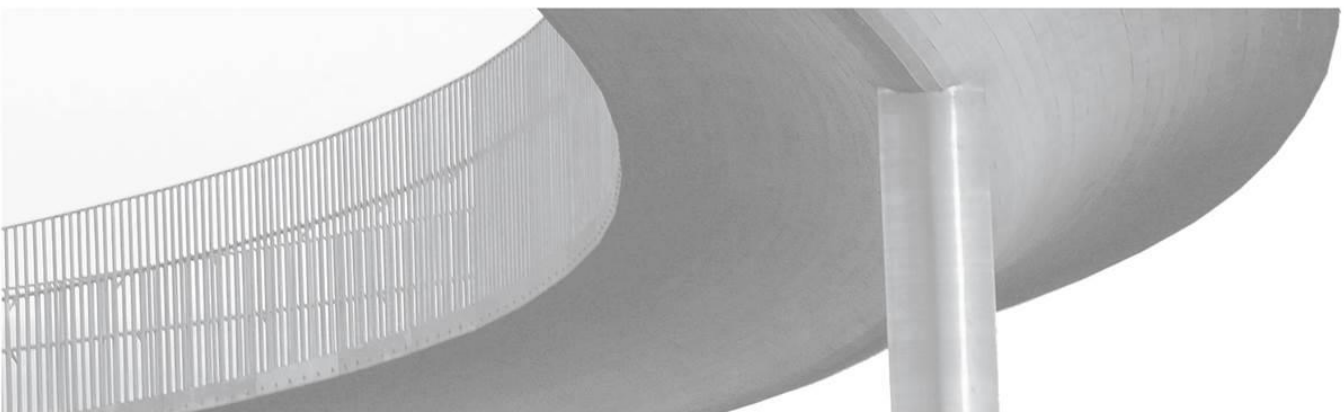




ÞRÓUN Á ENDAFRÁGANGI BRÚARMANNVIRKJA

Vettvangsferðir og eftirfylgni á þróun á endafrágangi
brúarmannvirkja til að lágmarka viðhald vega við brúarenda

30.04.2022



SKÝRSLA – UPPLÝSINGABLAÐ

SKJALALYKILL

2970-296-SKY-003-V01

SKÝRSLUNÚMÉR / SÍÐUFJÖLDI

02/38

VERKEFNISSTJÓRI / FULLTRÚI VERKKAUPA

Guðrún Þóra Garðarsdóttir

VERKEFNISSTJÓRI EFLA

Magnús Arason

LYKILORÐ

Vegir, brýr, viðhald, LCC

STAÐA SKÝRSLU

- Drög
 Drög til yfirlestrar
 Lokið

DREIFING

- Opin
 Dreifing með leyfi verkkaupa
 Trúnaðarmál

TITILL SKÝRSLU

ÞRÓUN Á ENDAFRÁGANGI BRÚARMANNVIRKJA

Vettvangsferðir og eftirfylgni á þróun á endafrágangi brúarmannvirkja til að lágmarka viðhald vega við brúarenda

VERKHEITI

Þróun á endafrágangi brúarmannvirkja til að lágmarka viðhald vega við brúarenda

VERKKAUPI

Rannsóknarsjóður Vegagerðarinnar

HÖFUNDAR

Ingvar Hjartarson, Magnús Arason

ÚTDRÁTTUR

Brúm án þensluraufa, þ.e. samfelldum- eða hlutasamfelldum brúm, hefur fjölgað á Íslandi undanfarna áratugi, sérstaklega fyrir brýr upp að 100 m lengd [1]. Algengasta vandamálið við endann á brúm án þensluraufa eru sprungur eða dældir í slitlaginu [1] [2]. Orsakir skemmdanna í slitlaginu geta verið margslungnar en algengastar eru niðurbrot fyllingar vegna láréttar hreyfingar brúarenda, mismunasigs jarðvegs, veðrunarvandamála og samþjöppunar [3] [4] [5].

Í fyrri hlutum rannsóknarverkefnisins [6] [14] var endurbættur brúarendi fyrir brú með malbiksslitlagi kynntur byggt á erlendum rannsóknum og reynslu EFLU frá Noregi. Í framhaldsverkefninu var endurbætti brúarendinn aðlagður fyrir brýr með klæðningu á aðlægum vegi og samanburðarbrýr valdar í samráði við Vegagerðina til að sannreyna skilvirkni endurbætta brúarendans.

Í þessum hluta rannsóknarverkefnisins var rannsókn Gylfa og Helga [1] endurtekin, þ.e. farnar voru vettvangsferðir að sömu brúm og Gylfi og Helgi skoðuðu fyrir sex árum síðan, ástand brúarendanna var metið, viðgerðarsaga brúarendanna skoðuð og sig mælt við brúarendana. Tilgangurinn er að sannreyna hvort niðurbrot í vegfyllingum við enda brúa án þensluraufa megi rekja til skriðs og rýrnunar á upphafsárum brúnna eða hvort um viðvarandi vandamál sé að ræða vegna hreyfinga brúargólfsins. Byggt á niðurstöðum vettvangsferðarinnar er vöktunaráætlunin fyrir brýrnar á Þorskafjörð og Hornafjarðarfljót endurmetin.

ÚTGÁFUSAGA

<u>NR.</u>	<u>HÖFUNDUR</u>	<u>DAGS.</u>	<u>RÝNT</u>	<u>DAGS.</u>	<u>SAMÞYKKT</u>	<u>DAGS.</u>
01	Ingvar Hjartarson	12.04.22	Magnús Arason	28.04.21	Magnús Arason	30.04.21

Áfangaskýrsla 3. Niðurstöður vettvangsferðar og gátlistar fyrir nýju brýrnar

SAMANTEKT

Brúm án þensluraufa, þ.e. samfelldum- eða hlutasamfelldum brúm, hefur fjölgað á Íslandi undanfarna áratugi, sérstaklega fyrir brýr upp að 100 m lengd [1]. Algengasta vandamálið við endann á brúm án þensluraufa eru sprungur eða dældir í slitlaginu [1] [2]. Orsakir skemmdanna í slitlaginu geta verið margslungnar en algengastar eru niðurbrot fyllingar vegna lárétttrar hreyfingar brúarenda, mismunasigs jarðvegs, veðrunarvandamála og samþjöppunar [3] [4] [5].

Í fyrri hlutum rannsóknarverkefnisins [6] [14] var endurbættur brúarendi fyrir brú með malbiksslitlagi kynntur byggt á erlendum rannsóknum og reynslu EFLU frá Noregi. Í framhaldsverkefninu var endurbætti brúarendinn aðlagður fyrir brýr með klæðningu á aðlægum vegi og samanburðarbrýr valdar í samráði við Vegagerðina til að sannreyna skilvirkni endurbætta brúarendans.

Í þessum hluta rannsóknarverkefnisins var rannsókn Gylfa og Helga [1] endurtekin, þ.e. farnar voru vettvangsferðir að sömu brúm og Gylfi og Helgi skoðuðu fyrir sex árum síðan, ástand brúarendanna var metið, viðgerðarsaga brúarendanna skoðuð og sig mælt við brúarendana. Tilgangurinn er að sannreyna hvort niðurbrot í vegfyllingum við enda brúa án þensluraufa megi rekja til skriðs og rýrnunar á upphafsárum brúnna eða hvort um viðvarandi vandamál sé að ræða vegna hreyfinga brúargólfsins. Byggt á niðurstöðum vettvangsferðarinnar er vöktunaráætlunin fyrir brýrnar á Þorskafjörð og Hornafjarðarfljót endurmetin.

Höfundar skýrslunnar bera ábyrgð á innihaldi hennar. Niðurstöður hennar ber ekki að túlka sem yfirlýsta stefnu Vegagerðarinnar eða álit þeirra stofnana eða fyrirtækja sem höfundar starfa hjá.

EFNISYFIRLIT

SAMANTEKT	5
1 INNGANGUR	10
2 VETTvangsferðir	13
2.1 Brú á Kolgrafafjörð í vegi 54 Snæfellsnesi	13
2.1.1 Brú á Kolgrafafjörð í vegi 54 Snæfellsnesi - vettvangsferð	14
2.2 Brú á Hvítá hjá Bræðratungu í vegi 359	19
2.2.1 Brú á Hvítá hjá Bræðratungu í vegi 359 - vettvangsferð	20
2.3 Brú á Múlakvísl í vegi 1-b2	26
2.3.1 Brú á Múlakvísl í vegi 1-b2 – vettvangsferð	27
2.4 Niðurstöður vettvangsferða	31
3 VÖKTUNARÁÆTLUN FYRIR HORNAFJARÐARFLJÓT OG ÞORSKAFJÖRÐ	33
4 LOKAORÐ	35
5 HEIMILDASKRÁ	37

MYNDASKRÁ

MYND 1	Endurbætti endafrágangurinn felur í sér 1) tengingu sigplötunnar við brúargólf með ryðfríum járnum, 2) styrkingu malbiks með styrktarneti, 3) jarðvegsdúka ofan við sigplötu, 4) fínkorna fyllingarefni við enda sigplötunnar, 5) frauðplast við endabita brúarinnar og 6) lengda sigplötu sem þynnist út frá brúarendanum. Ónefndar einingar í mm. _____	11
MYND 2	Endurbætti brúarendinn fyrir Hornafjarðarfljót. 1) Gúmmílisti tekinn og biti síkkaður í staðinn, 2) frauðplast bakvið endabita, 3) hertar kröfur til fyllingar, 4) púkkulningur sem þrifalag, 5) sigplatan lengd og látin þynnast, 6) fínkorna fylliefni við enda sigplötunnar, 7) pólýester hástyrkleikadúkur við enda sigplötu, 8) jarðvegsdúkar með fasta möskva, 9) elatískur pólýúretanmassi tengdur í steypu með 10) ryðfríum teinum. _____	11
MYND 3	Yfirlitsmynd úr teikningasafni brúarinnar. _____	13
MYND 4	Endafrágangur brúarinnar. Sigplatan liggur lárétt í yfirborðinu, tengd með skúfbolta við endabitann. Mynd úr teikningasafni brúarinnar. _____	14
MYND 5	Lega við vesturenda til vinstri og austurenda til hægri. _____	15
MYND 6	Yfirborð við vesturenda brúarinnar. _____	16
MYND 7	Yfirborð við austurenda brúarinnar. _____	16
MYND 8	Samskeytin á milli brúargólfs og vegar við vesturenda til vinstri og austurenda til hægri. _____	17
MYND 9	Sig meðfram NA væng brúarinnar. _____	17
MYND 10	Mæling á sigi við vesturenda brúarinnar. _____	18
MYND 11	Mæling á sigi við austurenda brúarinnar. _____	18
MYND 12	Hæð slitlagsins við brúarendana. Mælt frá brúarenda á milli hjólfaranna þar sem umferðin keyrir að brúnni. _____	19
MYND 13	Yfirlitsmynd úr teikningasafni brúarinnar. _____	19
MYND 14	Áfangaskipting brúarinnar og aðkomuvegurinn vestan megin við brúnna. Mynd úr verkefni Gylfa og Helga [1]. _____	19
MYND 15	Endafrágangur brúarinnar. Mynd úr teikningasafni brúarinnar. _____	20
MYND 16	Lega við vesturenda til vinstri og austurenda til hægri. _____	21
MYND 17	Sig við norðvestur enda brúargólfsins, líklega eftir flóð í ánni. _____	21
MYND 18	Yfirborð við austurenda, horft af brúnni. _____	22
MYND 19	Yfirborð við austurenda, horft að brúnni. _____	22
MYND 20	Samskeytin á milli brúargólfs og vegar við austurendann, staðið norðan megin við veginn. _____	23
MYND 21	Yfirborð við vesturenda, horft af brúnni. _____	23
MYND 22	Samskeytin á milli brúargólfs og vegar við vesturenda, staðið sunnan megin við veginn. _____	24
MYND 23	Sig við suðvestur væng brúargólfsins. _____	24
MYND 24	Hæð slitlagsins við brúarendana, mælt á milli hjólfaranna við báða enda brúarinnar. _____	25
MYND 25	Mæling sigs sunnan megin við vestur brúarendann. _____	25
MYND 26	Mæling sigs norðan megin við austur brúarendann. _____	26
MYND 27	Yfirlitsmynd úr teikningasafni brúarinnar. _____	26
MYND 28	Endafrágangur brúarinnar. Mynd úr teikningasafni brúarinnar. _____	27
MYND 29	Lega við vesturenda til vinstri og austur endann til hægri. _____	28
MYND 30	Yfirborð við vesturenda. _____	28
MYND 31	Samskeytin á milli brúargólfs og vegar við vesturenda brúarinnar. _____	29
MYND 32	Yfirborð við austurenda. _____	29
MYND 33	Samskeytin á milli brúargólfs og vegar við austurenda brúarinnar. _____	30

MYND 34 Hæð slitlagsins við brúarendana, mælt á milli hjólfaranna við báða enda brúarinnar. _____	31
MYND 35 Hæð slitlagsins við brúarendana, mælt á milli hjólfaranna við báða enda brúarinnar. _____	32

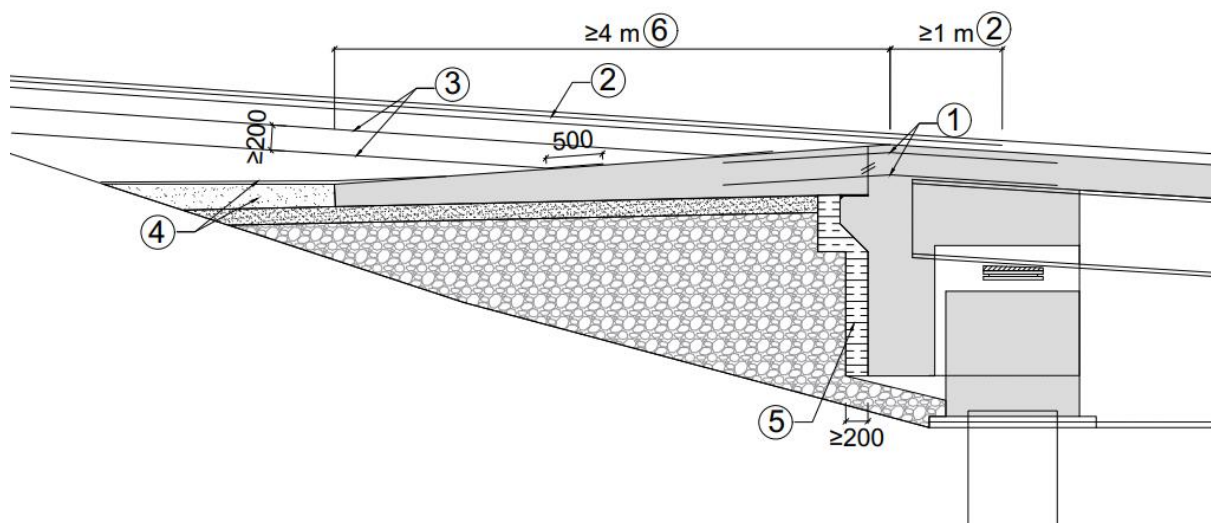
1 INNGANGUR

Brúm án þensluraufa, þ.e. samfelldum- eða hlutasamfelldum brúm, hefur fjölgað á Íslandi undanfarna áratugi, sérstaklega fyrir brýr upp að 100 m lengd [1]. Algengasta vandamálið við endann á brúm án þensluraufa eru sprungur eða dældir í slitlaginu [1], [2]. Orsakir skemmdanna í slitlaginu geta verið margslungnar en algengastar eru niðurbrot fyllingar vegna láréttar hreyfingar brúarenda, mismunasigs jarðvegs, veðrunarvandamála og samþjöppunar [3] [4] [5].

Gylfi Sigurðsson og Helgi Ólafsson [1] rannsökuðu ástand þriggja brúa á Íslandi, allar yfir 150 m á lengd, með kröfur norskra brúarhönnunarregla [7] til hliðsjónar og til að meta hvort að á Íslandi hefðu verið byggðar of langar brýr án þensluraufa. Niðurstaða þeirra var að yfirlög í aðlægum vegum sýndu ummerki um að þjöppuð fylling væri að síga og að þetta gæti haft áhrif á aksturseiginleika við brýrnar og minnkað umferðaröryggi. Þeirra niðurstaða var að nota ætti þensluraufar fyrir brýr lengri en 120 m.

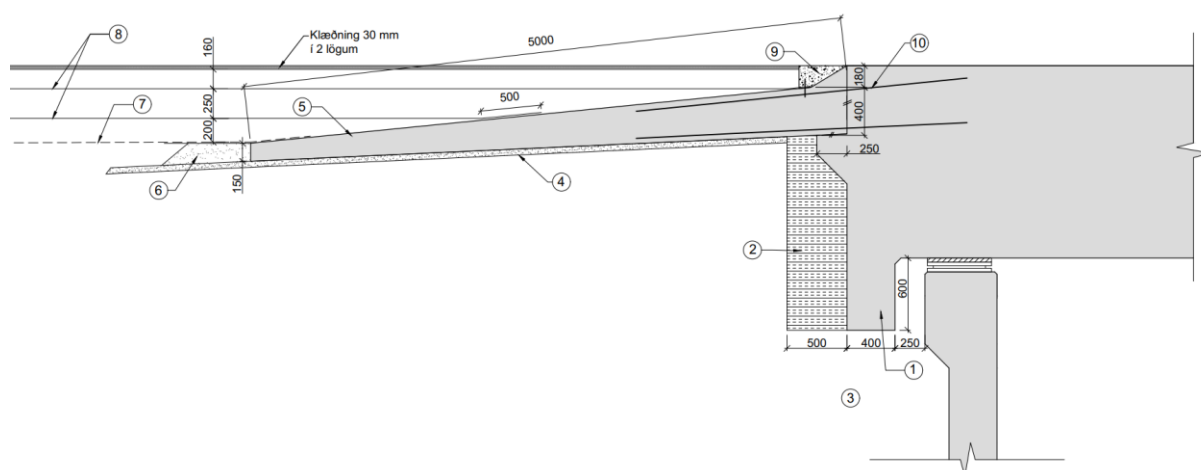
Brýrnar sem voru til rannsóknar [1] hafa allar frekar stuttar (≤ 3 m langar) sigplötur, sérstaklega ef þær eru bornar saman við lengd brúnna eða hæð endabita. Engar sérstakar ráðstafanir, aðrar en notkun sigplatna, voru gerðar við enda brúnna til að koma í veg fyrir sig vegfyllingarinnar. Margar rannsóknir hafa verið gerðar erlendis á því hvernig væri hægt að bæta frágang við brúarenda samfelldra brúa og í flestum þeirra er mælt með notkun frauðplasts [8] [9] [10] [11], jarðvegstyrkja vegfyllinguna [9] [2], herða kröfur til fyllingarefna [5] [12] og lengja og styrkja sigplötur [2] [13] við brúarendana.

Í fyrsta hluta rannsóknarverkefnisins [6] var endurbættur brúarendi fyrir brú með malbiksslitlagi kynntur byggt á erlendum rannsóknum og reynslu EFLU frá Noregi, sjá mynd 1. Endurbætti brúarendinn nýtir m.a. frauðplast, jarðvegsdúka, malbiksstyrkingar og innspennta sigplötu við frágang brúarendans. Brýr með þessum brúarenda geta verið hlutasamfelldar, þ.e. með endastöpla á legum en án fúgu, eða samfelldar, þ.e. með endastöpla án lega og fúga. Útgangspunktur í hönnuninni er að engar fúgur eru við brúarendana og malbik er samfelt yfir brúargólfið.



MYND 1 Endurbætti endafrágangurinn felur í sér 1) tengingu siglötunnar við brúargólf með ryðfríum járnum, 2) styrkingu malbiks með styrktarneti, 3) jarðvegsdúka ofan við siglötun, 4) fínkorna fyllingarefni við enda siglötunnar, 5) frauðplast við endabita brúarinnar og 6) lengda siglötun sem þynnist út frá brúarendanum. Ónefndar einingar í mm.

Hér á landi eru hins vegar ekki margar brýr um og yfir 100 m langar með malbiki á veginum, því var farið í framhaldsverkefni [14] að aðlaga endurbætta brúarendann fyrir brýr með klæðningu á aðlægum vegi. Munurinn felst einkum í að klæðningin er ekki látin ná samfelld yfir brúargólfið og því er ráðlagt að nota elastískan pólýúretanmassa sem er tengdur við brúarendann til að brúa yfirganginn frá brúargólfinu yfir á klæðninguna, sjá mynd 2.



MYND 2 Endurbætti brúarendinn fyrir Hornafjarðarfljót. 1) Gúmmílisti tekinn og biti síkkaður í staðinn, 2) frauðplast bakvið endabita, 3) hertar kröfur til fyllingar, 4) púkkulningur sem þrífalag, 5) siglattan lengd og látin þynnast, 6) fínkorna fylliefni við enda siglötunnar, 7) pólýester hástyrkleikadúkur við enda siglötun, 8) jarðvegsdúkar með fasta möskva, 9) elastískur pólýúretanmassi tengdur í steypu með 10) ryðfríum teinum.

Í framhaldsverkefninu [14] voru samanburðarbrýr valdar í samráði við Vegagerðina til að sannreyna skilvirkni endurbætta brúarendans. Brýrnar sem voru valdar voru brúin yfir Hornafjarðarfljót og til samanburðar brúin yfir Þorskafljörð, þar sem brýrnar eru álíka langar, með sama burðarform og báðar voru hannaðar sem hlutasamfelldar brýr. Drög að vöktunaráætlun var stillt upp til að fylgja eftir

samanburðinum á brúarendunum til að meta hvort endurbætti brúarendinn sé árangursríkari til að lágmarka viðhald á aðlægum vegi.

Í framhaldsverkefninu [14] voru nokkrar styttri brýr (50-70 m) á höfuðborgarsvæðinu einnig skoðaðar og bornar saman. Niðurstaða samanburðarins bendir til að brýr án þensluraufa séu hagkvæmar m.t.t. viðhaldskostnaðar á líftíma, og einnig var ályktað að brú (Fellsvegur) með endafrágang svipaðan þeim sem þróaður hefur verið í þessu verkefni, hafi komið vel út frá byggingu þess mannvirkis, samanborið við hefðbundnari útfærslur.

Í vinnu að þessari rannsóknarskýrslu var rannsókn Gylfa og Helga [1] endurtekin, þ.e. farnar voru vettvangsferðir að sömu brúm og Gylfi og Helgi skoðuðu fyrir sex árum síðan, ástand brúarendanna var metið, viðgerðarsaga brúarendanna skoðuð og sig mælt við brúarendana. Tilgangurinn er að sannreyna hvort niðurbrot í vegfyllingum við enda brúa án þensluraufa megi rekja til skriðs og rýrnunar á upphafsárum brúnna eða hvort um viðvarandi vandamál sé að ræða vegna hreyfinga brúargólfsins. Byggt á niðurstöðum vettvangsferðarinnar er vöktunaráætlunin fyrir brýrnar á Þorskafjörð og Hornafjarðarfljót endurmetin.

2 VETTVANGSFERÐIR

Sumarið 2021 var farið að skoða sömu þrjár brýr og Gylfi og Helgi [1] skoðuðu árið 2016 til að athuga hvort viðhaldspörf og færsla brúarendanna sé mest fyrst eða hvort um viðvarandi vandamál sé að ræða vegna hitabensla brúargólfsins. Brýrnar þrjár eru brú á Kolgrafafjörð á Snæfellsnesi, brú á Hvíta hjá Bræðratungu og brú á Múlakvísl á Þjóðvegi 1 austan við Vík í Mýrdal.

2.1 Brú á Kolgrafafjörð í vegi 54 Snæfellsnesi

Brúin var byggð árið 2004 og er 230 m löng í fimm höfum, sjá mynd 3. Brúin er eftirspennt bitabru og var byggð í tveimur hlutum, fyrri hlutinn (~67%) var steiptur 7. desember 2003 og spenntur tíu dögum seinna. Seinni hlutinn var steiptur 15. febrúar 2004 og spenntur tíu dögum síðar. Áfangarnir eru spenntir saman og því hefur fyrri hlutinn verið spenntur í 2 mánuði áður en mannvirkið hegðar sér sem ein heild. Fyrri lag klæðningarinnar var lagt á veginn um brúna um mánaðarmótin nóvember/desember 2004 og síðara lagið í júní 2005.

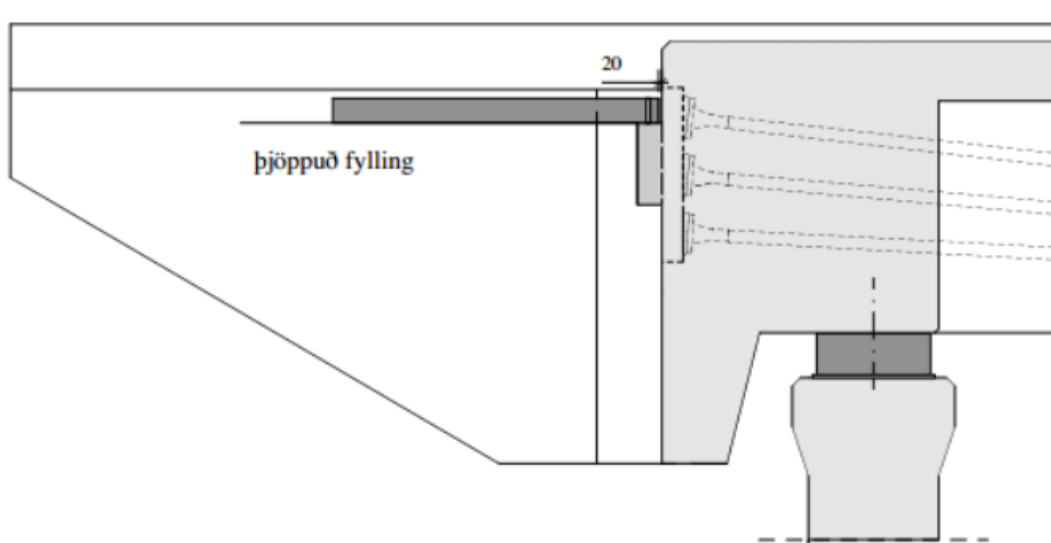
Brúin fékk því um 1,5 ár til að ná jafnvægi frá því hún var spennt áður en seinna lagið af klæðningu var lagt á veginn. Á þessu tímabili hefur brúin fengið tíma til að rýrna og skríða og því gefist tækifæri til að laga skemmdir ef einhverjar voru við brúarendana að þeim tíma liðnum.



MYND 3 Yfirlitsmynd úr teikningasafni brúarinnar.

Á mynd 4 má sjá hvernig endafrágangi brúarinnar er háttað. Mesta hæð endabitans ásamt niðurhengdum bita er 2.650 mm. Sigplatan liggur lárétt um 30 cm fyrir neðan yfirborðið og er 2 m löng og 100 mm þykkt. Sigplatan er tengd við endabitann með skúfboltum og fylgir því hreyfingu brúarinnar.

SNID B-B



MYND 4 Endafrágangur brúarinnar. Sigplatan liggur lárétt í yfirborðinu, tengd með skúfbolta við endabitann. Mynd úr teikningasafni brúarinnar.

Jón H. Helgason á Vestursvæði Vegagerðarinnar kannaði fyrir Gylfa og Helga [1] árið 2015 hvaða lagfæringar hafi þurft að gera í gegnum árin við brúarendana. Þá höfðu aðeins verið gerðar minniháttar viðgerðir svo sem að fylla í hjólför og dældir. Það hafði ekki skapast þörf á tiltölulega róttækum aðgerðum eins og að fjarlægja yfirlagið og endurleggja.

Haft var samband við Guðjón H. Björnsson verkstjóra á þjónustustöðinni í Ólafsvík til að fá upplýsingar um viðhald á brúarendunum og hvernig hans reynsla væri á endafráganginum. Samkvæmt Guðjóni þá hefur þjónustustöðin í Ólafsvík lagað sig við brúarendana á 2-4 ára fresti eða um 4-5 sinnum frá því brúin var byggð. Þá er bætt ofan á núverandi veg og klætt yfir til að jafna út 2-5 cm sig við brúarendana. Guðjóni finnst vera meira sig við austurenda brúarinnar heldur en þann vestari. Einnig tók hann sérstaklega fram að þetta væri alls ekki eina brúin þar sem þyrfti að laga reglulega slitlag við brúarenda

2.1.1 Brú á Kolgrafafjörð í vegi 54 Snæfellsnesi - vettvangsferð

Farið var í vettvangsferð 20 ágúst 2021 og færsla leganna mæld, myndir teknar af ástandi slitlagsins við brúarendana og sig mælt við brúarendana í töflu 1 má sjá meðal-, hámarks- og lágmarkshitann í ágústmánuði á nálægum mælistöðvum.

TAFLA 1 Hitastig í ágúst samkvæmt tveimur mælistöðvum nálægt brúarstæðinu [15]

Stöð	Ár	Mánuður	Meðalhiti °C	Hámarkshiti °C	Lágmarkshiti °C
Kolgrafafjarðarbrú	2021	Ágúst	12,68	16,6	7,6
Búlandshöfði	2021	Ágúst	12,47	17,6	7,8

Færsla leganna var mæld á staðnum og mældist 6-6,5 cm í báðum endum eða samtals 12-13 cm, sjá mynd 5. Brúin virðist því hreyfast nokkuð jafnt inn að miðju þrátt fyrir að brúin hafi verið steypd í tveimur áföngum enda var frekar stutt á milli steypuáfanganna eða um tveir mánuðir. Gylfi og Helgi [1] áætluðu færslu leganna árið 2011 út frá myndum sem þeir tóku af legunum í vettvangsferðunum sínum. Þeir áætluðu færslur leganna um 80 mm í hvorum enda sem er um 20 mm meira heldur en færsla leganna mældist árið 2021.

Gylfi og Helgi [1] reiknuðu út skrið og rýrnun brúarinnar árið 2015 þegar brúin var 11 ára og niðurstaða þeirra var að brúin hafði skriðið og rýrnað 137 mm sem er minna heldur en þeir mældu færslu leganna árið 2015. Samkvæmt útreikningum Gylfa og Helga þá má áætla að brúin hafi skriðið og rýrnað um 11 mm á þessum 6 árum síðan Gylfi og Helgi fóru á staðinn. Meðalhitastigið í ágúst 2021 var um 3 gráðum hærra heldur en þegar Gylfi og Helgi fóru sína vettvangsferð. Sem ætti að valda um 7 mm lengingu á brúnni sem vegur upp á móti skriði og rýrnun steypunnar á þessum tíma. Mælingar á færslu leganna benda til þess að brúargólfið hafi lengst um 3-4 cm milli vettvangsferða, en útreikningar benda til þess að brúin ætti að hafa styst. Talið er að endastöplarnir hafi frekar skriðið með brúargólfinu undan jarðvegsþrýstingi heldur en að brúargólfið fylgi ekki skriðlíkaninu sem Gylfi og Helgi notuðu við útreikningana.



MYND 5 Lega við vesturenda til vinstri og austurenda til hægri.

Myndirnar hér á eftir voru teknar í vettvangsferðinni 20. ágúst 2021. Myndir 6 til 8 bera með sér að búið sé að bletta í slitlagið vestan megin við brúna en austan megin er búið að leggja nýja klæðningu á veginn í heild sinni. Einnig sést að byrjað er að brotna úr klæðningunni vestan megin við brúarendann. Samt sem áður fannst óverulega fyrir yfirganginum þegar keyrt var yfir brúna úr báðum áttum. Við NA væng brúarinnar virtist hafa runnið úr fyllingunni eða hún sigið vegna hreyfinga brúarinnar, sjá mynd 9. Hjá öðrum vængjum virtist sigið vera óverulegt.



MYND 6 Yfirborð við vesturenda brúarinnar.



MYND 7 Yfirborð við austurenda brúarinnar.



MYND 8 Samskeytin á milli brúargólf og vegar við vesturenda til vinstri og austurenda til hægri.



MYND 9 Sig meðfram NA væng brúarinnar.

Í vettvangsferðinni var hæð slitlagsins mæld við brúarendana á milli hjólfaranna í þá akstursstefnu sem keyrir að brúnni. Á mynd 10 má sjá hvernig sigmælingum var stillt upp. Strengdur var spotti á milli tveggja hellna og hæð bandsins yfir slitlaginu var mælt á um 50 cm millibili. Á mynd 12 má sjá niðurstöðuna þegar búið er að leiðrétta fyrir hæð hellnanna. Lóðrétta ásnúm er snúið þannig að jákvæðar tölur tákna að slitlagið er ofar en það ætti að vera en neikvæðar of neðarlega. Við

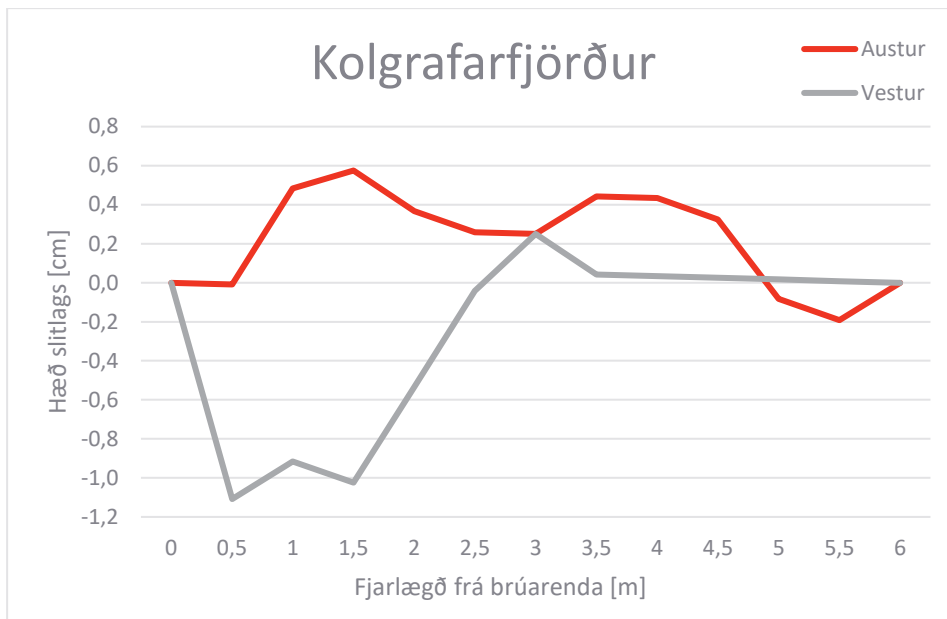
austurenda brúarinnar er klæðningin óvenju gróf (sjá mynd 11) og stendur aðeins ofar heldur en yfirborð brúarinnar. Við vesturendann virðist dæld vera að myndast við brúargólfið sem jafnar sig út þegar fjær dregur.



MYND 10 Mæling á sigi við vesturenda brúarinnar.



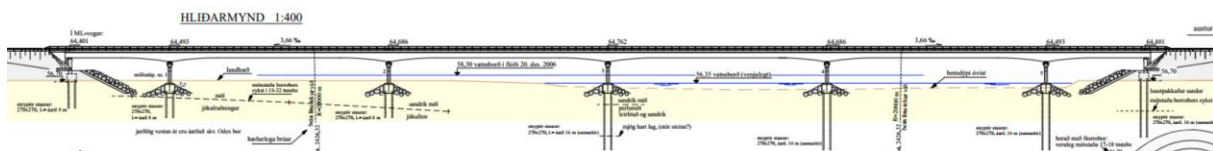
MYND 11 Mæling á sigi við austurenda brúarinnar.



MYND 12 Hæð slitlagsins við brúarendana. Mælt frá brúarenda á milli hjólfaranna þar sem umferðin keyrir að brúnni.

2.2 Brú á Hvítá hjá Bræðratungu í vegi 359

Brúin var byggð árið 2010 og er 272,6 m löng í 6 höfum, sjá mynd 13. Brúin var steypur í tveimur áföngum á fyllingu með um 10 mánaða millibili. Fyrri hlutinn (vestari hlutinn) var steypur 6. nóvember 2009 og síðari hlutinn var steypur 9. september 2010. Kaplar voru spenntir og grautaðir í hvorum hluta um 7-14 dögum eftir að steypur var. Slitlagið á aðlægum vegum var ekki lagt fyrr en í júní 2011 eða um 9 mánuðum eftir að seinni hlutinn var steypur.



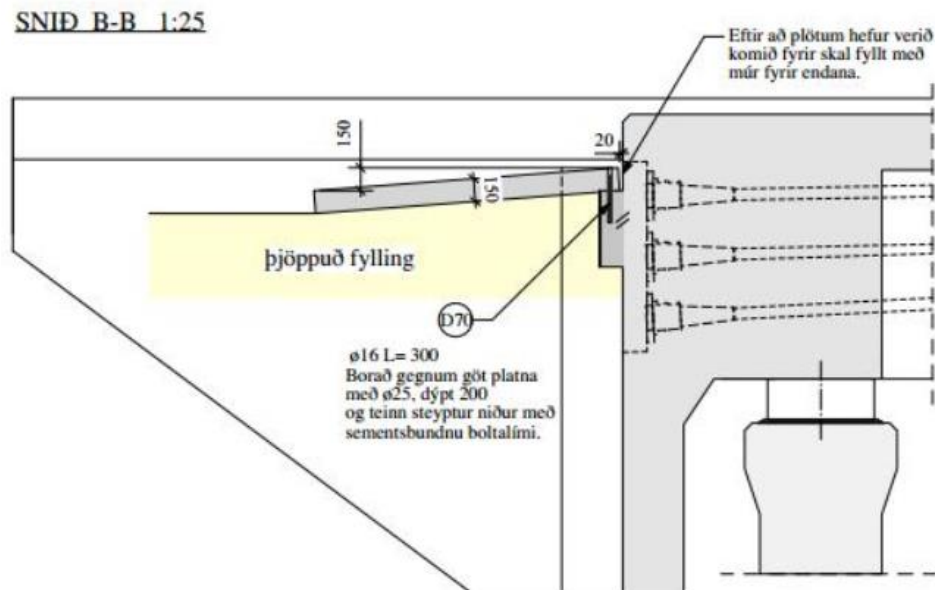
MYND 13 Yfirlitsmynd úr teikningasafni brúarinnar.

Fyllt var vestan megin að brúnni eftir að fyrri hlutinn var steypur til að nýta sem aðkomuveg fyrir eystri hlutann, sjá mynd 14. Því má gera ráð fyrir að sig í vegfyllingunni að vestur enda brúarinnar hafi verið komið fram að hluta áður en klæðning var lögð á veginn.



MYND 14 Áfangaskipting brúarinnar og aðkomuvegurinn vestan megin við brúnni. Mynd úr verkefni Gylda og Helga [1].

Á mynd 15 má sjá endafrágang brúarinnar. Mesta hæð endabita fyrir miðri brú er 3.200 mm, þ.e. biti ásamt niðurhengdum bita. Lengd sigplatna er 2,0 m og þykkt þeirra er 150 mm. Sigplatan er tengd í endabitann með lóðréttum teinum og færist því með brúargólfinu.



MYND 15 Endafrágangur brúarinnar. Mynd úr teikningasafni brúarinnar.

Engar viðgerðir höfðu verið unnar við brúarendana þegar Gylfi og Helgi [1] fóru í vettvangsferð 2016 en töluvert sig var við brúarendana, sérstaklega austurendann. Gylfi og Helgi töldu ástandið varasamt og að þörf væri á lagfæringu við brúarendana.

Haft var samband við Vegagerðina á Selfossi sem sinnir viðhaldi á brúnni til að fá upplýsingar um viðgerðarsögu á slitlaginu og álit þeirra á viðhaldsþörf brúarinnar. Samkvæmt Ágústi Sigurjónssyni yfirverkstjóra þá telur Vegagerðin að viðgerðir á slitlaginu við brúarendana sé ekki mikið vandamál en ekki fengust upplýsingar um viðgerðartíðnina.

2.2.1 Brú á Hvítá hjá Bræðratungu í vegi 359 - vettvangsferð

Farin var vettvangsferð 25. ágúst 2021 og færsla leganna mæld, myndir teknar af ástandi slitlagsins við brúarendana og sig mælt við brúarendana. Í töflu 2 má sjá meðal-, hámarks- og lágmarkshitann í ágústmánuði á nálægum mælistöðvum.

TAFLA 2 Hitastig í ágúst samkvæmt tveimur mælistöðvum nálægt brúarstæðinu [15]

Stöð	Ár	Mánuður	Meðalhiti °C	Hámarkshiti °C	Lágmarkshiti °C
Hjarðarland	2021	Ágúst	12,56	21,9	2,9
Árnes	2021	Ágúst	12,35	20,9	4,3

Færsla leganna var mæld á staðnum og mældist um 4 cm við vesturendann en 2 cm við austurendann, sjá mynd 16. Samdráttur brúarinnar mældist því um 5 cm minni heldur en þegar Gylfi

og Helgi [1] mældu færslur brúarendanna 2015. Meðalhitinn var um 9°C heitari í ágúst 2021 heldur en í maí 2015 sem getur útskýrt um 2,5 cm lengingu brúargólfsins en skrið og rýrnun brúarinnar á þessum sex árum ætti að vera 24 mm [1] og vega á móti lengingunni vegna hitans. Til að útskýra þessa órökréttu lengingu á brúnni þá er talið að endaveggurinn hafi skriðið fram með brúargólfinu, undan jarðvegsþrýstingi eða þegar áin flæddi og rauf jarðveginn í kring, sjá mynd 17, frekar heldur en að brúargólfið fylgi ekki skriðlíkaninu sem Gylfi og Helgi notuðu við útreikningana.

Athyglisvert er að brúargólfið virðist vera hliðrað á legunum þar sem hliðarfærsla leganna mælist mismikil. Mismunafærsluna má líklega rekja til þess að brúin var byggð í tveimur áföngum. Fyrri áfanginn (vestari) hefur fengið að skriða og rýrna í 10 mánuði þangað til brúargólfið varð ein eining. Einnig hefur vestra hafið dregist til hliðar þegar eystri hluti brúarinnar var spenntur.



MYND 16 Lega við vesturenda til vinstri og austurenda til hægri.



MYND 17 Sig við norðvestur enda brúargólfsins, líklega eftir flóð í ánni.

Myndir 18 til 22 af ástandi slitlagsins við brúarendana voru teknar í vettvangsferðinni 25. ágúst 2021. Myndirnar sýna að sig við brúarendana er vandamál og reglulega hefur þurft að laga malbikið við enda brúarinnar þrátt fyrir að brúin sé aðeins 11 ára gömul. Greinilega fannst fyrir yfirganginum þegar keyrt var yfir brúna úr báðum áttum. Við vængi brúarinnar mátti einnig greina sig, sjá t.d. mynd 23. Við norðvestur enda brúarinnar mátti einnig sjá rof í landinu líklega eftir flóð í ánni þar sem girðingin var á lofti, sjá mynd 17.



MYND 18 Yfirborð við austurenda, horft af brúnni.



MYND 19 Yfirborð við austurenda, horft að brúnni.



MYND 20 Samskeytin á milli brúargólfs og vegar við austurendann, staðið norðan megin við veginn.



MYND 21 Yfirborð við vesturenda, horft af brúnni.

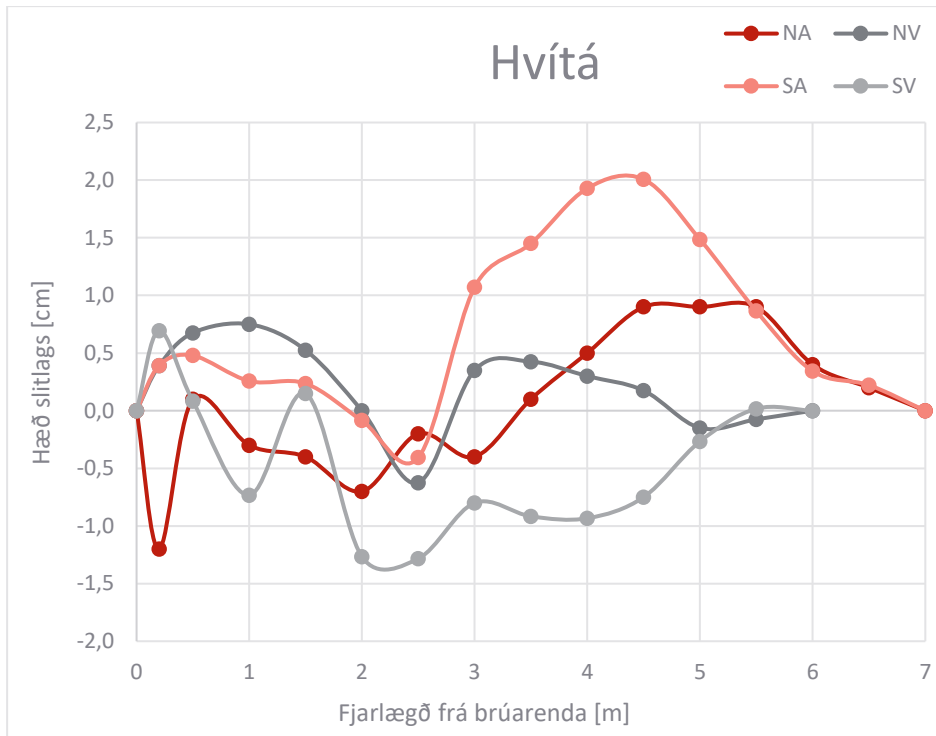


MYND 22 Samskeytin á milli brúargólfs og vegar við vesturenda, staðið sunnan megin við veginn.



MYND 23 Sig við suðvestur væng brúargólfsins.

Hæð slitlagsins var einnig mælt á milli hjólfaranna við báða enda brúarinnar, sjá mynd 24. Töluvert óreglulegt var hvort sig eða ris mældist næst brúarendanum þar sem miklar viðgerðir hafa farið fram. Athyglisvert er að austan megin virðist vegfirboðið lyftast upp um 3-5 m fyrir aftan enda brúargólfsins að þar sem siglattan endar. Á myndum 25 og 26 má sjá hvernig mæling sigs fór fram.



MYND 24 Hæð slitlagsins við brúarendana, mælt á milli hjólfaranna við báða enda brúarinnar.



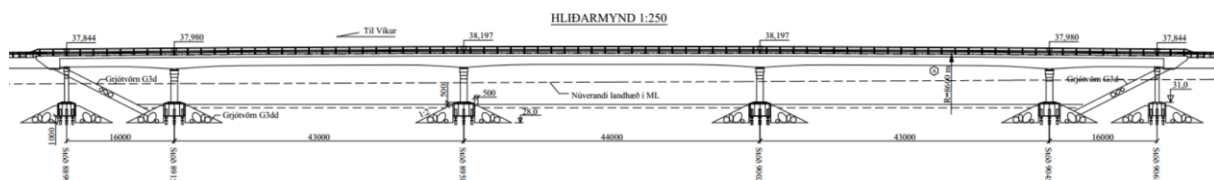
MYND 25 Mæling sigs sunnan megin við vestur brúarendann.



MYND 26 Mæling sigs norðan megin við austur brúarendann.

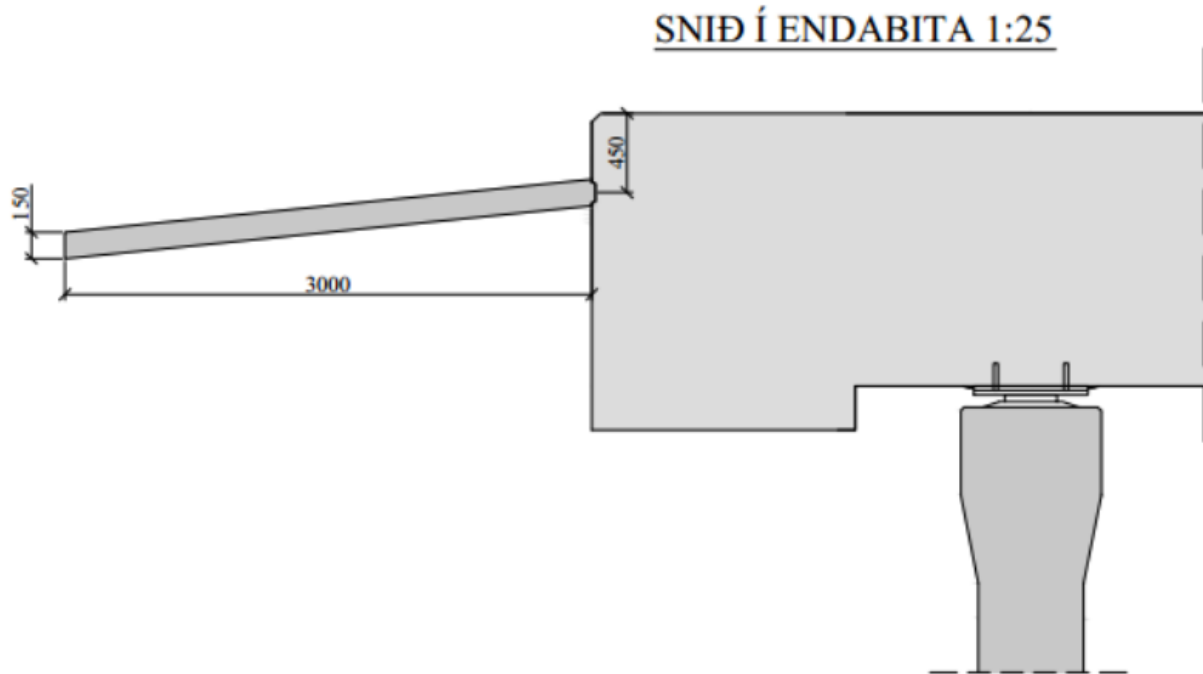
2.3 Brú á Múlkvísl í vegi 1-b2

Brúin var byggð árið 2014 og er 167 m löng í fimm höfum, sjá mynd 27. Brúin var steyp t í einum áfanga með því að fylla upp undir neðri brún yfirbyggingarinnar, slegið var upp fyrir brúnni á fyllingunni og hún steyp t á þurru. Á sama tíma og það var fyllt undir brúna var fyllt að landstöplum. Samkvæmt Gylfa og Helga [1] þá var brúin steyp t 23 maí 2014, spennt 10 júní og búið að fylla undir og steypa sigplötur 26 júní. Brúin hefur því fengið lítinn tíma til að skríða og rýrna áður en fyllt var að yfirbyggingunni og brúin tekin í notkun 6 ágúst 2014.



MYND 27 Yfirlitsmynd úr teikningasafni brúarinnar.

Endafrágangur brúarinnar má sjá á mynd 28. Endabítinn er látinn ganga vel aftur yfir endastöpulinn og síkkaður rétt nóg til að fylling geti ekki sigið inn á legustöpulinn, hæð endabítans er 1.550 mm. Sigplatan nær 3 m aftur fyrir endabítann, er skáhallandi 150 mm þykk og byrjar 450 mm fyrir neðan yfirborð brúargólfsins.



MYND 28 Endafrágangur brúarinnar. Mynd úr teikningasafni brúarinnar.

Ekki höfðu verið unnar viðgerðir á veginum við brúarendana þegar Gylfi og Helgi fóru sína vettvangsferð enda aðeins ár síðan brúin var tekin í notkun. Þá var heldur ekki að sjá neinar misfellur eða skemmdir á yfirborðinu sem kröfðust viðgerða. Samkvæmt Vegagerðinni á Vík þá hafa engar viðgerðir farið fram á brúnni eða slitlaginu á aðlægum vegum síðan rannsókn Gylfa og Helga fór fram.

2.3.1 Brú á Múlakvísl í vegi 1-b2 – vettvangsferð

Farið var í vettvangsferð 25 ágúst 2021 og myndir teknar af ástandi slitlagsins við brúarendana og sig mælt við brúarendana. Í töflu 3 má sjá meðal-, hámarks- og lágmarkshitann í ágústmánuði á nálægum mælistöðvum.

TAFLA 3 Hitastig í ágúst samkvæmt þremur mælistöðvum nálægt brúarstæðinu [15]

Stöð	Ár	Mánuður	Meðal hiti °C	Hámarkshiti °C	Lágmarkshiti °C
Kirkjubæjarklaustur	2021	Ágúst	12,51	25,9	3,9
Skarðsfjöruviti	2021	Ágúst	12,98	23,7	7,8
Vatnsskarðshólar	2021	Ágúst	12,32	18,7	7,1

Ekki var hægt að komast að legunum til að mæla hliðarfærsluna en á mynd 29 sjást legurnar í báðum endum brúarinnar. Af myndunum að dæma þá er hliðarfærslan óveruleg í báðum endum enda legurnar töluvert lægri heldur en í brúnum að ofan. Brúin ætti samt sem áður að hafa dregist saman um tæpa 10 cm vegna skriðs og rýrnunar núna þegar brúin er 7 ára gömul.



MYND 29 Lega við vesturenda til vinstri og austur endann til hægri.

Myndir 30 til 33 sýna ástand slitlagsins við brúarendana þegar farið var í vettvangsferðina 25. ágúst 2021. Brúarendinn virðist vera í góðu ástandi. Ekki er hægt að sjá sig við brúarendana, aðeins stakar holur á samskeytum steypunnar og klæðningarinnar. Vestan megin virðist hafa verið blettað í samskeytin við brúargólfið, sjá mynd 31. Það fannst greinilega fyrir yfirganginum á brúnna þegar ekið var frá austri en minna vestan megin.



MYND 30 Yfirborð við vesturenda.



MYND 31 Samskeytin á milli brúargólfs og vegar við vesturenda brúarinnar.

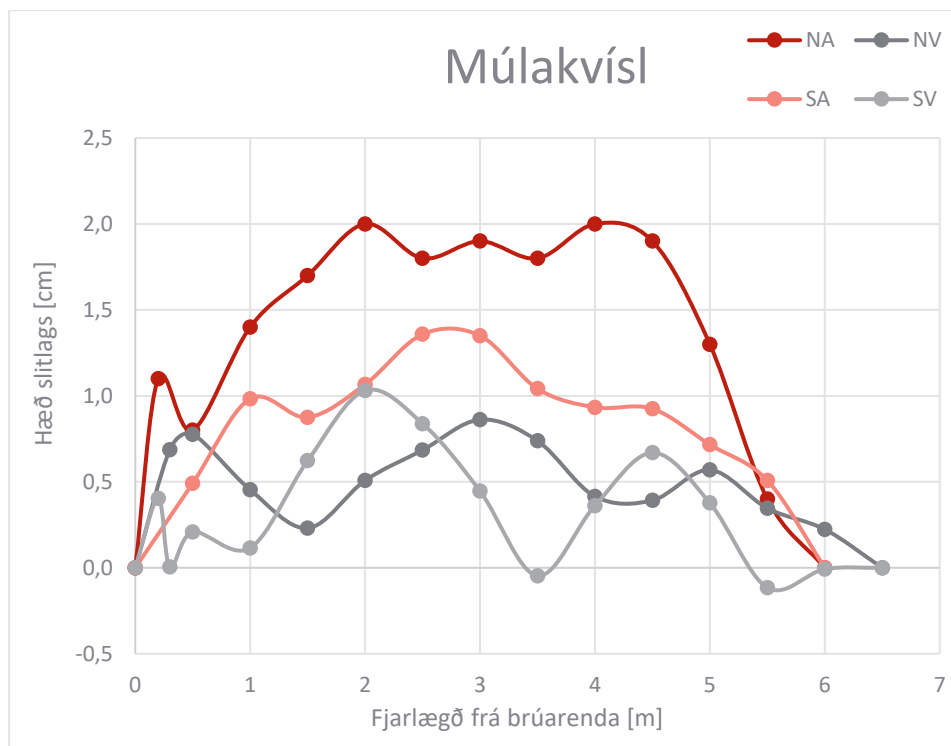


MYND 32 Yfirborð við austurenda.



MYND 33 Samskeytin á milli brúargólfs og vegar við austurenda brúarinnar.

Hæð slitlagsins var einnig mælt á milli hjólfaranna við báða enda brúarinnar, sjá mynd 34. Athyglisvert er að slitlagið virðist frekar rísa við brúarendana heldur en síga. Það virðist vera að brúarendinn þrýsti frekar í jarðveginn frekar heldur en að skríða frá honum. Það má spyrja sig hvort að byggingaraðferðin, að fylla undir brúargólfið, steypa það og grafa svo undan því, hafi áhrif á hegðun fyllingarinnar við brúarendana. Þar sem brúin liggur í háboga yfir ána þá má spyrja sig hvort að boginn hafi orðið flatari og þrýsti í endana þegar grafið var undan brúargólfinu eða þegar hitabreytingarnar eigi sér stað. Einnig eru líkur á því að legurnar í endunum leyfi ekki jafn mikla hliðarfærslu þar sem þær eru lægri heldur en í hinum brúnum og því verði ekki jafn mikið sig við brúarendana eins og við hinar samanburðarbrýrnar.



MYND 34 Hæð slitlagsins við brúarendana, mælt á milli hjólfaranna við báða enda brúarinnar.

2.4 Niðurstöður vettvangsferða

Færslur leganna virðast ekki vera að aukast síðan Gylfi og Helgi [1] fóru og mældu færslur leganna árið 2015. Í Kolgrafarfirði og Múlakvísil var ómarktækur munur á milli mælinganna en brúin á Hvítá mældist um 5 cm lengri heldur en fyrir sex árum. Ágúst Sigurjónsson hjá Vegagerðinni á Suðurlandi vildi meina að brúin hefði dregist saman strax við uppspennu brúarinnar. Það hafi valdið meiri hliðarfærslu á legunum heldur en skrið og rýrnun brúarinnar. Skrið og rýrnun í steypunni virðist því ekki vera helsti orsakavaldur á sigi og skemmdum við brúarendana heldur frekar orsakast af lotubundnum hitabreytingum eða öðrum áhrifaþáttum svo sem tímaháðu skriði í jarðveginum eða vatnsrofi í fyllingunni.

Sigmælingar við brúarendana benda til þess að orsök verri akstursskilyrða við brúarenda geti verið vegna blöndu af risi og sigi við brúarendana. Slitlagið mældist hærra við brúarendana þar sem slitlagið var látið ná aðeins upp á brúargólfið og um 4-6 m frá enda brúargólfsins þar sem áhrif færslu brúargólfsins eru minni. Sigið var mest fyrir ofan sigplötuna og aftan við hana þar sem hreyfingar brúnna hafa mest áhrif. Sigplöturnar á brúnum sem voru til skoðunar hafa einnig allar fremur stuttar og þunnar sigplötur sem ráða illa við að bera umferðarálag ef holrými myndast undir þeim.

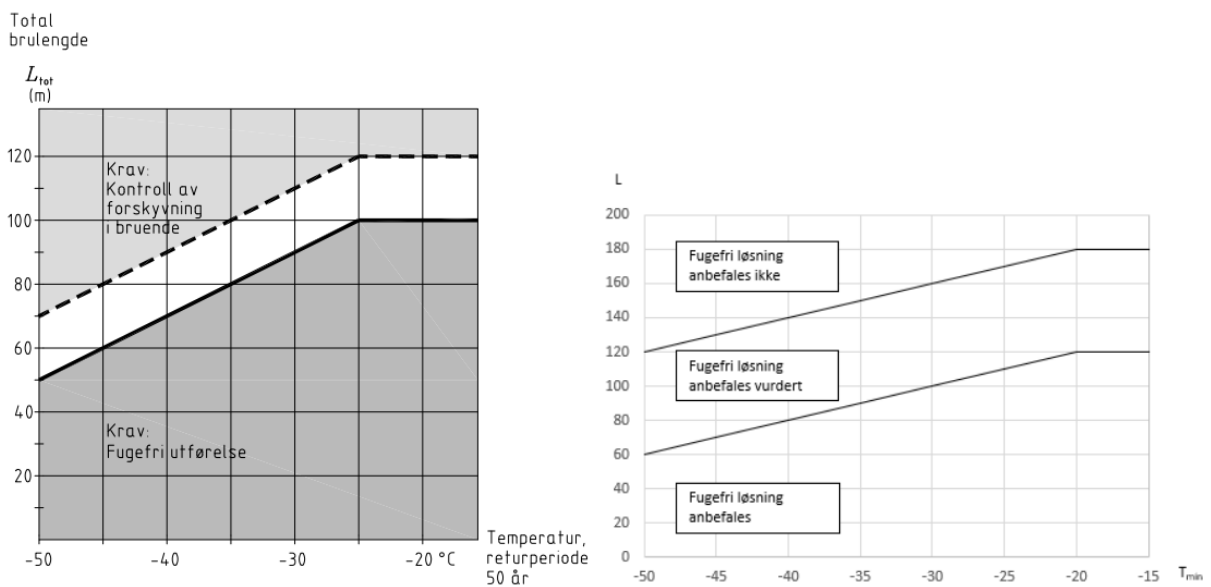
Gert hefur verið við slitlagið við brúarendana á öllum brúnum síðan 2015. Við Múlakvísil þá hafði aðeins verið blettað í stakar holur á samskeytunum á milli brúargólfs og vegsins. Ástandið á slitlaginu við Kolgrafarfjörð var gott enda um nýlegt slitlag að ræða. Við Hvítá var slitlagið hins vegar frekar

slæmt þegar vettvangsferðin var farin. Ekki fengust upplýsingar um hversu oft eða hvenær hefur verið gert við slitlagið á brúnum á Kolgrafarfjörð og Hvítá.

Vettvangsferðirnar og samtöl við þjónustuaðila brúanna bendir til þess að brýrnar á Hvítá og Kolgrafarfjörð þurfa reglulegt viðhald á brúarendunum til að ásættanleg aksturskilyrði séu tryggð. Brúin á Múlakvísl bendir til þess að notkun hlutasamfelldra brúarenda fyrir brýr upp að 150-200 m langar geti verið áreiðanlegur kostur. Brýrnar á Hvítá og Kolgrafarfjörð benda hins vegar til þess að til séu efri mörk á lengd brúa til að samfelldur brúarendi verði skilvirkur eða að lengd siglplatna og gæði endafrágangsins þurfi að vera í samræmi við lengd brúanna.

Í nýju hönnunarhandbók norsku vegagerðarinnar um brúarhönnun er búið að lengja leyfilega hámarks lengd á brúm án þess að nýta þenslurauf við brúarendana, sjá mynd 35. Á myndinni eru reglurnar fyrir steiptar fúgulausar brýr bornar saman á milli handbókanna frá 2015 og 2022. Myndin sýnir að ætlast er til þess að fúgulaus endafrágangur sé notaður á lengri brýr þar sem veðurskilyrði eru fremur mild en skilyrði eru óbreytt þar sem hitasveiflurnar eru miklar. Bilið þar sem hönnuðir þurfa að meta hvort fúgulaus frágangur sé æskilegur hefur einnig stækkað úr 20 m upp í 60 m. Hönnuðir hafa því aukna heimild til að nýta fúgulausan endafrágang án þess að þurfa sérstakar undanþágur. Fyrir samverkandi- eða stálbrýr þá eru leyfilegar hámarks lengdir margfaldaðar með 0,7.

Markmið norsku handbókarinnar með notkun samfelldra brúarenda er að hægt sé að leggja malbik samfellt yfir brúargólfið sem einfaldar viðhald og lagningu malbiksins og kemur í veg fyrir vatns og veðrunar skemmdir við enda brúargólfsins. Vegagerðin mælir með notkun lega í báðum brúarendum og nýta passívan jarðþrýsting til að taka upp lárétta krafta.



MYND 35 Hæð slitlagsins við brúarendana, mælt á milli hjólfaranna við báða enda brúarinnar.

3 VÖKTUNARÁÆTLUN FYRIR HORNAFJARÐARFLJÓT OG ÞORSKAFJÖRÐ

Í fyrri hlutum rannsóknarverkefnisins voru endurbætur á frágangi brúarenda kynntar og staðfærðar á fyrirhugaða brú á Hornafjarðarfljót, sjá myndir 1 og 2. Drögum var stillt upp að vöktunaráætlun á brúnum á Hornafjarðarfljót og Þorskafjörð til að bera saman og sannreyna skilvirkni endurbætta brúarendans.

Vöktunaráætlunin skiptist í tvö eyðublöð með upplýsingum annars vegar um smíði brúnna og hins vegar vettvangsferðir eftir að brýrnar hafa verið byggðar. Gert er ráð fyrir að verkefninu verði fylgt eftir til nokkurra ára til að afla upplýsinga um viðgerðarþörf brúarendanna. Við ákvörðun á hvaða upplýsinga er þörf við skráningu á smíði brúnna var horft á hvaða þættir hafa áhrif á hegðun brúarendanna seinna meir.

Gylfi og Helgi [1] ásamt Abu-Farsakh og Chen [16] fjalla um áhrif byggingarhraða á brúarendana. Gylfi og Helgi [1] lögðu áherslu á eftirspenntar brýr og áhrif skriðs, rýrnunar og hitabreytinga á brúarenda. Þeir benda á að skrið og rýrnun eftirspenntra brúa er mest fyrstu mánuðina og árin eftir uppspennu. Því geti langur byggingartími eða áfangaskipting haft áhrif á viðgerðarþörf brúarenda.

Abu-Farsakh og Chen [16] fjalla um tímaháð sig í jarðveginum undan vegfyllingunni og eiginþyngd brúa. Þeir benda á að ef vegurinn er byggður upp áður en brúarframkvæmd hefst eða ef vegurinn er byggður snemma í byggingarferlinum þá megi draga úr tímaháðu sigi í jarðveginum við brúarendana þar sem jarðvegurinn er þegar byrjaður að ná jafnvægi áður en frágangur brúarendanna hefst. Á samskonar máta minnkar einnig tímaháða jarðvegssigið við brúarendana ef langur tími líður á milli uppsteypu brúargólfsins og frágangs brúarendanna þar sem jarðvegurinn er kominn í jafnvægi við eiginþyngd endastöplanna.

Vettvangsferðirnar sem voru farnar benda hins vegar til þess að skrið og rýrnun brúnna hafi minni áhrif á ástand brúarendana heldur en lengd sigplatna eða veðrunaráhrif. Brúin á Hvítá hafði lengsta byggingartímamann og kom verst út í vettvangsferðunum en brúin á Múlakvísl kom best út þrátt fyrir að hafa stysta byggingartímamann. Þegar samanburðabrýrnar verða byggðar þá er ráðlagt er að hafa fastpunkta á brúargólfinu svo hægt sé að mæla nákvæma lengd brúnna í stað þess að styðjast við færsluna á legunum. Einnig er mælt með að setja tein með endaplötu í gegnum rör á endabitanum til að hægt sé að mæla hvort holrými hafi myndast aftan við endabitann.

Í Viðauka 1 má sjá eyðublað fyrir upplýsingar um byggingartíma brúnna svo hægt sé að taka tillit til áhrifa mismunandi byggingaraðferða við samanburð brúnna. Helstu upplýsingar sem þar koma fram eru byggingartími og byggingaraðferð, hvernig vinna við brúarendana gekk fyrir sig og hvort einhverjar viðgerðir voru gerðar á brúarendanum á meðan verktíma stóð eða hvort verktaki hafi orðið var við sig á brúarendunum á verktímanum. Mikilvægt er að skrá hver reynslan er af smíði breyttu brúarendanna með það fyrir augum að þróa endafráganginn frekar til einföldunar á smíði, án þess þó komi niður á gæðum endafrágangsins.

Í Viðauka 2 er eyðublað með upplýsingum fyrir vettvangsferðir sem verða farnar í eftirfylgni rannsóknarverkefnisins. Gert er ráð fyrir að verkefninu verði fylgt eftir til nokkurra ára og farnar verði vettvangsferðir þegar samanburðarbrýrnar eru 1 árs, 5 ára og svo á fjögurra ára fresti eftir það þar sem vettvangsferðir sem farnar hafa verið benda til þess að skrið og rýrnun fyrstu árin sé ekki aðalorsök skemmda í slitlaginu. Eyðublöðin munu halda utan um tíðni viðgerða, söguna um þróun endafrágangsins, hvað felst í viðgerðum á brúnum og veginum næst þeim ásamt athugasemdum frá eftirlitsaðila.

4 LOKAORÐ

Í fyrri hlutum rannsóknarverkefnisins [6] [14] voru helstu orsakir sigs og skemmda við brúarenda samfelldra brúa teknar saman ásamt því að kynnt var hvernig draga megi úr vandamálunum samkvæmt erlendum rannsóknum. Tillaga að breyttum brúarenda fyrir brýr með malbiksslitlagi var lögð fram. Í framhaldinu voru valdar samanburðarbrýr fyrir breytta brúarendann og hann aðlagður fyrir brýr með klæðningu á aðlægum vegi. Í þessum hluta verkefnisins var rannsóknarverkefni Gylfa og Helga endurtekið með skoðun þriggja langra samfelldra brúa.

Vettvangsferðirnar benda til þess að sigið og skemmdir í slitlagi við brúarendana sé mismikið á milli brúnna. Skrið og rýrnun virðast ekki vera helsta orsök skemmdanna þar sem mæling á færslu leganna hefur lítið sem ekkert breyst á sex árum. Sig við brúarendana virðist frekar vera stjórnað af lengd brúnna, hitapenslum brúargólfsins og fráganginum við brúarenda. Brúarendarnir á Hvítá og Kolgrafarfirði þurfa báðir reglulegt viðhald til að laga sig við brúarendana, hins vegar hefur aðeins einu sinni þurft að bletta í holur á brúnni yfir Múlakvísl, enda hún styst af brúnum þrem.

Mælingar á færslum leganna benda til þess að skrið og rýrnun í brúnum sé minni en fræðileg færsla leganna ætti að vera. Brúin á Kolgrafarfirði hafði dregist saman um 80% af fræðilegri færslu, brúin á Hvítá aðeins um 40% og ómarktæk rýrnun mældist á Múlakvísl. Athyglisvert er þó að færslan á legunum á brúnni á Hvítá mældist minni heldur en þegar Gylfi og Helgi fóru sína vettvangsferð sex árum áður, og ekki er hægt að skýra þann mun af hærra hitastigi í síðari vettvangsferðinni.

Erfiðara er að lesa marktæka niðurstöðu út úr sigmælingunum en vonast var eftir, þar sem búið er að gera reglulega við slitlagið við brúarendana á tveim brúm af þrem. Mælingarnar á þeim eru sveiflukenndar eftir því hvort mælt er ofan á viðgerðunum eða á milli þeirra. Mælingarnar við brúarendana á Múlakvísl benda hins vegar til þess að brúin þrýsti í fyllinguna og því lyftist jarðvegurinn upp við endann.

Byggt á niðurstöðum vettvangsferðanna voru eyðublöð fyrir smíði og eftirfylgni samanburðarbrúnna uppfærð, sjá viðauka 1 og 2. Mikilvægt er að hafa fasta punkta á samanburðarbrúnum svo hægt sé að mæla færslu brúarendanna. Færsluna þarf að mæla eftir að brýrnar eru spenntar og þegar vettvangsferðir eru farnar. Gert er ráð fyrir að fylgja verkefninu eftir til nokkurra ára til að skrásetja viðgerðarþörf brúarendanna og öðlast samanburð á endurbætta brúarendanum og hefðbundnari brúarenda.

Brúm án þensluraufa hefur fjölgað í Noregi undanfarin ár. Reynsla Norðmanna af samfelldum brúm hefur verið góð og hafa þeir aukið leyfilega hámarks lengd brúa þar sem samfelldur brúarendi er heimill upp í 180 m langar brýr án þess að sérstakrar greinargerðar sé þörf á hönnun endafrágangsins. Brúin á Múlakvísl bendir til þess að hægt sé að útfæra brýr með samfelldan brúarenda án þess að viðhaldspörfin verði meiri við brúarendana en á veginum sjálfum. Vettvangsferðirnar benda til þess að lengd sigplötu og gæði endafrágangsins þurfi að vera í samræmi við lengd brúar og hæð endabitans. Mikilvægt er að fylgja verkefninu eftir með samanburðarbrúnum og frekar innleiðingu breytta brúarendans til að hægt sé að nýta samfelldan brúarenda fyrir lengri brýr en núna þekkist og innleiða þær breytingar á brúarendum inn í reglur um hönnun brúa.

5 HEIMILDASKRÁ

- [1] G. Sigurðsson og H. S. Ólafsson, „Brúarlengd án þensluraufa,“ Vegagerðin, 2016.
- [2] R. Wendner og A. Strauss, „Inclined Approach Slab Solution for Jointless Bridges: Performance Assessment of the Soil-Structure Interaction,“ *Journal of Performance of Constructed Facilities*, b. 29, nr. 2, 2014.
- [3] J.-L. Briaud, R. W. James og S. B. Hoffman, Settlement of Bridge Approaches (The Bump at the End of the Bridge), Washington, D.C: Transportation Research Board, 1997.
- [4] D. J. White, M. M. Mekkawy, S. Sritharan and M. T. Suleiman, ““Underlying” Causes for Settlement of Bridge Approach Pavement Systems,“ *Performance of Constructed Facilities*, vol. 21, no. 4, 2007.
- [5] D. White, S. Sritharan, M. Suleiman, M. Mekkaey og S. Chetlur, „Identification of the Best Practices for Design, Construction, and Repair of Bridge Approaches,“ Iowa State University, 2005.
- [6] I. Hjartarson, M. Arason og B. Einarsson, „Þróun á endafrágangi brúaarmannvirkja til að lágmarka viðhald vega við brúarenda,“ EFLA, Reykjavík, 2020.
- [7] Håndbok N400, „Bruprosjektering, Prosjektering av bruer, ferjekaier og andre bærende konstruksjoner,“ Statens vegvesen håndbokserie, 2015.
- [8] E. J. Hoppe, „Field Study of Integral Backwall with Elastic Inclusion,“ Virginia Transportation

- Research Council, Virginia, 2005.
- [9] J. S. Horvath, „Integral-Abutment Bridges: Problems and Innovative Solutions Using EPS Geofoam and Other Geosynthetics,” Manhattan College, New York, 2000.
- [10] M. Pötzl, „Jointless Concrete Bridges - Development of a Flexible Abutment,” *IABSE Symposium Weimar 2007. Improving Infrastructure Worldwide* International Association for Bridge and Structural Engineering., 2007.
- [11] T. E. Frydenlund og R. Aabøe, „Long Term Performance and Durability of EPS as a Lightweight Filling Material,” *3rd Conference International EPS Geofoam 2001*, 2001.
- [12] L. Miao, F. Wang, J. Han og W. Lv, „Benefits of geosynthetic reinforcement in widening of embankments subjected to foundation differential settlement,” *Geosynthetics International*, b. 21, nr. 5, pp. 321-332, 2014.
- [13] D. Dreier, O. Burdet og A. Muttoni, „Transition Slabs of Integral Abutment Bridges,” *Structural Engineering International*, b. 21, nr. 2, pp. 144-150, 2011.
- [14] I. Hjartarson, M. Arason og B. Einarsson, Staðfærsla og eftirfylgni á þróun á endafrágangi brúarmannvirkja til að lágmarka viðhald vega við brúarenda, EFLA: Reykjavík, 2021.
- [15] Veðurstofa Íslands, „Vedur.is,” Ágúst 2021. [Á neti]. Available: <https://www.vedur.is/media/vedurstofan/utgafa/hlidarefni/agusthiti2021.txt>. [Skoðað Mars 2022].
- [16] M. Y. Abu-Farsakh og Q. Chen, „Field demonstration of new bridge approach slab designs and performance,” Louisiana Transportation Research Center, 2014.
- [17] Vegagerðin, „vegagerdin.is,” Nóvember 2018. [Á neti]. Available: <http://www.vegagerdin.is/upplýsingar-og-utgafa/leidbeiningar-og-stadlar/reglur-um-honnun-brua/>. [Skoðað 18 Nóvember 2020].

SMÍÐI SAMANBURÐARBRÚA

DAGS.	HEITI BRÚAR OG BRÚARNR.
DD.MM.YYYY	Nafn – X-xxxx
VERKTAKI	VERKKAUPI
Nafn	Nafn
VERKEFNASTJÓRI	EFTIRLITSADILI
Nafn	Nafn

1. UPPLÝSINGAR UM BYGGINGARTÍMA

TAFLA 1 Upplýsingar um uppsteypu brúarinnar.

ÁFANGI	LÝSING	STEYPTUR DAGS.	UPPSPRENNA DAGS.	ÚTIHITASTIG
1				
2				
3				
4				

TAFLA 2 Upplýsingar um lagningu slitlaga á brú og á aðlægum vegi.

SLITLAG	LÝSING	TEGUND	ÞYKKT [MM]	DAGS.
1				
2				
3				
4				
5				

Hvenær var vegfylling lögð við brúarendana?

N eða V endi _____

S eða A endi _____

Hvenær var brúin tekin í notkun? _____

Byggingaraðferð

Áfangaskipting eða fyllt undir brúargólf og steypit í heilu lagi?

Lengd brúar?

Færsla á legum í báðum endum eða heildarlengd brúargólfs að lokinni uppspennu?

2. VINNA VIÐ FRÁGANG Á BRÚARENDUM**HVERNIG GEKK VINNA VIÐ BRÚARENDANA OG FRÁGANG ÞEIRRA?****VAR EITTHVAÐ SÉRSTAKLEGA FLÓKIÐ Í FRAMKVÆMD VIÐ FRÁGANG BRÚARENDANNA?**

Var eitthvað í hönnun brúarendana sem flækta framkvæmdina?

VAR HÖNNUN BRÚARENDA BREYTT Á VERKTÍMA BRÚARINNAR?

Voru einhverjar breytingar samþykktar á brúarendanum á verktíma brúarinnar?

3. VIÐGERÐIR Á BRÚARENDUM**VORU GERÐAR VIÐGERÐIR Á BRÚARENDUNUM ÞEGAR SLITLÖG VORU LÖGÐ Á BRÚNA?**

Varð verktaki var við sig á brúarendunum á verktíma?

STAÐA BRÚARENDA AÐ FRAMKVÆMDUM LOKNUM

Eru einhver ummerki sig hjá brúarendunum að loknum framkvæmdum eða annað sem þú vilt koma á framfæri?

EFTIRLIT MEÐ BRÚARENDUM

DAGS.	HEITI BRÚAR OG BRÚARNR.
DD.MM.AAAA	Nafn – X-xxxx
ÁSTÆÐA FERÐAR	EFTIRLITSADILI
<input type="checkbox"/> Reglubundið eftirlit	Nafn
<input type="checkbox"/> Viðgerð	
<input type="checkbox"/> Annað: _____	

1. UPPLÝSINGAR UM AÐSTÆÐUR VIÐ SKOÐUNINA

VEÐURFAR ÞEGAR SKOÐUN FÓR FRAM <i>Almenn lýsing á veðrinu hjá brúnni þegar skoðun fór fram. Hitastig, sól/skýjað, úrkoma...</i>

2. MAT Á BRÚARENDA

SJÓNÆNT MAT Á VEGYFIRBORDI <i>Eru sprungur eða skemmdir sjáanlegar í yfirborði vegsins við brúarendana? Er sjáanlegt sig/risi á yfirborðinu?</i>
MÆLINGAR Á VEGYFIRBORDI <i>Mælingar á sigi/risi [mm] og hvar mesta sigið/risið er (fjarlægð frá brúarenda í cm).</i>
AKSTURSSKILYRÐI VIÐ BRÚARENDA <i>Hvernig er að keyra yfir brúarendann? Tekur maður eftir breyttum akstursskilyrðum, s.s. sigi eða öðrum skemmdum á yfirborði vegsins?</i>
LEGUR <i>Hvernig er staðan á legunum? Hefur brúin lengst eða styst [cm] frá upphaflegri stöðu?</i>

ER TALIN ÞÖRF Á VIÐGERÐUM

Ef svo er, á hverju?

MÆLING Á HOLRÝMI UNDIR SIGPLÖTU/BAKVIÐ ENDAVEGG.

Hvað er hægt að hreyfa tein í gegnum endavegg mikið?

ANNAÐ

Annað sem eftirlitsmaður vill koma á framfærir?

MÆLINGAR Á SIGI/RISI Á SLITLAGI VIÐ BRÚARENDANA:

Fjarlægð frá brúarenda [m]	Hæð slitlags [cm]
0	
0,5	
1	
1,5	
2	
2,5	
3	
3,5	
4	
4,5	
5	

3. VIÐGERÐ

ÁSTÆÐUR VIÐGERÐAR <i>Af hverju er farið í viðgerðir?</i>
HVAÐ Á AÐ GERA? <i>Stutt lýsing á viðgerðum, hvað á að gera.</i>
HVAR VORU VIÐGERÐIRNAR GERÐAR? <i>Mælt frá brúarenda [cm]. Við enda brúargólfs, yfir sigplötu, fyrir aftan sigplötu</i>
Ástæður skemmda? <i>Eru eðlilegar skýringar á skemmdunum? Hvað veldur skemmdunum?</i>
Frágangur viðgerða <i>Hvernig heppnuðust viðgerðirnar? Voru einhver vandamál sem komu upp við framkvæmd viðgerðanna? Er t.d. eitthvað við hönnun brúarendans sem flækta viðgerðirnar.</i>

4. MYNDIR AF FRAMKVÆMD VIÐGERÐA OG AÐ LOKNUM VIÐGERÐUM