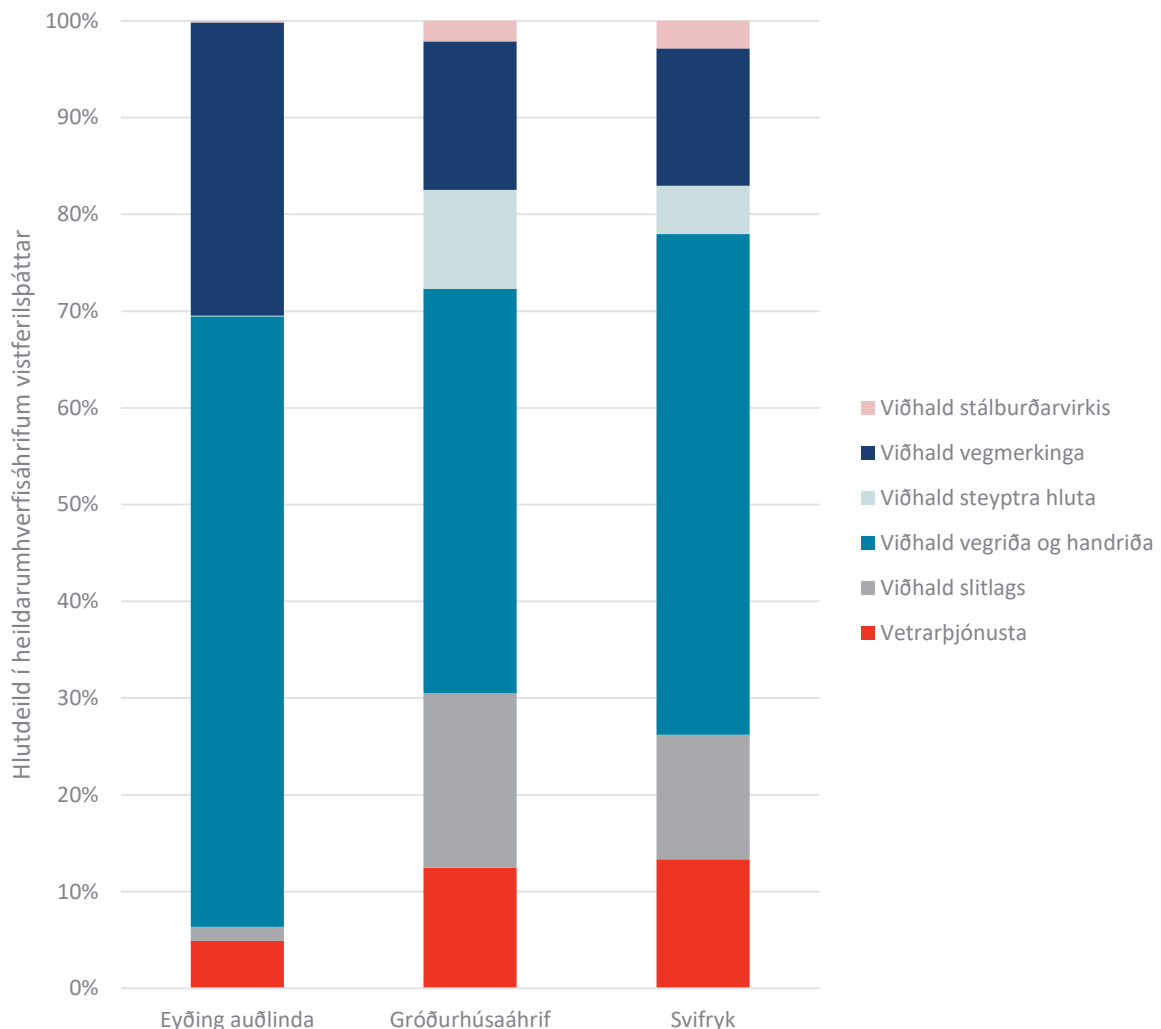


MYND 9 Niðurstöður mats á hlutdeild byggingarluta eða verkhluta í umhverfisáhrifum byggingar brúarinnar (A5). Birtar eru niðurstöður fyrir umhverfisáhrifaflokkana eyðingu auðlinda, gróðurhúsaáhrif og svifryk.

3.4.5 Viðhald og rekstur brúar (fasar B1-B7)

Á mynd 10 má sjá hvernig metin umhverfisáhrif af viðhaldi brúarinnar á ráðgerðum hundrað ára líftíma hennar skiptast á milli byggingar- og verkhlutanna sem gert var ráð fyrir. Litið er til umhverfisáhrifaflokkana eyðingar auðlinda, gróðurhúsaáhrifa og svifryks. Fjallað var um forsendur mats á umhverfisáhrifum viðhalds í kafla 3.3.5.

Sjá má að hlutdeild metinna áhrifa vegna viðhalds vegriða og handriða er meiri en annarra hluta í öllum umhverfisáhrifaflokkum, en í flokkunum eyðingu auðlinda og svifryki er hún meiri en samanlögð hlutdeild annarra hluta. Áhrif flesta annarra viðhaldspátta vega meira en 5% í sínum umhverfisáhrifaflokkum. Af þeim vega mest metin áhrif af viðhaldi vegmerkinga, en þau vega um 30% í umhverfisáhrifaflokknum eyðingu auðlinda.

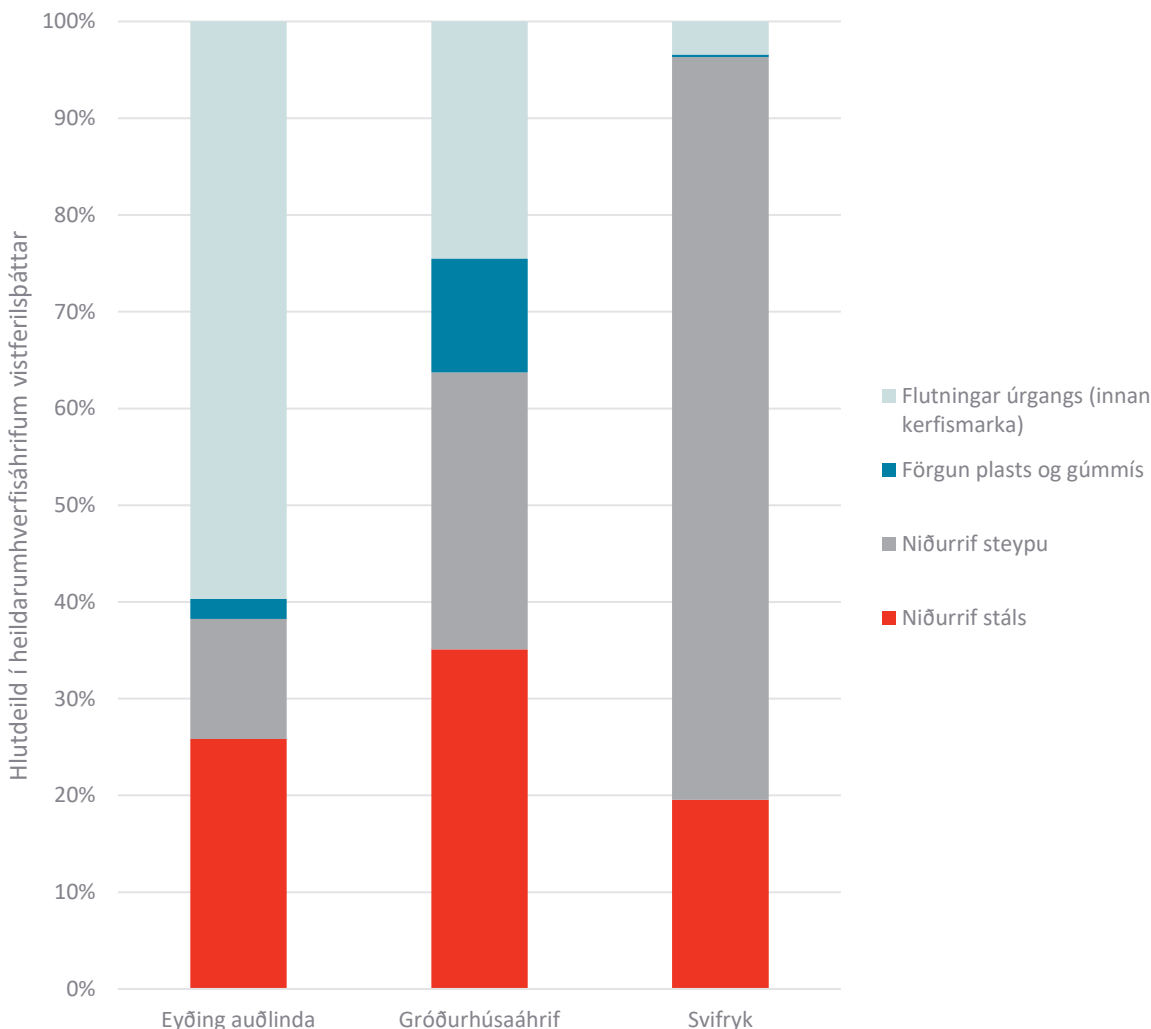


MYND 10 Niðurstöður mats á hlutdeild byggingar- og verkhluta í umhverfisáhrifum viðhalds (B1-B7). Birtar eru niðurstöður fyrir umhverfisáhrifaflokkana eyðingu auðlinda, gróðurhúsaáhrif og svifryk.

3.4.6 Förgun brúar (fasar C1-C4)

Á mynd 11 má hvernig metin umhverfisáhrif af förgun brúarinnar og meðhöndlun úrgangs innan kerfismarka skiptast á milli byggingarefna annars vegar og flutninga úrgangs að móttökustöð hins vegar miðað við forsendur um niðurrif og förgun brúarinnar sem fjallað var um í kafla 3.3.6. Litið er til umhverfisáhrifaflokkanna eyðingar auðlinda, gróðurhúsaáhrifa og svifryks. Rétt er að leggja áherslu á að litið er svo á að flutningur stáls frá móttökustöð í endurvinnslu, endurvinnsla þess og endurnýting séu utan kerfismarka í samræmi við staðal ÍST EN 15978. Er það gert vegna þess að eftir móttöku stálsins á móttökustöð er það orðið að söluhæfri vöru.

Sjá má að hlutdeild metinna áhrifa flutninga úrgangs (stál, plast og gúmmí) að móttökustöð er meiri en annarra hluta í umhverfisáhrifaflokknum eyðingu auðlinda en hlutdeild metinna áhrifa vegna niðurrifs og mulnings steypu er mest í flokknum svifryki. Áhrif flestra þátta vega meira en 5%.



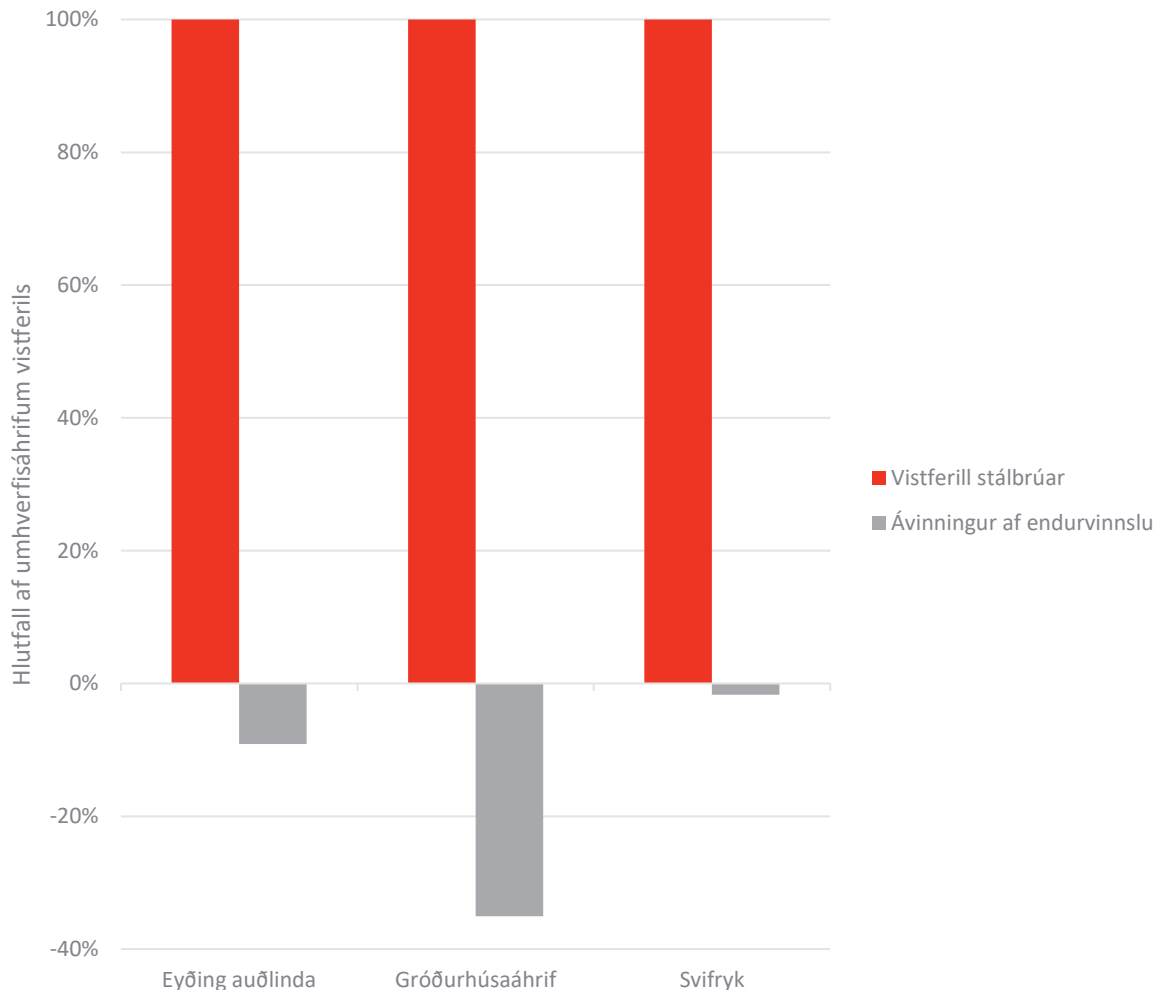
MYND 11 Niðurstöður mats á hlutdeild verk- og efnishluta í umhverfisáhrifum förgunar brúarinnar (C1-C4). Birtar eru niðurstöður fyrir umhverfisáhrifaflokkana eyðingu auðlinda, gróðurhúsaáhrif og svifryk.

3.4.7 Áhrif endurvinnslu (fasi D)

Metin eru áhrifin af því að allt stál úr brúnni sé endurunnið, hvort sem stálið fellur til við viðhald eða við ráðgert niðurrif brúarinnar í lok líftíma hennar. Samkvæmt staðli ÍST EN 15978 eru áhrif af endurvinnslu utan kerfismarka, og eru þessar niðurstöður því settar fram til upplýsingar. Kerfismörkin liggja þar sem úrgangurinn verður að söluhæfri vöru, en það er í móttökustöð stálsins í þessu tilfelli.

Á mynd 12 má sjá hver metin áhrif endurvinnslu stáls eru í hlutfalli við metin áhrif af vistferli brúarinnar innan kerfismarka (fasar A-C). Litið er til umhverfisáhrifaflokkanna eyðingar auðlinda, gróðurhúsaáhrifa og svifryks. Ávinningur er sýndur með andstæðu formerki til aðgreiningar frá öðrum áhrifum.

Sjá má að samkvæmt niðurstöður greiningarinnar skilar endurvinnsla stálsins ávinningi í öllum umhverfisáhrifaflokkunum þremur. Mestur er ávinningurinn í umhverfisáhrifaflokknum gróðurhúsaáhrifum.

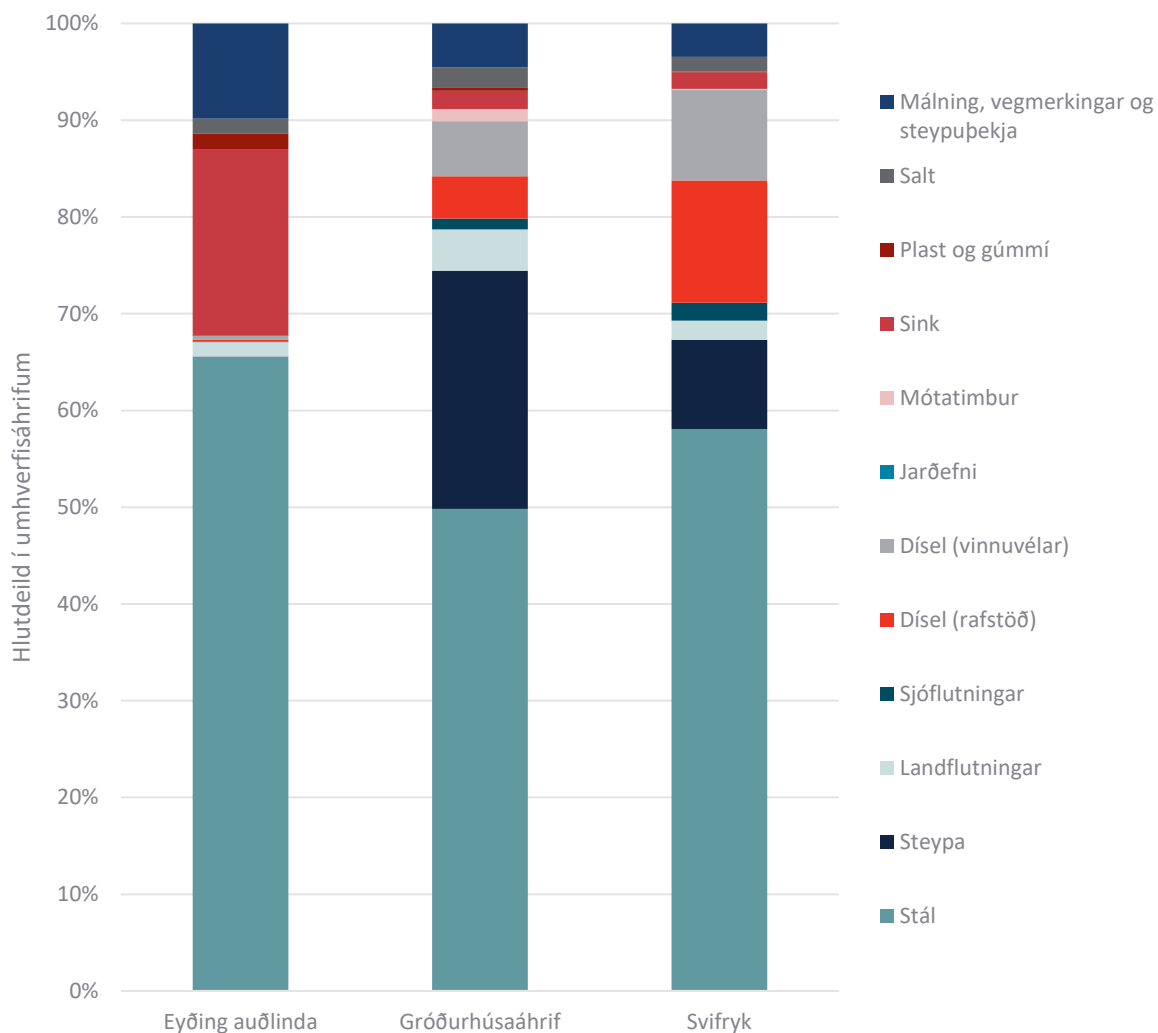


MYND 12 Niðurstöður mats á áhrifum endurvinnslu stáls í samanburði við metin áhrif vistferils brúarinnar (A, B og C). Miðað er við að allt stál sé endurunnið. Birtar eru niðurstöður fyrir umhverfisáhrifaflokkana eyðingu auðlinda, gróðurhúsaáhrif og svifryk.

3.4.8 Samanburður byggingar- og hráefna

Á mynd 13 má sjá hvernig metin umhverfisáhrif alls vistferils brúarinnar skiptast hlutfallslega á milli byggingar- og hráefna sem nýtt eru við byggingu, viðhald og rekstur. Litið er til umhverfisáhrifaflokkana eyðingar auðlinda, gróðurhúsaáhrifa og svifryks.

Sjá má að hlutdeild metinna áhrifa stáls eru meiri en annarra efna í öllum umhverfisáhrifaflokkunum. Hún er meiri en eða svipuð samanlögð hlutdeild annarra byggingar- og hráefna í öllum tilfellunum þremur. Hlutdeild steypu er allnokkur í flokknum gróðurhúsaáhrifum og eins hlutdeild sinks í flokknum eyðingu auðlinda og samanlögð áhrif díselnotkunar í flokknum svifryki. Hlutdeild metinna áhrifa díselnotkunar á verkstað í flokknum gróðurhúsaáhrifum er um 10%. Sama gildir fyrir málningu, vegmerkingar og steypuþekju í flokknum eyðingu auðlinda og steypu í flokknum svifryki. Fyrir öll önnur efni er hlutdeildin lítil (minni en 5%) eða jafnvel hverfandi.

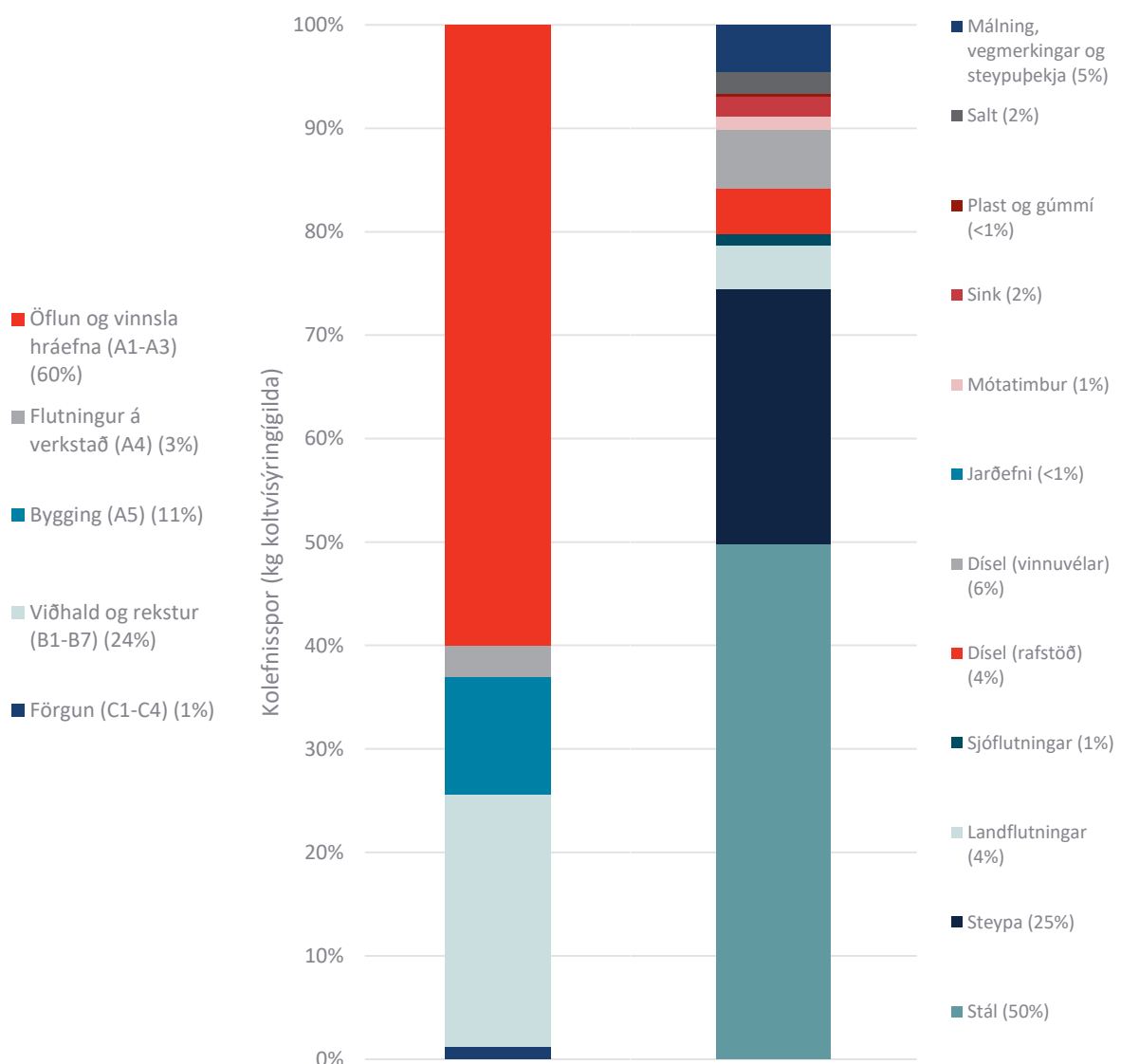


MYND 13 Niðurstöður mats á hlutdeild hráefna í metnum umhverfisáhrifum vistferils brúarinnar (A, B og C). Birtar eru niðurstöður fyrir umhverfisáhrifaflokkana eyðingu auðlinda, gróðurhúsaáhrif og svifryk.

3.4.9 Kolefnisspor

Nýta má niðurstöður mats á gróðurhúsaáhrifum vistferilsins til að meta kolefnisspor brúarinnar. Metið kolefnisspor vistferils brúarinnar yfir Grímsá við Fossatún í Borgarfirði nemur um 1,4 tonnum koltvísýringígilda á hvern fermetra nýtanlegs brúargólfs, líkt og fram kom í kafla 3.4.1. Metið heildarkolefnisspor þessarar brúarframkvæmdar nemur því tæplega 880 tonnum koltvísýringígilda.

Á mynd 14 má sjá hlutfallslega skiptingu kolefnissporsins, annars vegar á milli vistferilsfasa og hins vegar eftir byggingar- og hráefnum. Líkt og fjallað var um í fyrri köflum (3.4.1 og 3.4.8) benda niðurstöðurnar til þess að öflun og vinnsla hráefna sé sá vistferilsfasi sem mestu munar um, en stálið það byggingarefni sem skilar mestu til kolefnisspors brúarinnar.



MYND 14 Hlutfallsleg skipting metins kolefnisspors, annars vegar eftir vistferilsfösunum (vinstri stöpull) og hins vegar eftir byggingar- og hráefnum (hægri stöpull). Heildarkolefnisspor vistferils brúarinnar er 1,4 tonn koltvísýringígilda á fermetra nýtanlegs brúargólfs.

3.4.10 Flutningar starfsfólks

Í fyrri vistferilsgreiningu EFLU (2014) á steinsteyptri brú var tekið tillit til flutninga starfsfólks í vistferilsgreiningunni. Að þessu sinni, við vistferilsgreiningu brúarinnar yfir Grímsá, var litið svo á að flutningar starfsfólks væru utan kerfismarka, í samræmi við staðal ÍST EN 15978. Áhrif á niðurstöður eru líklega lítil eða jafnvel hverfandi, en áhrif flutninga starfsmanna vógu ekki þungt í niðurstöðum fyrri greiningar (EFLA, 2014).

4 UMFJÖLLUN OG ÁLYKTANIR

Hér er fjallað um niðurstöður vistferilsgreiningarinnar á brúnni yfir Grímsá við Fossatún. Helst var litið til umhverfisáhrifaflokkanna eyðingar auðlinda, gróðurhúsaáhrifa og svifryks við mat á umhverfisáhrifum í vistferilsgreiningunni, og umfjöllunin hér á eftir miðast við niðurstöður í þeim flokkum. Sjá má niðurstöður í öðrum flokkum í töflu 32 og í viðauka.

4.1 Helstu niðurstöður vistferilsgreiningarinnar

Niðurstöður vistferilsgreiningar brúarinnar yfir Grímsá við Fossatún í Borgarfirði benda til þess að framleiðsla byggingarefna og annarra hráefna (A1-A3) í byggingu brúa af þessari gerð hér á landi séu ráðandi í umhverfisáhrifum vistferla þeirra í umhverfisáhrifaflokkum sem helst var litið til í þessu verkefni. Metin umhverfisáhrif af þessum vistferilsþætti voru meiri en samanlögð áhrif af vistferilsfösunum flutninga á verkstað (A4), byggingarframkvæmda (A5), viðhaldi og rekstri brúarinnar á ráðgerðum 100 ára líftíma (B1-B7) og niðurrifi og förgun í lok líftíma (C1-C4) óháð því hvort horft væri til eyðingar auðlinda, gróðurhúsaáhrifa eða svifryks.

Þegar litið er til þess hvaða byggingarefni það eru sem skila mestum áhrifum þá er það stál sem skilar mestum umhverfisáhrifum í umhverfisáhrifaflokkunum þremur. Stálið skilar frá því um helmingi upp í um tvo þriðju hluta metinna umhverfisáhrifa vistferils brúarinnar í umhverfisáhrifaflokkunum þremur sem litið er til. Í brúnni er stálið helst nýtt í burðarbita, járnabendingar, vegrið og handrið.

Í veigamesta vistferilsþættinum, öflun og vinnslu hráefna (A1-A3), eru áhrif yfirbyggingar brúarinnar (brúargólfs og stálburðarvirkis) algerlega ráðandi. Hlutdeild metinna umhverfisáhrifa yfirbyggingarinnar er um 80 til 85 prósent í þessum vistferilsfasa fyrir umhverfisáhrifaflokkana þrjá. Yfirbygging vegur einnig þungst í vistferilsþættinum flutningum á verkstað (A4). Líkt og í fyrri greiningu vega metin áhrif keyrslu díselrafstöðvar nokkuð þungt í vistferilsþættinum byggingu (A5), sérstaklega í umhverfisáhrifaflokknum svifryki. Viðhald vegriða og handriða vegur þungst í vistferilsþættinum viðhaldi og rekstri (B1-B7) óháð umhverfisáhrifaflokki. Í gróðurhúsaáhrifum vegna vistferilsfasans

förgunar (C1-C4) er hlutdeild stáls og steypu nokkuð jöfn, en í umhverfisáhrifaþættinum svifryki eru áhrif steypu áberandi miklu meiri.

Metið kolefnisspor brúarinnar nemur um 1,4 tonnum koltvísýringsígilda á hvern fermetra nýtanlegs brúargólfs.

Niðurstöðurnar benda til þess að töluverð tækifæri séu til hafa umhverfislegan ávinning af endurvinnslu stáls í umhverfisáhrifaþættinum gróðurhúsaáhrifum. Ef miðað er við allt stál sem fer í brúna á líftímanum sé endurnýjað þá nemur metinn ávinningur af endurvinnslunni um þriðjung af metnu kolefnisspori vistferils brúarinnar. Ávinningur er minni í öðrum umhverfisáhrifaflokkum.

Athygli vekur að flutningar á verkstað (A4) vega ekki þungt í metnum umhverfisáhrifum vistferils brúarinnar. Innifalið í því er hvort tveggja sjóflutningar og landflutningar. Hlutdeild þeirra í metnum heildarumhverfisáhrifum vistferils brúarinnar er um eða undir 5% í umhverfisáhrifaflokkunum þremur sem litið er til.

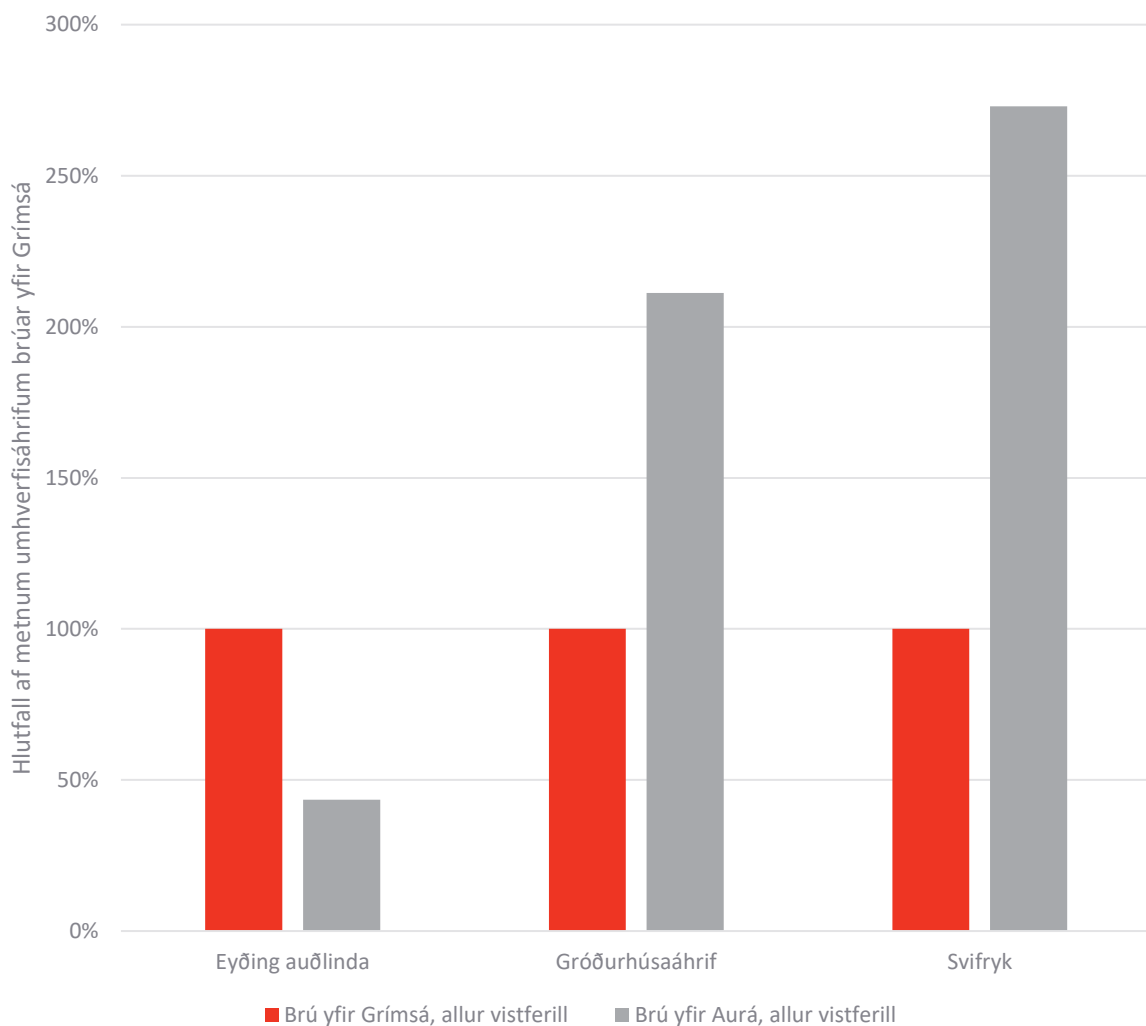
4.2 Samanburður við steinsteypta brú

EFLA hafði áður unnið vistferilsgreiningu fyrir steinsteypta brú yfir Aurá í Vestur Skaftafellssýslu (EFLA, 2014). Nú gefst tækifæri til að bera niðurstöður þeirrar greiningar við niðurstöður vistferilsgreiningar brúarinnar yfir Grímsá við Fossatún sem fjallað var um í kafla 3.

Mikilvægt er að hafa forsendur greininganna í huga við þennan samanburð, þar með talið aðgerðareiningu og kerfismörk. Aðgerðareiningin er sú sama í báðum greiningum, en hún er einn fermetri nýtanlegs brúargólfs. Kerfismörkum var breytt lítillega, en mat höfunda er að þær breytingar ættu ekki að hafa veruleg áhrif á samanburðarhæfni enda er hugað að aðgreiningu ávinnings af endurvinnslu frá öðrum niðurstöðum í báðum greiningum. Þó er rétt að benda á það að þrátt fyrir þetta tryggir aðgerðareiningin ekki samanburðurinn sé óbjagaður. Sem dæmi má nefna það að ólík brúarstæði að náttúrunnar hendi valda því að byggingarhlutar á borð við stöpla, sökkla auk framkvæmdahluta á borð við jarðvinnu og vatnaveitingar eru töluvert miklu umfangsmeiri á hvern fermetra nýtanlegs brúargólfs Aurárbrúarinnar heldur en Grímsárbrúarinnar. Grímsárbrúin stendur á klöpp og brúar á í gili, en Aurá er brúuð þar sem hún kvíslast um sandsléttu. Auk þessa er Grímsárbrúin töluvert lengri. Þetta getur haft töluverð áhrif á niðurstöður, einfaldlega vegna þess að byggingarmassi á hvern fermetra brúargólfs er meiri í brúnni yfir Aurá vegna óhagstæðara brúarstæðis.

Á mynd 15 má sjá hlutfallslegan samanburð niðurstaðna greininganna tveggja fyrir metin heildarumhverfisáhrif vistferla á hvern fermetra nýtanlegs brúargólfs fyrir umhverfisáhrifaflokkana þrjá sem litið er til í þessu verkefni. Metin umhverfisáhrif eru sett fram sem hlutfall af metnum umhverfisáhrifum úr greiningu brúarinnar yfir Grímsá. Niðurstöðurnar benda til þess brúin yfir Grímsá skili meiri umhverfisáhrifum á hvern fermetra nýtanlegs brúargólfs í umhverfisáhrifaflokknum eyðingu auðlinda, en að því sé öfugt farið í umhverfisáhrifaflokkunum gróðurhúsaáhrifum og svifryki. Munurinn í umhverfisáhrifaflokkunum þremur er frá því að vera um tvöfaldur upp í að vera hátt í þrefaldur.

Rétt er að minna á fyrirvara við þennan samanburð, sem fjallað var um hér að framan. Brúarstæði Grímsárbrúarinnar og Aurárbrúarinnar eru mjög ólík af náttúrunnar hendi, en það hefur áhrif á metin umhverfisáhrif á hvern fermetra nýtanlegs brúargólfs.

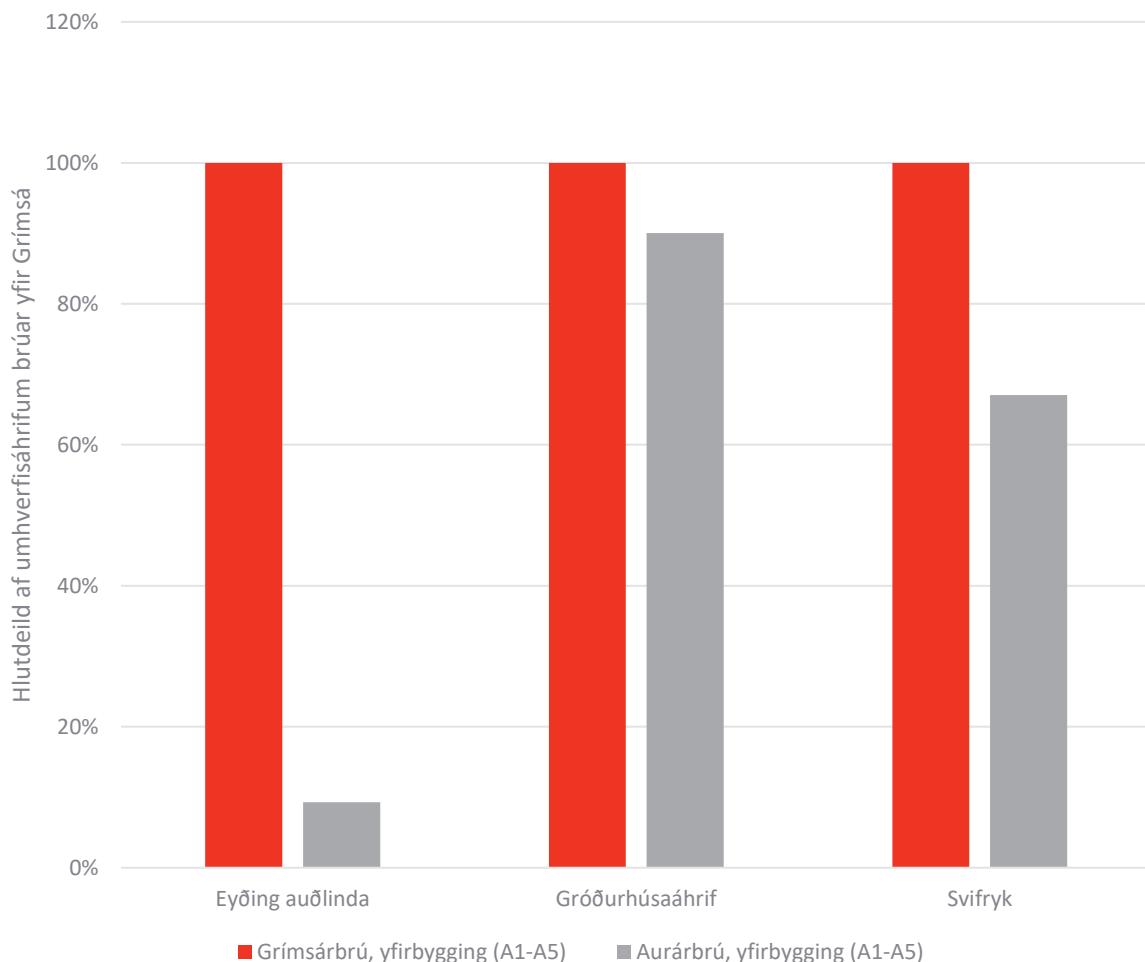


MYND 15 Samanburður vistferilsgreininga brúa yfir Grímsá og Aurá, allur vistferill. Samanburðurinn tekur til metinna umhverfisáhrifa alls vistferils brúnna. Miðað er við metin umhverfisáhrif á hvern fermetra nýtanlegs brúargólfs.

Á mynd 16 má sjá hlutfallslegan samanburð niðurstaðna greininganna tveggja fyrir metin umhverfisáhrif á hvern fermetra nýtanlegs brúargólfs, þar sem eingöngu er litið til yfirbyggingar brúnna og vistferilsfasanna öflunar og vinnslu hráefna (A1-A3), flutninga á verkstað (A4) og byggingar (A5). Er þetta gert til að taka tillit til þess að umfang undirbygginga brúnna tveggja er mjög ólíkt, og er það ekki hvað síst komið til af brúarstæðinu frekar en hönnun brúnna.

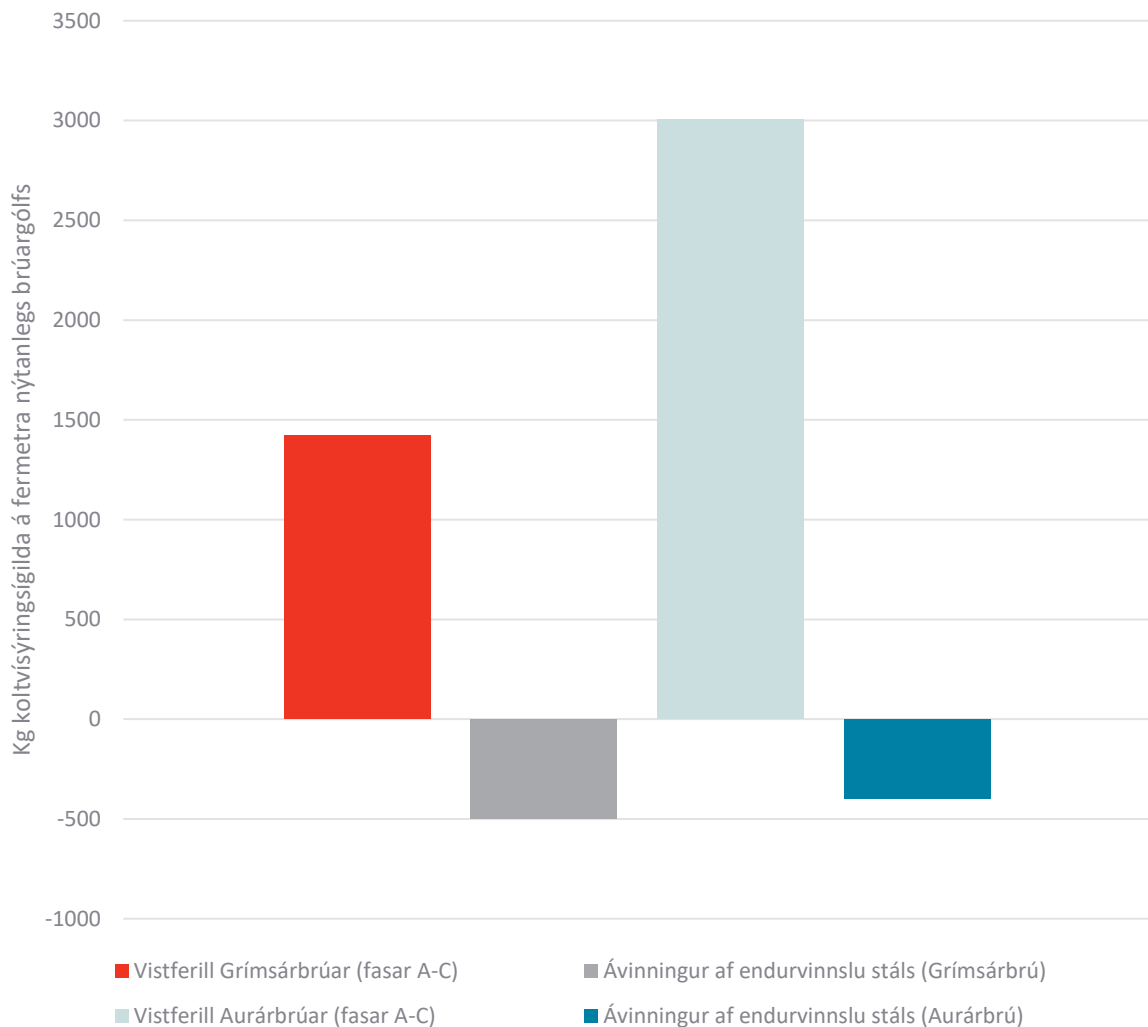
Þessi samanburður bendir til þess að umhverfisáhrif á hvern fermetra yfirbyggingar brúarinnar yfir Grímsá séu meiri en brúarinnar yfir Aurá. Munurinn er sérstaklega mikill í umhverfisáhrifaflokknum eyðingu auðlinda.

Ávinningur af endurvinnslu er ekki tekinn með í þessum niðurstöðum, en gera má ráð fyrir að yfirbygging Grímsárbrúarinnar kæmi mun betur út í umhverfisáhrifaflokknum gróðurhúsaáhrifum ef sá ávinningur væri hafður innan kerfismarka. Byggir sú ályktun meðal annars á niðurstöðum sem sem fjallað er um í kafla 3.4.7.



MYND 16 Samanburður vistferilsgreininga brúa yfir Grímsá og Aurá, eingöngu yfirbygging. Samanburðurinn tekur til metinna umhverfisáhrifa vistferilsfasanna öflunar og vinnslu hráefna (A1-A3), flutninga á verkstað (A4) og byggingar (A5) fyrir yfirbyggingu eingöngu. Miðað er við metin umhverfisáhrif á hvern fermetra nýtanlegs brúargólfs. Rétt er að taka fram að ávinningur af endurvinnslu stáls er ekki með í þessum tölum.

Á mynd 12 var metinn ávinningur af endurvinnslu stáls úr Grímsárbrúnni borin saman við metin umhverfisáhrif vistferils brúarinnar. Á mynd 17 má sjá þennan samanburð í umhverfisáhrifaflokknum gróðurhúsaáhrifum fyrir brýrnar tvær. Metinn ávinningur endurvinnslu stáls á hvern fermetra nýtanlegs brúargólfs nokkru minni fyrir Aurárbrúna heldur en Grímsárbrúna. Ef litið er til ávinningsins sem hlutfalls af heildarkolefnisspori vistferla brúnna þá verður munurinn meiri, en það er vegna þess að kolefnisspor Aurárbrúarinnar á hvern fermetra nýtanlegs brúargólfs er stærra en Grímsárbrúarinnar.

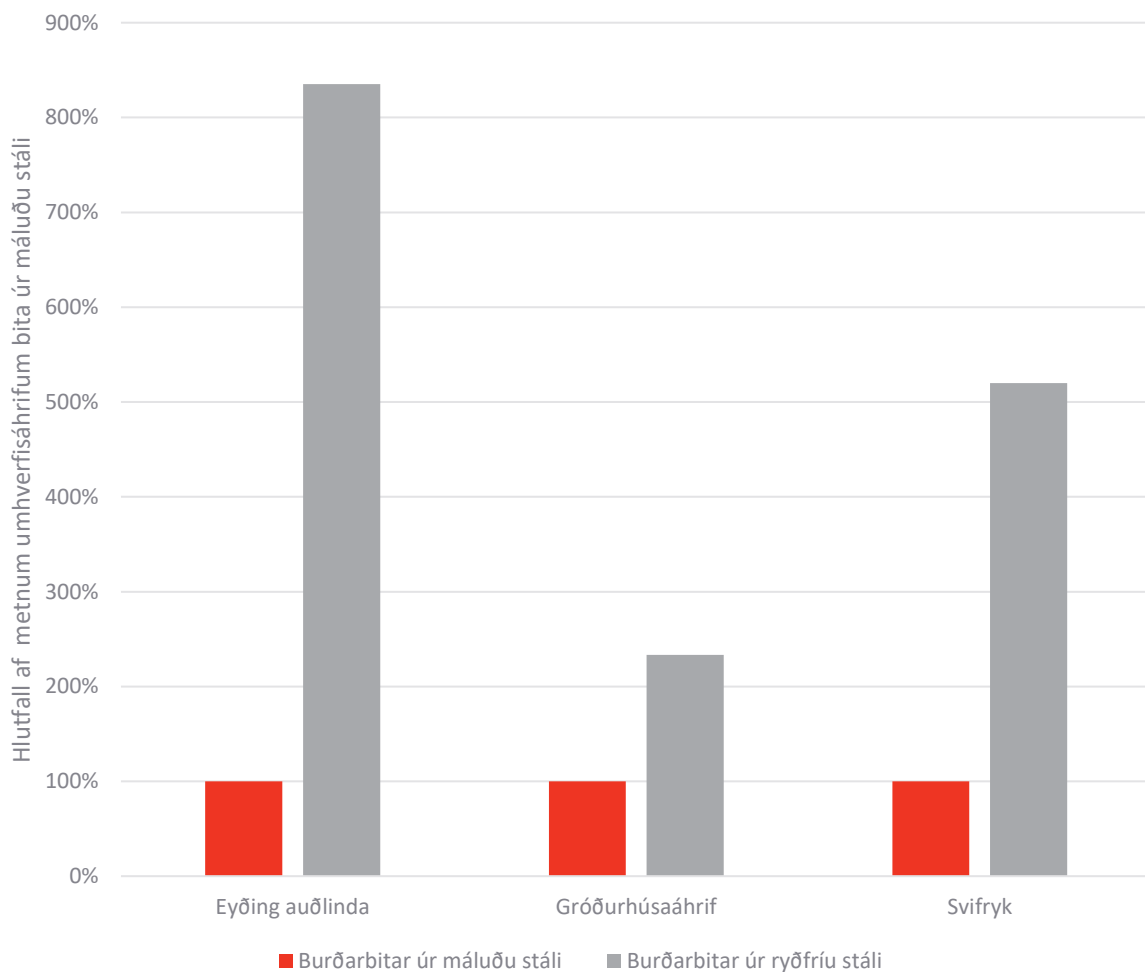


MYND 17 Ávinningur af endurvinnslu stáls í flokknum gróðurhúsaáhrifum í samanburði við kolefnisspor brúnna, á hvern fermetra nýtanlegs brúargólfs.

4.3 Samanburður á notkun ryðfrís stáls og málaðs stáls í burðarbita

Í vistferilsgreiningu brúarinnar yfir Grímsá er gert ráð fyrir stálburðarbitum sem eru sinkhúðaðir og málaðir. Skoða má áhrif þess á metin umhverfisáhrif brúarinnar ef miðað er við ryðfrítt stál í stað þessa málaða og sinkhúðaða stáls. Á mynd 18 má sjá samanburð á metnum umhverfisáhrifum þessara tveggja tilfella. Eingöngu er litið til umhverfisáhrifa sjálfra burðarbitanna en ekki brúarinnar í heild sinni í þessum samanburði, en gert er ráð fyrir að aðrir hlutar brúarinnar haldist óbreyttir. Litið er til umhverfisáhrifaflokkanna eyðingar auðlinda, gróðurhúsaáhrifa og svifryks, líkt og gert hefur verið fram að þessu. Metin umhverfisáhrif eru sett fram sem hlutfall af umhverfisáhrifum fyrra tilfellisins til að fá fram samanburð.

Sjá má að niðurstöðurnar benda til þess að umhverfisáhrif af notkun ryðfrís stáls séu mun meiri en af notkun málaðs stáls. Mestur munur er í umhverfisáhrifaflokknum eyðingu auðlinda, þar sem metin umhverfisáhrif af notkun ryðfrís stáls eru um áttföld á við málað stál. Metin áhrif í flokknum gróðurhúsaáhrifum eru rúmlega tvöföld fyrir notkun ryðfrís stáls miðað við málað og sinkhúðað stál.



MYND 18 Samanburður á stálkassa úr ryðfríu stáli annars vegar og málaðu og sinkhúðuðu stáli hins vegar. Litið er til vistferilsfasanna öflunar og vinnslu hráefna (A1-A3), byggingar (A5) og viðhalds og reksturs (B1-B7).

Þessi samanburður byggir á forsendum gagnagrunnsins Ecoinvent 2.2, sem nýttur er við vistferilsgreininguna. Mestu munaði um að gert er ráð fyrir mun hærra hlutfalli nikkels í ryðfríu stáli en í hefðbundnu stáli. Framleiðsluferill nikkels skilar miklum neikvæðum umhverfisáhrifum í samanburði við önnur hráefni í stálinu, ef miðað er við forsendur gagnagrunnsins. Áhrif málningar falla í skuggann af framleiðslu hráefnanna.

TAFLA 33 Hráefni í stálframleiðslu. Ráðgerð hráefni sem þarf í framleiðslu á 1 kg af ryðfríu stáli annars vegar og 1 kg af almennu stáli hins vegar, sem nýtt er til samanburðar á umhverfisáhrifum þessara byggingarefna.

HRÁEFNI [KG]	RYÐFRÍTT STÁL	ALMENNT STÁL
Krómjárn (68% Cr)	0,26	0,02
Járnmangan (75% Mn)	0	0,01
Nikkeljárn (25% Ni)	0,32	0,03
Járngrýti (65% Fe)	0,01	0,01
Brotajárn	0,19	0,49
Mólybdenít	0	0,0004
Hrájárn	0,33	0,57
Samtals	1,12	1,13

4.4 Samanburður við erlendar rannsóknir

Í heimildarýni sem Thomas Dequidt (2012) gerði árið 2011 var tekið saman kolefnisspor fyrir ýmsar tegundir brúa. Fáar greiningarnar tilgreindu hver aðgerðareiningin væri og nokkrar þeirra tóku ekki allan vistferilinn til förgunar. Einnig voru kerfismörkin mismunandi milli greininga og því eru þær ekki í raun samanburðarhæfar en gefa þó hugmynd um stærðargráðu kolefnisspors brúa. Samantekt á þeim niðurstöðum er að finna í töflu 34. Flestar greiningarnar taka aðeins á yfirbyggingunni en sleppa undirbyggingunni (stöplum, sökklum) og í því samhengi mætti nefna að kolefnisspor yfirbyggingarinnar einnar og sér, fyrir vistferilsfasana öflun og vinnslu hráefna til og með byggingu (A1-A5), var 730 kg CO₂-ígildi/m² fyrir brúna yfir Grímsá og 650 kg CO₂-ígildi/m² fyrir brúna yfir Aurá. Eins og fram hefur komið er brúin yfir Grímsá samverkandi stál- og steypubrú (e. composite steel-concrete bride) en brúin yfir Aurá steypubrú. Yfirbygging beggja brúa er nokkuð fyrir neðan meðaltal viðeigandi flokka úr samantekt Dequidt. Heildarkolefnisspor brúarinnar yfir Grímsá (1.400 kgCO₂-ígildi/m²) er einnig undir meðaltali viðeigandi flokks (2.500 kgCO₂-ígildi/m²) á meðan heildarkolefnisspor brúarinnar yfir Aurá (3.000 kgCO₂-ígildi/m²) er talsvert yfir meðaltali viðeigandi flokks (1.600 kgCO₂-ígildi/m²) enda er haf þeirrar brúar stutt og því skiptir undirbyggingin þar hlutfallslega miklu máli.

TAFLA 34 Samanburður á kolefnisspori 34 brúa. Athugið að kerfismörk greininganna eru mismunandi og flestar greiningarnar taka aðeins yfirbyggingu brúarinnar til greina. *Kolefnissporið var ýmist gefið í kg CO₂ eða kg CO₂-ígilda (áhrif annarra gróðurhúsalofttegunda einnig tekin með) á hvern m² nýtanlegs brúargólfs. **Mínustala kom úr einni greiningu því þar var tekinn með hagnaður af CO₂ bindingu skógar án þess að förgun brúarinnar væri tekin með, að mati höfunda er það villandi framsetning.

TEGUND BRÚAR	FJÖLDI [#]	NÝTANLEGT BRÚARGÓLF [m ²]		KOLEFNISSPOR [kg CO ₂ -ígildi/m ²]*	
		Bil	Meðaltal	Bil	Meðaltal
Steypubrú	19	140 – 4.300	2.290	110 – 3.390	1.590
Stálbrú	7	320 – 4.300	2.920	200 – 3.720	2.180
Samverkandi stál- og steypubrú (e. composite)	4	330 – 4.300	3.310	750 – 3.720	2.490
Timburbrú	4	230 – 250		-70** – 550	

4.5 Möguleg hagnýting niðurstaðna

Nú hefur EFLA gert þrjár vistferilsgreiningar fyrir Vegagerðina. Auk vistferilsgreiningar á brúnni yfir Grímsá, sem fjallað er um í þessari skýrslu, hafði EFLA áður gert vistferilsgreiningar á steinsteyptri brú (EFLU, 2014), og vegkafla (EFLA, 2013). Þessar niðurstöður má nýta til að leggja mat á umhverfisáhrif vegakerfisins, en einnig til að hafa til hliðsjónar við hönnun nýrra vega og brúa.

Þrátt fyrir þetta eru takmörk fyrir því hvaða ályktanir má draga af stökum vistferilsgreiningum fyrir aðrar framkvæmdir en þær sem skoðaðar eru í hverri greiningu fyrir sig. Hver og ein framkvæmd er sérstök og best er að vistferilsgreiningar séu hluti af hönnunarferlum mannvirkja. Þær má þá meðal annars nýta til að bera saman áhrif valkosta, til dæmis í byggingarlagi, brúarstæði og efnisnotkun.

Líkt og fjallað var um hér að framan þá benda niðurstöður greininganna til þess að efnisval ráði miklu um umhverfisáhrif vistferla framkvæmda í vegakerfinu. Vistferilsgreiningar eru mikilvægt tól til að meta megí þessi áhrif á hönnunarstigi, þegar enn eru góð tækifæri til að laga hönnunina að vistvænum áherslum. Samanburður niðurstaðna vistferilsgreininga brúanna yfir Aurá og Grímsá bendir enn fremur til þess að brúarstæði ráði miklu um heildarumhverfisáhrif framkvæmdanna, enda kalla óhagkvæmari brúarstæði á umfangsmeiri brúarmannvirki.

Fjölmargar brýr í vegakerfinu eru í dag í viðhalds- og rekstrarfasa vistferla sinna. Miðað við forsendur um viðhald sem nýttar voru í þessari greiningu er vægi viðhalds- og rekstrarfasa vistferils Grímsárbrúarinnar allnokkuð í þeim umhverfisáhrifaflokkum sem litið er til. Sem dæmi má nefna að áætlað viðhald og rekstur skilar um fjórðungi af metnu kolefnisspori brúarinnar. Það er því mikilvægt að huga að vistvænum valkostum við viðhald brúa. Það má til dæmis gera með efnisvali, með því að draga úr flutningum og keyrslu tækja, með því að nýta sparneytnari vélar og tæki og með því að leita leiða til að komast hjá því að keyra díselrafstöðvar á framkvæmdastöðum. Margt af því sama á við um byggingarfasa brúarinnar, en samanlagt skila byggarfasinn og rekstrar- og viðhaldsfasinn rúmlega þriðjung í metnu kolefnisspori Grímsárbrúarinnar.

Að mati höfunda eru niðurstöður um metinn ávinning af endurvinnslu stáls í umhverfisáhrifaflokknum gróðurhúsaáhrifum sérstaklega áhugaverðar, en fjallað var um þær í kafla 3.4.7. Niðurstöðurnar ættu að vera hvatning til að huga að endurvinnslu stáls við niðurrif mannvirkja. Möguleg endurnýting steypu er einnig verðugt rannsóknarefni, en steypa skilar um fjórðungi af metnu kolefnisspori Grímsárbrúarinnar.

5 HEIMILDASKRÁ

Dequidh, Thomas (2012). Life Cycle Assessment of a Norwegian Bridge. Norwegian University of Science and Technology, Noregur.

EFLA [Gyða M. Ingólfssdóttir, Friðrik K. Gunnarsson, Helga J. Bjarnadóttir, Matthildur Stefánsdóttir og Rögnvaldur Gunnarsson]. (2013). Vistferilsgreining fyrir veg – Rannsóknarverkefni Vegagerðarinnar 2012. Reykjavík: Vegagerðin og verkfræðistofan EFLA.

EFLA [Sigurður Thorlacius, Friðrik K. Gunnarsson, Baldvin Einarsson, & Helga J. Bjarnadóttir]. (2014). Vistferilsgreining fyrir brú – Rannsóknarverkefni Vegagerðarinnar. Reykjavík: Vegagerðin og Verkfræðistofan EFLA.

Hammervold, Johanne; Reenass, Marte; Brattebø, Helge (2013). Environmental Life Cycle Assessment of Bridges. Journal of Bridge Engineering. DOI: 10.1061/(ASCE)BE.1943-5592.0000328

Intergovernmental Panel for Climate Change, IPCC [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor & H.L. Miller] (2007). Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Cambridge University Press, Cambridge, Bretland & New York, Bandaríkin.

Joint Research Center of the European Commission – Institute for Environment and Sustainability, JRC-IES (2011). ILCD Handbook – International Reference Life Cycle Data System. Recommendations for Life Cycle Impact Assessment in the European Context. European Commission, Joint Research Centre – Institute for Environment and Sustainability.

Línuhönnun. (2000). Staða þekkingar á vistferilsgreiningum (LCA) fyrir steypa og malbikaða vegi. Reykjavík: Vegagerðin og verkfræðistofan Línuhönnun (nú verkfræðistofan EFLA).

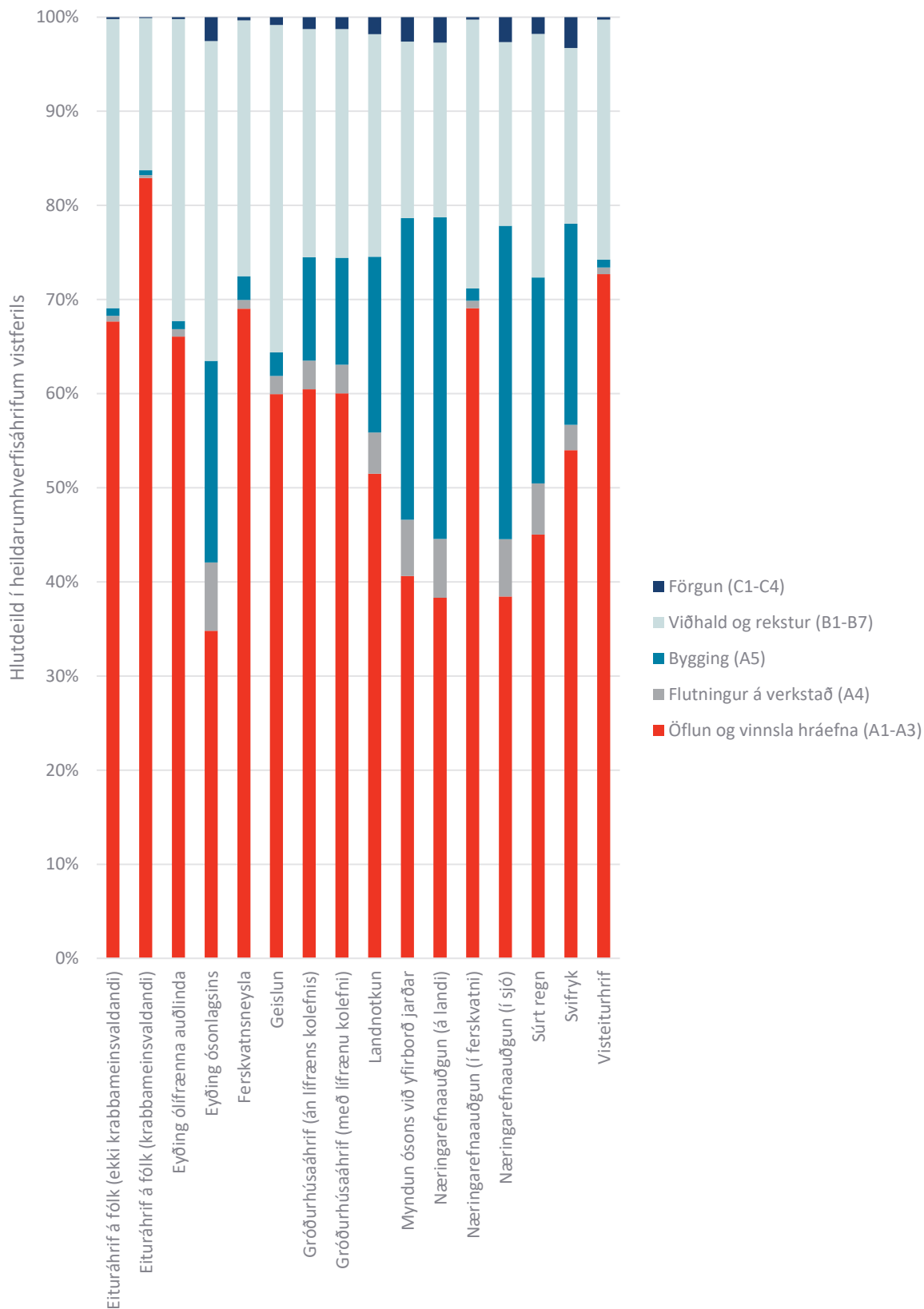
PRé [Mark Goedkoop, Michiel Oele, An de Schryver, Marisa Vieira] (2008). SimaPro Database Manual – Methods library. PRé Consultants.

Umhverfisstofnun. (án árs). Svifryk. Sótt 22. febrúar 2017 frá Umhverfisstofnun:
<https://www.ust.is/einstaklingar/loftgaedi/svifryk/>

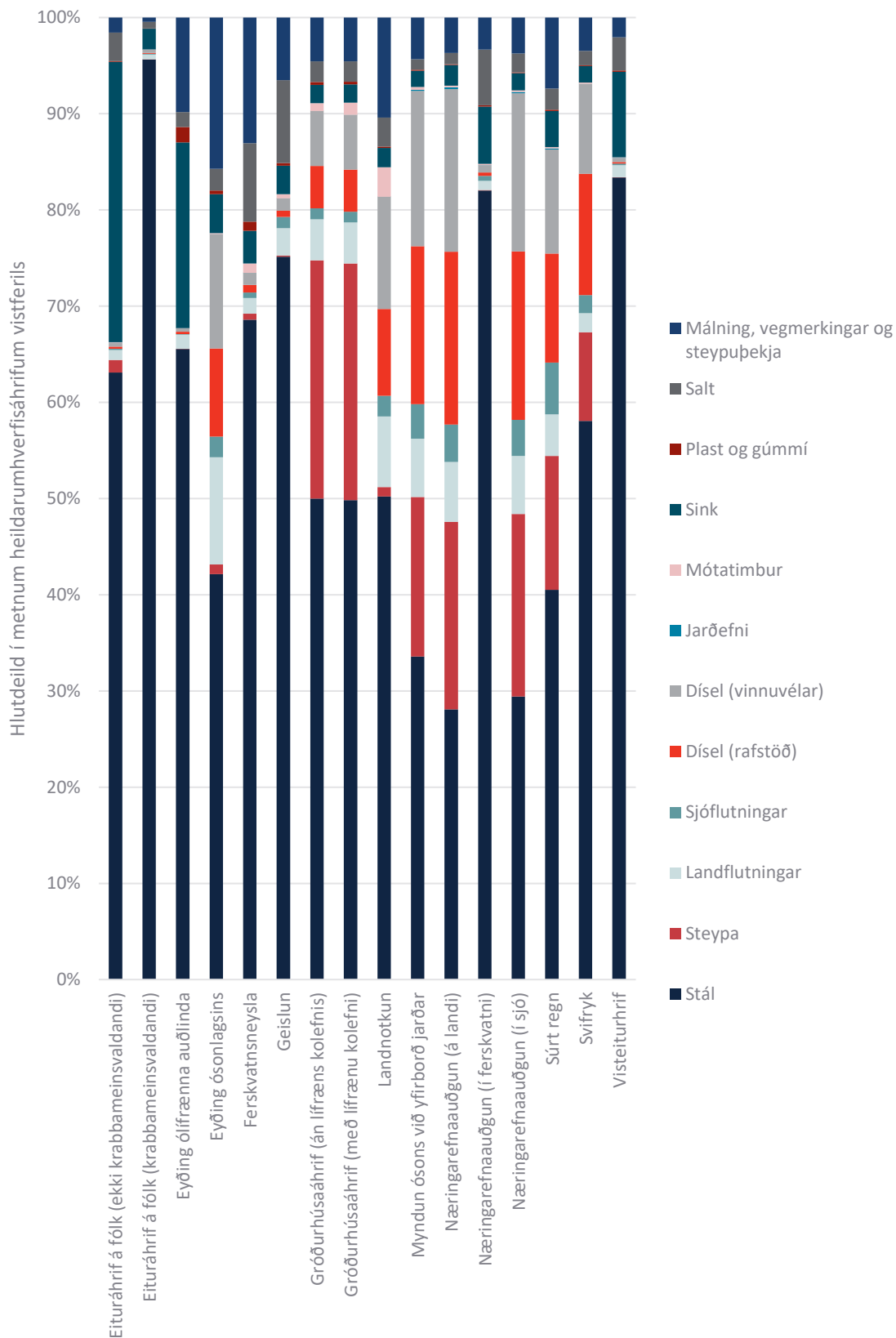
Vegagerðin. (2015). Umferðartölur á korti. Sótt 22. febrúar 2017 frá Vegagerðinni:
<http://www.vegagerdin.is/upplýsingar-og-utgafa/umferdartolur-a-korti/>

VIÐAUKI A ÍTARLEGRI NIÐURSTÖÐUR

Hér eru birtar niðurstöður í fleiri umhverfisáhrifaflokkum heldur en þeim þremur sem litið var til í umfjöllun. Á mynd A1 er metnum umhverfisáhrifum í niðurstöðum vistferilsgreiningar brúarinnar yfir Grímsá við Fossatún skipt eftir föstum vistferilsins. Á mynd A2 er hinum metnu áhrifum skipt eftir hráefnum.



MYND A1 Niðurstöður mats á hlutdeild vistferilsfasa í heildarumhverfisáhrifum vistferils brúarinnar (A, B og C). Birtar eru niðurstöður fyrir alla umhverfisáhrifaflokkana sem lagðir eru til í ILCD.



MYND A2 Niðurstöður mats á hlutdeild hráefna í metnum umhverfisáhrifum vistferils brúarinnar (A, B og C). Birtar eru niðurstöður fyrir alla umhverfisáhrifaflokkana sem lagðir eru til í ILCD.