

Ending brúargólfa með slitlagssteypu

Skýrsla, júlí 2025



Dr. Gísli Guðmundsson
Gylfi Sigurðsson
Helgi S. Ólafsson
Dr. Þorbjörg Sævarsdóttir
Sverrir Ö. Sverrisson
Kjartan B. Kristjánsson
Friðrik Þ. Halldórsson



Verkbjörg



Tæknisetur

Vegagerðin

Verkbjörg

Júlí 2025

Rannsóknarsjóður Vegagerðarinnar styrkti rannsóknarverkefnið:

Ending brúargólfa með slitlagssteypu.

Höfundar greinargerðarinnar bera ábyrgð á innihaldi hennar. Niðurstöður hennar ber ekki að túlka sem yfirlýsta stefnu Vegagerðarinnar eða álit þeirrar stofnunar sem höfundar starfa hjá.

Efnisyfirlit

Inngangur	5
Slitlagssteypa	6
Búnaður í verkefni	8
Veggreinir	8
Göngujarðsjá	10
Veggripsmælir – hemlunarviðnám	11
Réttsskeið	11
Brýr til skoðunar	12
Borgarfjarðarbrú (1-g5)	13
Sogsbrú (35-01)	15
Ölfusárbrú (1-d5)	17
Laxá í Leirársveit (1-g3)	19
Gljúfurárbrú (1-g9)	21
Óseyrarbrú (34-05)	23
Hattardalsá (61-35)	25
Bjarnadalsá (60-44)	26
Botnsá (63-02)	27
Niðurstöður mælinga	28
Hjólframælingar með réttsskeið	28
Borgarfjarðarbrú	28
Sogsbrú	29
Ölfusárbrú	29
Samantekt	30
Hjólframælingar með veggreini	32
Borgarfjarðarbrú	32
Sogsbrú	34
Ölfusárbrú	36
Laxá í Leirársveit	37
Gljúfurárbrú	38
Óseyrarbrú	39
Samantekt	40
Jarðsjármælingar	42
Hemlunarviðnám	45
Hrýfi	47

Lokaorð.....	49
Heimildaskrá.....	51
Viðauki 1 – Brúarteikningar.....	1
Borgarfjarðarbrú.....	1
Sogsbrú.....	3
Ölfusárbrú.....	5
Laxá í Leirársveit.....	7
Gljúfurá.....	9
Óseyrarbrú.....	11
Viðauki 2 – Hjólfaramælingar með veggreini.....	13
Borgarfjarðarbrú.....	13
Sogsbrú.....	19
Ölfusá.....	21
Laxá í Leirársveit.....	22
Gljúfurá.....	24
Óseyrarbrú.....	26
Viðauki 3 – Viðnámsmælingar - hemlunarviðnám.....	29
Viðauki 4 - Hrýfismælingar.....	33

Inngangur

Sérhönnuð slitlagssteypa hefur verið notuð til viðgerða á núverandi brúm og sem slitlag á nýjar brýr í rúma þrjá áratugi eða frá árinu 1990 (mynd 1). Steypan er mun þéttari heldur en hefðbundin steypa, með sérvalin slitsterk steinefni og hönnuð með góða endingu í huga. Brúargólf á Suður- og Vesturlandi hafa verið steyppt í nokkrum útfærslum, enda aðferðafræðin og hönnun steypunnar tekið breytingum og þróast með tímanum. Markmiðið er að þétta yfirborðið, loka sprungum og öðrum veikleikum undirliggjandi burðarvirkis, auka slitþol yfirborðsins og þar með líftíma brúar til að lágmarka líftímakostnað brúarinnar.

Í burðarsteypu eru steinefnin ekki sérvalin og sementefjan ekki eins þétt, vanalega er miðað við að sementsmagnið um 400 kg/m^3 og að vatn/sementshlutfall (v/s) sé um 0,4. Slitlagssteypa er hins vegar með um 560 kg/m^3 af sementi og v/s um 0,29. Þannig að sementsefjan í slitlagssteypu er mun þéttari, sterkari og þar að leiðandi slitsterkari en sementsefja í hefðbundinni brúarsteypu.



Mynd 1 - Sérstök slitlagssteypa 50 mm á þykkt lögð á nýja brú yfir Fjarðarhornsa á Vestfjörðum í desember 2024.

Markmið verkefnisins var að kanna ástand yfirborðs nokkurra brúa með sérstaka slitlagssteypu og bera saman við ástand yfirborðs nokkurra brúa sem eru ekki með sérstaka slitlagssteypu þ.e. þar sem keyrt er á burðarsteypu, til þess að afla vitneskju um ástand slitlaga (yfirborðs) og brúargólfa í heild. Fjallað er sérstaklega um þær brýr, sem skoðaðar voru í verkefninu og þær bornar saman. Hér eftir verður talað um býr með slitlagssteypu á móti brúm með burðarsteypu. Ástand slitlagsins var metið með því að skoða:

- Viðhaldssögu slitlaganna, sem er tekin saman og umfang viðhaldsaðgerða skoðuð.
- Hjólför, mæld með leysi mælingu á veggreini sem og handmælingu með réttскеið.
- Sprungumyndun, sléttleika brúaryfirborðs og almennt ástand brúargólfa með sjónmati.
- Steypuhulu og bindingu milli slitlags og burðarsteypu metna með jarðsjármælingum, en því miður komu þær mælingar ekki nægjanlega vel út.
- Hrýfi, mælt með þrívíddar hröðunarnemum á afturásum veggreinis.
- Hemlunarviðnám slitlags, mælt með veggripsmæli.

Niðurstöður þessara mælinga og rannsókna gefa mat á því hvort að yfirborð brúa með sérstakri slitlagssteypu hefur betri, sambærilega eða verri endingu heldur en yfirborð brúa með hefðbundinni burðarsteypu m.t.t. hjólfaradýptar. Einnig að athuga hvort munur sé á hrýfi (sléttleika) og viðnámi þessara tveggja gerða af steypu. Til stóð að skoða hvort mismunandi steinefnagerðir hefðu áhrif á slit, viðnám og hrýfi sem og umfang viðhaldsaðgerða t.d. m.t.t. arðbærni, en því miður vannst ekki tími til þess í þessu verkefni.

Slitlagssteypa

Fyrri rannsóknarverkefni hafa fjallað um þróun slitlagssteypunnar (Helgi Ólafsson & Gylfi Sigurðsson, 2017; Ólafur H. Wallevik o.fl., 2017; Ólafur H. Wallevik o.fl., 2019; Ólafur H. Wallevik o.fl., 2021; Gísli Guðmundsson o.fl., 2022). Slitlagssteypa sem hluti nýframkvæmdar var fyrst lögð á Arnarnesbrúna árið 1990, þá Bæjarhálsbrúna 1994 og svo fleiri brýr eftir aldamótin. Steypublandan, sem notuð hefur verið frá 2012, var í upphafi þróuð á Rannsóknastofnun byggingariðnaðarins í samvinnu við Vegagerðina og er enn í þróun. Um er að ræða steypublöndur með sérlega slitþolnum steinefnum, samanburður á eiginleikum slitlagssteypu með steinefnum úr Harðakambi, Stokksnesi, Bakka, Neðri Mýrum og Klifanda hefur þegar verið gerður. Steypan er loftlaus, seigjustýrð og auðveld í niðurlögn, þannig að yfirborð hennar uppfyllir sléttleikakröfur fyrir bílaumferð með réttum búnaði í niðurlögn.

Prófanir hafa sýnt að þessi steypublanda er með mjög háan þrýstistyrk (85 – 105 MPa), mjög litla rýrunun í samanburði við hefðbundna steypu ásamt því að vera með mikið frostþol. En í áður nefndum verkefnum var slitþol skoðað með niðurstöðum úr LA-prófunum, kúlnakvarnarprófunum, berggreiningum og Prallmælingum. Þessar prófanir á rannsóknarstofum, sem eru að einhverju leiti takmarkaðar til slitþolsmælinga, hafa sýnt fram á að steypan sé slitsterk, en í þessu verkefni er leitast við að sannreyna það í mörkinni.

Farið var að nota sérstaka slitlagssteypu til viðhalds á yfirborði brúa (efsta hluta burðarsteypu) á Borgarfjarðarbrú á árunum 2013-2017, Sogsbrú árið 2015, Blöndubró 2016 og 2019, Miðfjarðarárbrú 2017 og Laxárbrú 2024. Það er fróðlegt að geta þess að slitlag einnar akreinar á Arnarnesbrú var endurnýjað 2013 eða eftir 23 ár með slitlagasteypu og mikilli umferð allan tímann. Athygli skal vakin á að ekki var notuð sérstök slitsterk hástyrkleika steypa í upphafi árið 1990 eins og notuð var í viðgerðinni 2013 og eftir það.

Reynslan hefur sýnt að með því að leggja þunnt lag af slitlagssteypu ofan á burðarsteypu, er talið að ná megi fram eftirfarandi atriðum:

- Löng ending slitlags, lækkar viðhaldskostnað á líftíma brúar, kostnað vegfaranda og er þar af leiðandi umhverfisvænni.
- Jafnara og sléttara yfirborð sem og hægari rásamyndun sem dregur úr slysaættu.
- Slitlagið er ekki hluti af burðarvirkinu, en virkar sem vörn fyrir burðarsteypuna, uppspennukapla og járnþendingu.
- Mun þéttara yfirborð en með venjulegri steypu.
- Lokar sprungum, steypugöllum og loftunarrörum á yfirborði burðarsteypu.
- Mikilvægur liður í 100 ára líftímahönnun.
- Vinnuaðstaða er mun betri þegar kemur að útlögn sérstakt slitlags, þar sem standa má á yfirborðinu með nauðsynlegan búnað, sem leiðir til sléttara yfirborðs.

Af þessari upptalningu má ráða að notkun slitlagssteypu á brýr er arðbærari heldur en að keyra á burðarsteypunni en einnig má nefna að viðhaldskostnaður þeirra brúa sem ekki hafa sérstakt slitlag er mjög mikill þegar þarf að fræsa, vatnsbrjóta og endurnýja járn í efri brún burðarsteypunnar (mynd 2). Þegar kemur að viðhaldi brúa með sérstöku steypu slitlagi er nægjanleg að fræsa hluta slitlagsins og endursteypa, án þess að rýra burðarþversnið eða endurnýja steypustyrktarjárn. Þá er tímarammi viðhaldsins einnig mjög ólíkur, en fyrir 100 m langa brú má gera ráð fyrir 3 mánaða viðhaldsvinnu með tilheyrandi kostnaði samanborið við 3 daga þegar brúargólfið er með slitlagssteypu.



Mynd 2 – Viðgerð á brú yfir Miðfjarðará 2017. Yfirborð brúar var fræst, steypan reyndist illa farin svo nauðsynlegt þurfti að vatnsbrjóta, á sumum stöðum var vatnsbrotið í gegnum brúargólfið.

Að mati höfunda skilar steyppt slitlag sér margfalt til baka í endingu og kostnaði. Að leggja 50 mm þykkt steyppt slitlag á nýja brú er ekki nema um 1,5% af byggingarkostnaði brúarinnar, en ávinningurinn er umtalsverður, þ.e. lengri ending slitlagsins sem og vörn burðarsteypu brúar.

Búnaður í verkefni

Hér að neðan er farið stuttlega yfir þann búnað sem notaður var í verkefninu, en frekari upplýsingar um búnaðinn má finna í heimildum sem vitnað er til.

Veggreinir

Árið 2018 fjárfesti Vegagerðin í veggreini (mynd 3) sem er gæddur ýmsum búnaði til mælinga (Vegagerðin, 2020, Auður Þóra Árnadóttir o.fl. 2021, Magnús Halldórsson, 2021). Þá hefur verið bætt við búnaðinn og hann uppfærður að einhverju leyti frá því að bílinn fyrst kom til landsins. Upptalningin hér að neðan miðar við núverandi búnað á bílnum, en hluti mælinga sem eru skoðaðar í þessu verkefni eru teknar áður en bílinn var uppfærður:

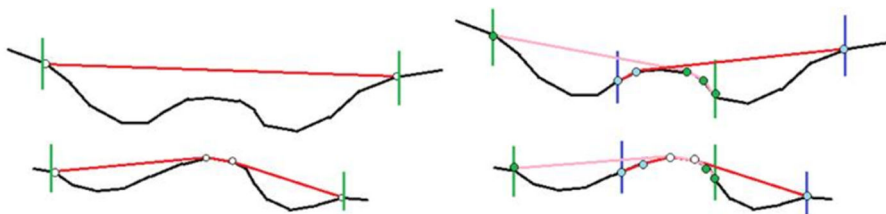
- Novatel GPS loftneti með IMU leiðréttingarbúnaði.
- Tveimur leysi mælum (laser), annar niðurvísandi þannig að hægt sé að fá nákvæma mælingu á vegfirborði (t.d. hjólfaramælingar) og hinn uppvísandi þannig að t.d. sé hægt að mæla þversnið jarðganga. Mælirinn mælir um 100 sinnum á sekúndu og er með nákvæmni upp á 1,5 mm undir honum miðjum sem þýðir að skekkjan eykst fjær miðjum skannanum. Á 50 km/klst sem er hefðbundinn mælihraði er um 7 sm milli punkta í langsníði.
- Þrívíddar hröðunarnemar eru staðsettir ofan á afturási beggja vegna, en upphaflega var aðeins hröðunarnemi á hægri afturás. Þessir nemar eru notaðir til að mæla hrýfi eða sléttleika vegar í lengdarstefnu.
- Þrjár myndbandsupptökuvélar eru á toppboga auk hitamyndavélar og fyrir miðju bíls á mastri er 360°myndavél.
- Þrjár jarðsjár eru á veggreininum, tvær 2 Ghz hátíðni sjár sem gefa góða upplausn í efstu lög í veghloti en hafa að sama skapi takmarkaða smygni (e. *penetrability*) og nýtast því eingöngu til að mæla lagþykktir niður á u.þ.b. 0,75 m dýpi. Þá er einnig ein 400 MHz lágtíðni sjá fyrir dýpri mælingar í vegi, allt niður á 5 metra, en hún hefur meiri smygni en ekki eins góða upplausn. Jarðsjárnar taka um 500 snið á sekúndu þ.a. þegar keyrt er á hraðanum 60 km/klst fæst snið á 3,3 cm fresti.

Með veggreininum var keypt leyfi fyrir *Road Doctor hugbúnaðinn*. Hugbúnaðurinn er fjölhæfur, með honum má m.a. leggja má mat á sprungumyndun, dýpt hjólfara, hrýfi, veltigildi, vegbreidd, steypuhulu og bindingu milli slitlags og brúargólfs. Í þessu verkefni eru leysigögn frá veggreini notuð til að meta hjólfaradýpt og gögn frá hröðunarnema til að meta hrýfi yfirborðsins.



Mynd 3 – Veggreinir Vegagerðarinnar (Auður Þóra Árnadóttir o.fl., 2021)

Þegar leysigögn er notuð til að meta hjólfaradýpt má gera það með nokkrum mismunandi aðferðum í Road Doctor hugbúnaðinum en hérlandis hefur verið stuðst við svokallaða víraaðferð (Roadscanners, 2025). Víraaðferðin dregur ímyndaðan streng milli enda reiknaða svæðisins. Þá er fjarlægð reiknuð frá öllum punktum strengsins sem veldur því að endafjarlægðin er alltaf núll. Þá má einnig skipta svæðinu upp í mismunandi hjólför. Með þessari aðferð má reikna flatarmál aflögunarsvæðis sem og dýpt hjólfars frá streng niður á botn hjólfars (mynd 4). Hafa verður aðferðarfræðina í huga þegar niðurstöður eru skoðaðar, og þá í samanburði við mælingar með réttsskeið, en einnig að nákvæmni undir miðjum leysi er 1,5 mm sem er ef til vill ekki nægjanleg nákvæmni þegar verið er að skoða hjólför upp á nokkra mm eins og hér er gert.

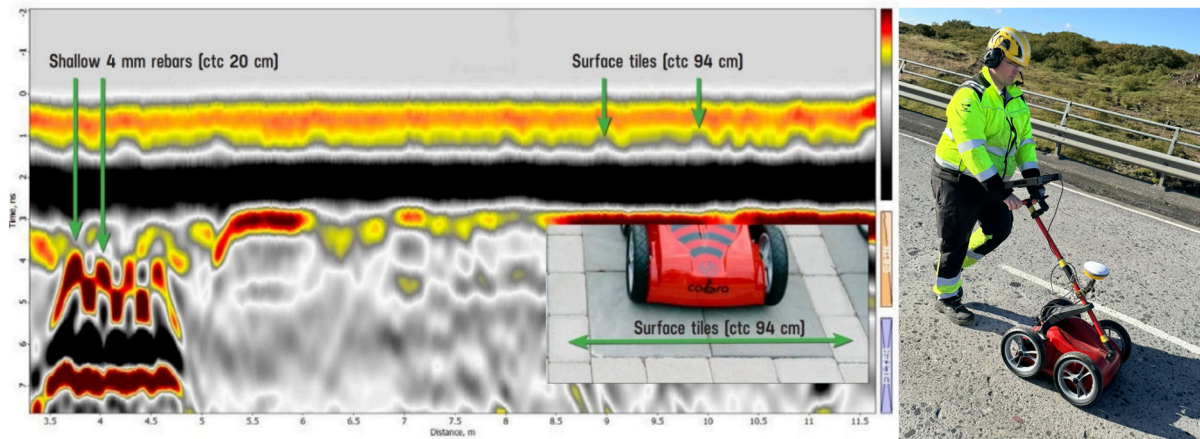


Mynd 4 – Víraaðferðin, myndirnar til vinstri sýna hvernig endar eru fundnir með grænu línunum og reikna má flatarmálið á milli þeirra. Myndirnar til hægri sýna hins vegar þegar hvert hjólfar er skoðað fyrir sig, milli bláu línanna með dökk rauða strenginn og svo grænu línurnar með ljós rauða strenginn (Roadscanners, 2025).

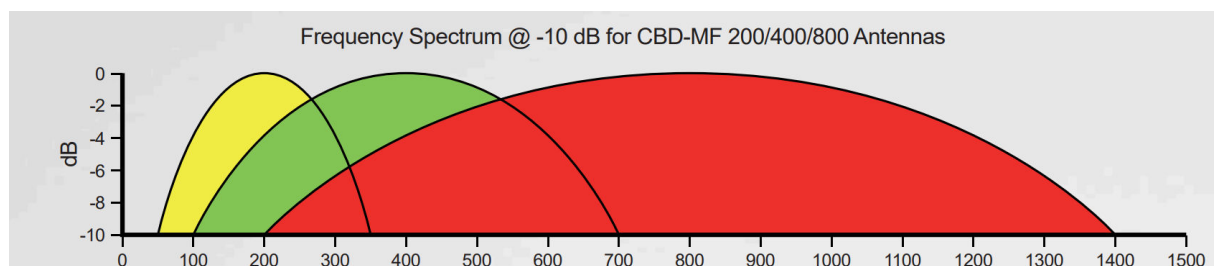
Magnús Halldórsson (2021) notaði jarðsjár veggreinisins til að meta þykkt brúargólfs, staðsetningu bendistáls, þykkt steypuhulu og hvort rakamyndun væri að eiga sér sér stað. Gæði niðurstaðanna voru breytilegar og niðurstaðan sú að veggreinirinn væri heppilegri til að meta veggsnið. Þykkt brúargólfs sást ágætlega á sniðunum og talið var að meta mætti þykkt steypuhulunnar yfir efra bendistálinu með nokkurri nákvæmni, en gæði gagnanna minnkuðu með dýpi og erfitt reyndist að sjá steypuhulu í neðri brún. Greina mátti skil efnistegunda í einhverjum tilfellum með veikara endurkasti, en veikt endurkast getur einnig orsakast af háu klóríð innihaldi, niðurbrots og hrörnunar svo eitthvað sé nefnt. Auðveldara var að greina skil milli efnistegunda á yngri brúm. Þá sást ekki með vissu hvort rakainngangur væri hafinn, en nokkur svæði sáust þar sem hugsanlega ætti að skoða rakasöfnun betur. Það sem takmarkaði rannsóknina mjög var að einungis var hægt að skanna 4 umferðir á hverri brú, og því um 1,25 m bil á milli mælinga sem voru bara í langáttina. Niðurstöður byggðu aðallega á gögnum frá 2 GHz skönnunum, en gögnin frá 400 mHz skannanum voru ekki skýr. Með þéttara gagnaneti verða gæðin á niðurstöðunum meiri, en hægt er að ná því með fleiri yfirferðum og minni ökuhraða. Vegna þessa sem og langs úrvinnslutíma var ákveðið að prófa að notast við göngujarðsjá í þessu verkefni í stað jarðsjáa á veggreini.

Göngujarðsjá

Brýrnar voru jarðsjármældar með Cobra CBD jarðsjá frá Radarteam í Svíþjóð (mynd 5). Jarðsjánni er ýtt á undan sér eins og slátturvél. Hún mælir veglengd en hefur einnig GPS merki til að fá nákvæma staðsetningu mælingar. Jarðsjáin vinnur á þremur miðtíðnisviðum 200/400/800 MHz, en tíðnisviðin eru þó í raun mun breiðari og ná frá 50-1400 MHz þar sem jarðsjáin sendir út breidd merkis (mynd 6).



Mynd 5 – Yfirlitsmynd frá Radarteam (2025) til hægri og göngujarðsjá Vegagerðinnar við rannsóknir í verkefninu til hægri.



Mynd 6 - Tíðnisvið Cobra CBD jarðsjárinna (Radarteam, 2025).

Samkvæmt framleiðanda á að vera hægt að greina dýpi niður á steypustyrktarjárn (steypuhulu) með jarðsjánni en járn endurvarpar nánast öllu merki sem jarðsjáin sendir og því yfirleitt nokkuð greinilegt á jarðsjármýndum sem parabólu merki. Á mynd 5 má sjá merki þar sem botn hellulagnar kemur fram á um 10 cm dýpi, og steypustyrktarjárn neðar í jörðu, á um 20 cm dýpi. Á y ásnum er tímamæling í nanosekúndum, sem er svo umbreytt í dýpi út frá rafstuðli (e. *dielectric constant*).

Við úrvinnslu mæligagna var aðallega notast við hugbúnaðinn Geolix, sem hefur verið í þróun frá árinu 2020. Hugbúnaðurinn er mjög framarlega í sjálfvirkri vinnslu jarðsjárgagna meðal annars með hjálp gervigreindar (Geolix, 2025).

Tilhögun jarðsjármælingar á brúnum var með eftirfarandi hætti:

- Gengin voru langsnið eftir brúargólfinu á annarri akrein með um 30 sm millibili.
- Gengin voru þversnið á brúnni með um 100 sm millibili.
- Mæliforritið Prism 2.0 var notað til að forskoða gögnin á meðan mælingu stóð.
- Þrívíddarúrvinnsla og filtering á tvíviðum gögnum unnin með vefhugbúnaði Geolix.

Með jarðsjármælingum var ætlunin að greina þykkt steypuhulu, sjá járnabindingu, greina holrými og mögulegt los í bindingu milli slitlags og brúargólfs.

Veggripsmælir – hemlunarviðnám

Þegar verið er að mæla hemlunarviðnám er veggripsmælir dreginn af bíl með vatnstank (mynd 7). Þegar komið er á áfangastað er mælihjóli undir ákveðnu álagi slakað niður þegar bílinn er á ferð og við það fæst út mæligildi á hemlunarviðnámi. Samtímis er vatn lagt á yfirborðið fyrir framan hjólið þar sem almennt er sóst eftir hemlunarviðnámi á blautu eða röku yfirborði. Almennt skal mælingin gerð á hraðanum 70 ± 5 km/klst. Hemlunarviðnámið er á bilinu 0-1, en því hærra sem gildið er því betra (Vegagerðin, 2022).



Mynd 7 – Veggripsmælir Vegagerðarinnar (Vegagerðin, 2022).

Réttskeið

Réttskeið 4,5 m löng var notuð til að mæla hjólför og til kvörðunar á niðurstöðum veggreinis (mynd 8). Mælt var á hægri og vinstri akrein ásamt hægri og vinstra spori.



Mynd 8 - Mælingar með réttskeið, 2024.

Brýr til skoðunar

Í töflu 1 eru listaðar brýr sem voru rannsakaðar í þessu verkefni ásamt grunnupplýsingum.

Brúarteikningar af Borgarfjararbrú, Sogsbrú, Ölfusárbrú, Laxá í Leirársveit, Gljúfurárbrú og Óseyrarbrú eru í viðauka 1.

Brúin yfir Gljúfurá, Laxá í Leirársveit og Óseyrarbrú eru ekki steyptar með sérstöku slitlagi. Þess má hins vegar geta í teikningasetti Gljúfurárbrúar á teikningu með heitið Yfirlitsmynd og númerin A-356 og B-4075 er sagt að það sé slitlag 20 – 50 mm á brúnni sem myndi vatnshalla, sem var steyppt á samtímis burðarsteypunni. Einnig má geta þess meðan þetta verkefni var í vinnslu fór fram viðgerð á brúnni yfir Laxá í Leirársveit, sem fólst í fræsingu og lagningu slitlagssteypu.

Borgarfjarðarbrú, Sogsbrú og Ölfusárbrú eru brýr þar sem viðhald hefur farið fram og var sérstakt slitlag steyppt ofan á eldra burðarvirki.

Tafla 1 - Brýr til skoðunar, byggingarár og hvenær sérstakt slitlag var steyppt.

Brú	Byggingarár	Steyppt slitlag, ár	Steinefni	Umferð, ÁDU 2024
Gljúfurár	1962		Burðarsteypa	2.800
Laxá í Leirársveit	1983	2024	Burðarsteypa	5.600
Óseyrarbrú	1988		Burðarsteypa	1.800
Borgarfjarðarbrú Haf 1	1981	2012	Harðikambur	5.800
Borgarfjarðarbrú Haf 13	1981	2014	Harðikambur	5.800
Borgarfjarðarbrú Haf 7	1981	2016	Harðikambur	5.800
Sogsbrú	1983	2015	Horngrýti	5.100
Ölfusárbrú	1945	2018	Harðikambur	15.500
Hattardalsá	2020	2020	Harðikambur	227
Bjarnadalsá	2021	2021	Harðikambur	332
Botnsá	2021	2021	Harðikambur	340

Borgarfjarðarbrú (1-g5)

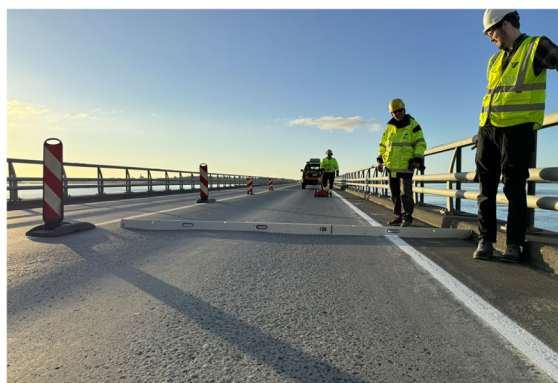
Borgarfjarðarbrú var byggð á árunum 1979 – 1981, burðarbitar eru forspenntar einingar og ofan á bitana er staðsteypt plata 250 – 300 mm þykk. Brúin er 520 m að lengd í 13 höfum sem öll eru 40 metrar og 4 forspenntir bitar í hverju hafi (mynd 9).

Steinefni í steypu Borgarfjarðarbrúar eru frá Stafholtsey (34 km frá Seleyri) og stóðst kröfur um alkalívirgni skv. bandarískum stöðlum. Steypustyrkur í forspenntum bitum og brúargólfi var 30 MPa, steypuhula 60 mm skv. teikningu B1-6586 SP-4. Umtalsvert slit var komið í yfirborðið, þannig að járn sáust staðbundið og viðgerð óhjákvæmileg. Í vatnsbroti var lagt upp með að komast niður fyrir neðra lag járnbindingar eða 80 - 90 mm. Langbending var aukin í K10-150, en þverbending K12-220 óbreytt, en aukin við bríkur.

Gert var við brúarhöf eftir ástandi og sliti yfirborðs, byrjað 2012 og lokið 2017, en ekki var unnið að viðgerðum 2015. Viðgerð brúarinnar tók því 5 ár, en notuð var sérstök seigjustýrð slitlagssteypa með steinefnum frá Harðakambi og lögð á haf 1 og 2 árið 2012, á haf 3, 4, 5 og 6 árið 2013, á haf 13 árið 2014, á haf 7 og 8 árið 2016 og að lokum á haf 9, 10, 11 og 12 árið 2017. Frá því að slitlagssteypa var lögð á brúna hefur ekkert viðhald verið framkvæmt á brúargólfinu, en vegrið voru endurnýjuð árið 2023. Umferð um brúna hefur einnig aukist umtalsvert frá árinu 2012 (tafla 2).

Eftirfarandi mælingar voru teknar saman vegna Borgarfjarðarbrúar:

- Hjólför mæld með leysi á veggreini á öllum höfum fyrir árin 2019, 2020, 2021, 2022 og 2023.
- Hemlunarviðnám mælt sumarið 2024.
- Göngugarðsjá (slátturvél), mælt var í höfum 1, 7 og 12 sumarið 2024.
- Sjónmat og hjólför mæld með réttsskeið á hafi 1 (í u.þ.b. stöðvum 655 og 665), hafi 7 (í u.þ.b. stöðvum 885 og 895) og hafi 13 (í u.þ.b. stöðvum 1125 og 1135) sumarið 2024.



Mynd 9 – Yfirlitsmynd af Borgarfjarðarbrú (til vinstri), þar sem stöð 600 og haf 1 er við Hafnarfjall og stöð 1.200 og haf 13 er við Borgarnes. Til hægri má sjá myndir sem teknar voru við mælingar sumarið 2024.

Tafla 2 – Umferð um Borgarfjarðarbrú frá því að fyrst var farið að leggja slitlagssteypu á brúna.

Ár	ÁDU	Ár	ÁDU
2012	3.594	2019	5.500
2013	3.694	2020	4.450
2014	3.808	2022	5.400
2016	4.949	2024	5.800
2018	4.736		



Mynd 10 – Sjónmat yfirborðs Borgarfjarðarbrúar 2024.

Það hefur vel tekist til með útlögnina í öllum höfum brúarinnar þannig að vegfarendur verða lítt varir við misfellur, en þenslulistar í báðum endum hvers hafs eru hins vegar auðvitað vel merkjanlegir.

Lagþykktin 80 – 90 mm leiðir til þess að það eru meiri líkur að sprungur myndist (meiri lagþykkt meiri líkur á að sprungur myndist). Sprungurnar eru missýnilegar eftir veðri og þær sprungur sem sjást á myndinni hér fyrir ofan eru að líkindum yfir bita og eru e.t.v. tilkomnar vegna mismuna hreyfinga aðliggjandi bita (mynd 10). Rétt er að hafa í huga, að í semensríkum steypum getur einnig komið til sjálflokunar sprungna (self healing).

Sogsbrú (35-01)

Sogsbrú í Grímsnesi var byggð árið 1983, og er 74 m að lengd. Burðarbitar miðjuhluta brúarinnar eru forsteyptir spenntir bitar, sem hvíla á og tengjast m.a. með köplum 4 útkröguðum staðsteyptum bitum hvoru megin í kassabitakerfi út yfir millistöpla frá landstöplum (mynd 11).

Á miðjubitum og kassabítum hvíla forsteyptar einingar, sem platan var steypst yfir. Steypustyrkur var 35 MPa og steypuhula 30 mm skv. blaði 18.1. Slit yfirborðs sem og veðrun þess var víða komin niður í járn, sem sum höfðu verið fjarlægð þar sem þau voru talin hættuleg umferðinni og endurnýjun yfirborðsins talin óhjákvæmileg 2015. Það var gert með því að vatnsbrjóta niður fyrir neðri járnagrindina í efri brún eða 80 - 100 mm, bæta inn járnum m.a. í stað þeirra sem höfðu verið fjarlægð. Nýtt yfirborð var steypst með sérstakri seigjustýrðri slitlagssteypu, steinefnin voru frá Litla Horni Hornafirði.

Frá því að slitlagssteypan var lögð á brúna hefur ekkert viðhald verið framkvæmt. Umferð um brúna hefur einnig aukist umtalsvert frá árinu 2015 (tafla 3).

Eftirfarandi mælingar voru teknar saman vegna Sogsbrúar:

- *Hjólför mæld með leysi á veggreini á öllum höfum fyrir árin 2020, 2022 og 2023.*
- *Hemlunarviðnám mælt sumarið 2024.*
- *Jarðsjá (slátturvél), sumarið 2024.*
- *Sjónmat og hjólför mæld með réttsskeið, sumarið 2024 (mynd 12).*



Mynd 11 – Yfirlitsmynd af brúnni yfir Sogið (til vinstri), þar sem stöð 6.600 er vestan við áнна og stöð 6.700 er austan megin við Þrastalund. Til hægri má sjá myndir sem teknar voru við mælingar sumarið 2024.

Tafla 3 – Umferð um Sogsbrú frá því að fyrst var farið að leggja slitlagssteypu á brúna.

Ár	ÁDU	Ár	ÁDU
2015	2391	2020	2950
2016	2802	2022	4400
2018	3241	2024	5100
2019	3277		



Mynd 12 – Sjónmat yfirborðs Sogsbrúar.

Það tókst vel til með útlögnina, þannig að þeir sem aka um brúna verða lítið varir við ójöfnur í yfirborðinu. Lagþykktin 80 – 100 mm hefur hins vega leitt til þess að í yfirborðinu má sjá sprungur, ef aðstæður eru hagstæðar (meiri lagþykkt meiri líkur á að sprungur myndist), en á móti kemur að í svo sementsríkum blöndum getur komið til sjálflokunar (e. self healing) þeirra.

Ölfusárbrú (1-d5)

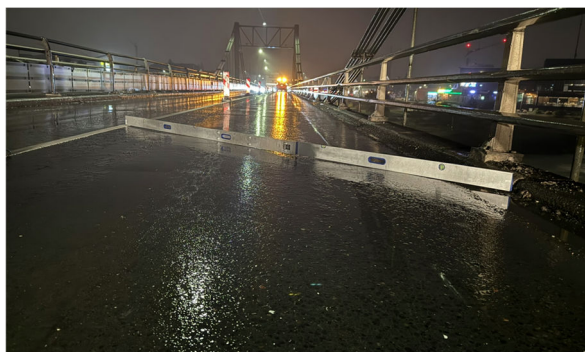
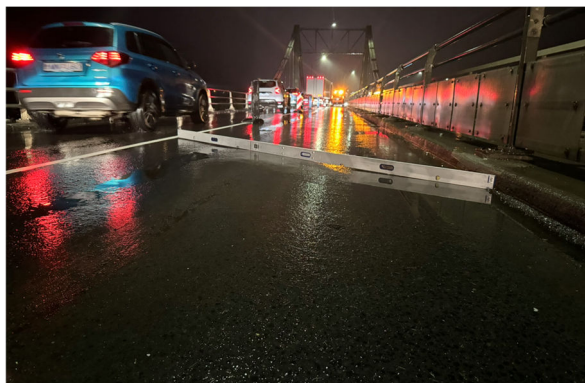
Ölfusá var byggð árið 1945 og er 132 m að lengd. Brúin er hengibrú, þannig að ætla má að undirstöður fyrir möstur og landfestingar kapla hafi verið steypar fyrst, möstrin reist og hengiköplum komið fyrir, þá hafi þvergrindabitakerfi og langgrindabitakerfi ásamt langbitum, sem hvíla á þverbitum verið reist og þá var mögulegt að hefja undirbúning að því að steypa brúargólfið. Við suður enda hengibrúarhlutans eru svo 4 landhöf, þar sem platan hvílir á 4 stálbitum í hverju hafi (mynd 13).

Árið 1992 var komið umtalsvert slit í yfirborð hengibrúarhluta sem og landhöf. Ráðist var í að saga gólfið burt í einingum og koma fyrir nýjum einingum, sem voru spenntar saman í bríkum hvoru megin. Ofan á þær var steyppt járn bent slitlag að þykkt ~ 100 mm við bríkur og ~ 180 mm við miðlínu með 25 prómill hliðarhalla að bríkum.

Steypustyrkurur í ásteypulaginu var 40 MPa, steinefnin Steinadalsefni og steypuhula 70 mm. Hengibrúarhlutinn var endurbættur árið 2018 með því að fræsa 35 mm niður í plötuna og steypa í staðinn 40 mm lag úr sérhannaðri hástyrkleikasteypu með mestu steinastærð 16 mm, en malbiksslitlag var sett á landhöfin 4. Krafa var um að steypan væri búin að ná 8 MPa eftir 12 tíma, þannig að sjúkrabíll ætti fljótlega greiða leið yfir brúna. Frá því að slitlagssteypan var lögð á brúna hefur ekkert viðhald verið framkvæmt. Umferð um hana hefur einnig aukist umtalsvert frá árinu 2018 (tafla 4)

Eftirfarandi mælingar voru teknar saman vegna Ölfusárbrúar:

- Hjólför mæld með leysi á veggreini á öllum höfum fyrir árin 2020, 2022 og 2023.
- Hemplunarviðnám mælt sumarið 2024.
- Sjónmat og hjólför mæld með réttsskeið, sumarið 2024.



Mynd 13 - Yfirlitsmynd af Ölfusárbrúnni (til vinstri), þar sem stöð 100 er austan við ánnu (við hringtorg) og stöð 200 er vestan megin. Til hægri má sjá myndir sem teknar voru við mælingar sumarið 2024.

Tafla 4 – Umferð um Ölfusárbrú frá því að slitlagssteypa var lögð á brúna.

Ár	ÁDU
2018	13,558
2019	13.791
2020	12.000
2022	14.000
2024	15.500

Sjónmat yfirborðs Ölfusárbrúar sumarið 2024 leiddi í ljós að hjólför eru að myndast í brúnni (mynd 14). Brúin skiptist í aksturshluta ~ 6,1 m og svo gangstétt. Þetta leiðir til þess að bifreiðar aka meira og minna í sömu sporum (meira slit), en umferðin er hæg (minna slit) og stöðugt verið að bremsa og leggja af stað aftur (sem veldur slit). Það er lítið um bylgjur í brúnni, þannig að frá því sjónarmiði er þægilegt að aka um brúna. Brúin sveiflast hins vegar mjög mikið af völdum þungra bíla og spurning hvort það hvetur til sprungumyndunar í slitlaginu.



Mynd 14 – Sjónmat yfirborðs Ölfusárbrúar.

Laxá í Leirársveit (1-g3)

Laxá í Leirársveit var byggð árið 1983, og er 23 m að lengd (mynd 15).

Brúin er bitabrá með forsteyptum bitum og gólfi, sem platan var steypst yfir. Lagt var upp með steypustyrk 30 MPa og 30 mm steypuhulu, en meðalstyrkur steypusýna í plötu í endabítum 470 kg/cm² skv. brotsýnum, sem bendir til þess að ákveðið hafi verið að auka brotstyrkinn umfram 30 MPa e.t.v. í 40 MPa. Komið var mikið slit í gólfið og járn m.a. sýnileg víða í gólfinu (mynd 16). Haustið 2024 var brúargólfið fræst 20 – 30 mm niður í yfirborðið og slitlagssteypa lögð (mynd 17).

Umferð um brúna hefur einnig aukist umtalsvert frá árinu 1983 (tafla 5).

Eftirfarandi mælingar voru teknar saman vegna Laxá brúar:

- Hjólför mæld með leysi á veggreini á öllum höfum fyrir árin 2019, 2020, 2021, 2022 og 2023.
- Hemlunarviðnám mælt sumarið 2024.
- Jarðsjá (slátturvél), sumarið 2024.
- Sjónmat og hjólför mæld með réttsskeið, sumarið 2024.



Mynd 15 – Yfirlitsmynd af Laxá í Leirársveit (til vinstri) þar sem stöð 300 er við Hótel Laxárbakka og stöð 400 er norðan megin við brúna. Til hægri má sjá myndir sem teknar voru við mælingar sumarið 2024.

Tafla 5 – Umferð um Laxá í Leirársveit frá því að brúin var byggð.

Ár	ÁDU	Ár	ÁDU	Ár	ÁDU
1983	806	2008	3.788	2018	4.948
1985	764	2010	3.914	2019	5.375
1990	1.268	2012	3.580	2020	4.450
1995	1.415	2014	3.806	2022	5.400
2000	2.603	2016	4.641	2024	5.600
2004	3.138				



Mynd 16 – Sjónmat yfirborðs brúar yfir Laxár í Leirársveit. Myndir frá því í júní 2024, sýna ástand Laxárbrúar fyrir viðgerð. Brúargólfið var komið í verulega slæmt ástand. Slitið orðið mjög mikið og víða sást í steypustyrktarjárn.



Mynd 17 – Viðgerð á yfirborði Laxárbrúar í október 2024. Sem fólst í fræsingu, steypubroti og lagningu slitlagssteypu. Ein akrein var tekin fyrir í einu, umferð var ljósastýrt á meðan.

Gljúfurárbrú (1-g9)

Gljúfurá er bitabrá með samfellda bita í þremur höfum með millistöpla hvoru megin áar, byggð árið 1962, og er 63 m að lengd. Bitar og 160 mm þykk plata samsteypst ásamt 20 – 50 mm slitlagi og hliðarhalli myndaður (mynd 18). Steypustyrkur í bitum, plötu og slitlagi var sennilega um 25 MPa. Steypuhula við kantbita var í upphafi líklega ~ 40 mm, en ~ 70 mm í miðri plötu. Það sést hvergi í járnþendingu í yfirborði eins og á mun yngri brúm, sem gert hefur verið við undanfarin ár. Í dag eru sýnileg frost/þíðu göt víða um slitlagið og gert hefur verið við nokkuð mörg, ef marka má minni og stærri malbiksviðgerðir í yfirborðinu (mynd 19). Steypuhula ásamt slitlagi hefur því greinilega varið undirliggjandi burðarplötu vel gegn slit, en einnig gegn vatni þar með talið söltu vatni, ekki síst hugsanlega veikleika undirliggjandi plötu sem virðist koma nokkuð vel út, þegar horft er upp undir burðarplötuna og á heildina er litið í ljósi aldurs.

Á teikningum er ekki að finna beint upplýsingar um steypuflokka bita, plötu og slitlags eins og að framan segir, en kornastærðin í yfirborðinu er mjög breytileg og víða má sjá býsna stóra ávala steina (~ 60/70 x 120 mm). Yfirborðið er nú orðið mjög lúið og þarfnast endurnýjunar.

Umferð um brúna hefur einnig aukist umtalsvert frá árinu 1962 (tafla 6).

Eftirfarandi mælingar voru teknar saman vegna Gljúfurárbrúar:

- Hjólför mæld með leysi á veggreini á öllum höfum fyrir árin 2019 og 2022.
- Hemlunarviðnám mælt sumarið 2024.
- Jarðsjá (slátturvél), sumarið 2024 (mynd 20).
- Sjónmat og hjólför mæld með réttsskeið, sumarið 2024.



Mynd 18 - Yfirlitsmynd af Gljúfurá (til vinstri). Til hægri má sjá myndir sem teknar voru við mælingar sumarið 2024.

Tafla 6 – Umferð um Gljúfurá frá því að brúin var byggð.

Ár	ÁDU	Ár	ÁDU	Ár	ÁDU
1965	325	2000	1.652	2016	2.555
1970	335	2004	1.855	2018	2.587
1975	458	2008	2.039	2019	2.657
1980	422	2010	2.134	2020	2.200
1985	576	2012	1.863	2022	2.700
1990	976	2014	2.126	2024	2.800
1995	1.168				



Mynd 19 – Sjónmat yfirborðs brúar yfir Gljúfurá 2024. Brúargólfið er í verulega slæmu ástandi. Eftirfarandi myndir sýna frost/þíðu skemmdir á yfirborði ásamt sprungum. Steinefni er í mismunandi stærðum (60 x 120 mm stærst) og dreifist illa.



Mynd 20 – Mælingar með göngujarðsjá á Gljúfúrabrú.

Óseyrarbrú (34-05)

Óseyrarbrú var byggð árið 1988, og er 360 m að lengd (mynd 21).

Óseyrarbrú er eftirspennnt bita- og plötubrú, þar sem bitar og plata var steyppt í einu lagi. Steypuflokkurinn var 40 MPa, v/s-tala $\leq 0,45$, kornastærð ≤ 32 mm, steypuhula í yfirbyggingu 30 mm og akbraut 60 mm.

Í framhaldi af Suðurlandsskjálfta 2008 voru minniháttar viðgerðir nauðsynlegar í landstöpli að vestanverðu.

Umferð um brúna hefur einnig aukist umtalsvert frá árinu 1988 (tafla 7), en frekar lítil umferð er á brúnni.

Sjónmat yfirborðs 2024 sýndi að það er nokkuð bylgjiótt eins og merkist vel, þegar ekið er um hana (mynd 22). Sjá má frost/þíðu niðurbrot á nokkrum stöðum sbr. neðri mynd til vinstri. Á neðri mynd til hægri má sjá grautunargöt vegna eftirspennukerfis. Með lagningu á sérstöku steypuslitlagi má koma í veg fyrir þessi atriði og verja hugsanlega aðra veikleika í burðarsteypunni.

Eftirfarandi mælingar voru teknar saman vegna Óseyrarbrúar:

- Hjólför mæld með leysi á veggreini á öllum höfum fyrir árin 2022.
- Hemlunarviðnám mælt sumarið 2024.
- Jarðsjá (slátturvél), sumarið 2024.
- Hjólför mæld með réttsskeið, ásamt sjónmati 2024.



Mynd 21 – Yfirlitsmynd af Óseyrarbrú. Myndin t.h. var tekin við mælingar sumarið 2024.

Tafla 7 – Umferð um Óseyrarbrú frá því að brúin var byggð.

Ár	ÁDU	Ár	ÁDU	Ár	ÁDU
1989	802	2008	1049	2019	1571
1990	760	2010	980	2020	1400
1995	900	2012	1003	2022	1950
2000	962	2016	1288	2024	1800
2004	959	2018	1614		



Mynd 22 – Sjónmat yfirborðs Óseyrarbrúar 2024.

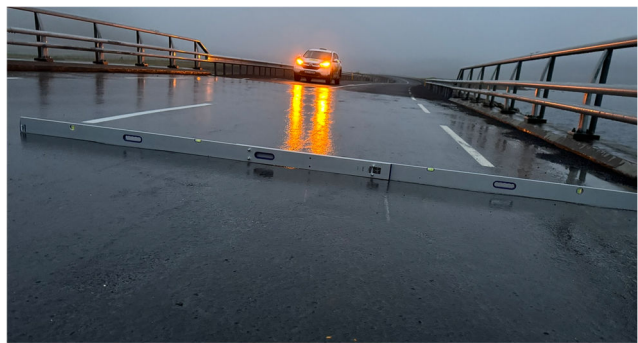
Hattardalsá (61-35)

Brú yfir Hattardalsá var byggð árið 2020 og var í upphafi lögð með slitlagssteypu. Brúin er 17 m að lengd (mynd 23).

Sjónmat yfirborðs 2024 sýndu að yfirborðið er mjög jafnt með mjög litlu slit.

Eftirfarandi mælingar voru teknar saman vegna brúar um Hattardalsá:

- Hjólför mæld með réttsskeið, ásamt sjónmati sumarið 2024 (mynd 24).



Mynd 23 – Yfirlitsmynd af Hattardalsá í Álftafirði á Vestfjörðum (til vinstri). Til hægri má sjá myndir sem teknar voru við mælingar sumarið 2024.



Mynd 24 – Sjónmat yfirborðs brúar yfir Hattardalsá 2024.

Bjarnadalsá (60-44)

Brú yfir Bjarnadalsá var byggð árið 2021 og var í upphafi lögð með slitlagssteypu. Brúin er 19 m að lengd (mynd 25). Sjónmat yfirborðs 2024 sýndu að yfirborðið er mjög jafnt með mjög litlu slitum (mynd 26).

Eftirfarandi mælingar voru teknar saman vegna brúar um Bjarnadalsá:

- Hjólför mæld með réttsskeið, ásamt sjónmati 2024.



Mynd 25 – Yfirlitsmynd af Bjarnadalsá á Vestfjörðum (til vinstri). Til hægri má sjá mynd sem tekin var við mælingar sumarið 2024.



Mynd 26 – Sjónmat yfirborðs brúar yfir Bjarnadalsá 2022 (efri myndin) og 2024 (neðri myndirnar).

Botnsá (63-02)

Brú yfir Botnsá var byggð árið 2021 og var í upphafi lögð með slitlagssteypu. Brúin er 20 m að lengd (mynd 27). Sjónmat yfirborðs 2024 sýndu að yfirborðið er mjög jafnt með mjög litlu sliti (mynd 28).

Eftirfarandi mælingar voru teknar saman vegna brúar um Botnsá:

- Hjólför mæld með réttsskeið, ásamt sjónmati 2024.



Mynd 27 – Yfirlitsmynd af Botnsá á Vestfjörðum (til vinstri). Til hægri má sjá mynd sem tekin var við mælingar sumarið 2024.



Mynd 28 – Sjónmat yfirborðs brúar yfir Botnsá 2024.

Niðurstöður mælinga

Hjólframælingar með réttsskeið

Slitlagsmælingar með réttsskeið voru framkvæmdar sumarið 2024 á Borgarfjarðarbrú, Sogsbrú, Ölfusárbrú, Hattardalsá, Bjarnardalsá og Botnsá sem eru allt brýr með sérstöku slitlagi sem og fyrir Gljúfurárbrú, Óseyrarbrú og Laxá í Leirársveit en í þeim er burðarsteypa notuð sem slitlag. Niðurstöður slitmælinga á Borgarfjarðarbrú, Sogsbrú og Ölfusárbrú eru gefnar í töflum 8, 9 og 10. Meðalslit fyrir hverja brú er síðan tekið saman í töflu 11.

Borgarfjarðarbrú

Slitlagsmælingar í Borgarfjarðarbrú voru gerðar á höfum 1, 7 og 13, en nýtt slitlag sem ásteypulag var lagt á brúna í áföngum milli 2012 og 2017. Nýtt slitlag var lagt á haf 1 árið 2012, nýtt slitlag var lagt á haf 7 árið 2016 og nýtt slitlag var lagt á haf 13 árið 2014. Niðurstöður mælinga eru sýndar í töflu 8. Heildarslitið mælist mest í hafi 1 í elstu slitlagssteypunni eða um 12,3 mm en um 1 mm á ári. Slitið minnkar síðan með minni aldri slitlaga í höfum 7 og 13. Reiknuð árgildi fyrir haf 7 er um 1 mm/ár og fyrir haf 13 eru um 0,85 mm á ári.

Tafla 8 – Hjólför mæld með réttsskeið á Borgarfjarðarbrú. Slit í yfirborði mælt í mm.

Haf 1. Ásteypulag steyppt 2012.				
Lengd frá NV enda hafs í m	Mótstraums akrein		Undanstraums akrein	
	1,7 m frá brík	3,4 m frá brík	1,8 m frá brík	3,5 m frá brík
20	14	7	13	12
	1,8 m frá brík	3,3 m frá brík	1,9 m frá brík	3,4 m frá brík
30	13	13	14	12
Meðal 12 ára slit: 12,3 mm eða ~ 1 mm /ári				
Haf 7. Ásteypulag steyppt 2016.				
Lengd frá NV enda hafs í m	Mótstraums akrein		Undanstraums akrein	
	1,75 m frá brík	3,35 m frá brík	1,8 m frá brík	3,5 m frá brík
10	10	8	9	6
	1,7 m frá brík	3,35 m frá brík	2,0 m frá brík	3,65 m frá brík
20	9	5	13	6
Meðal 8 ára slit: 8,2 mm eða ~ 1 mm /ári				
Haf 13. Ásteypulag steyppt 2014.				
Lengd frá NV enda hafs í m	Mótstraums akrein		Undanstraums akrein	
	1,75 m frá brík	3,30 m frá brík	1,7 m frá brík	3,7 m frá brík
10	12	9	12	10
	1,7 m frá brík	3,30 m frá brík	1,8 m frá brík	3,65 m frá brík
20	13	8	13	7
Meðal 10 ára slit: 8,4 mm eða ~ 0,85 mm /ári				

Sogsbrú

Niðurstöður slitlagsmælingar á Sogsbrú er gefin í töflu 9. Nýtt slitlag sem ásteypulag var lagt á brúna 2015. Heildarslitið reyndist vera um 10,3 mm og ársslitið um 1,15 mm.

Tafla 9 – Hjólför mæld með réttsskeið á Sogsbrú. Slit í yfirborði mælt í mm.

Lengd frá NA enda brúar í m	Mótstraums akrein		Undanstaums akrein	
21	3,1 m frá brík 9	4,80 m frá brík 6	1,9 m frá brík 4	3,3 m frá brík 10
42	3,1 m frá brík 10	4,80 m frá brík 11	1,8 m frá brík 4	3,2 m frá brík 6
63	3,0 m frá brík 9	4,6 m frá brík 9	1,9 m frá brík 5	3,3 m frá brík 10
Meðal 9 ára slit: 10,3 mm eða ~ 1,15 mm /ári				

Ölfusárbrú

Niðurstöður slitlagsmælingar á Ölfusárbrú er gefin í töflu 10. Nýtt slitlag sem ásteypulag var lagt á brúna 2018. Heildarslitið reyndist vera um 12 mm og ársslitið um 2 mm.

Tafla 10 – Hjólför mæld með réttsskeið á Ölfusárbrú. Slit í yfirborði mælt í mm.

Lengd frá NA enda brúar í m	Mótstraums akrein		Undanstaums akrein	
10	0,9 m frá brík 18	2,35 m frá brík 12	0,95 m frá brík 12	2,4 m frá brík 10
30	0,75 m frá brík 12	2,3 m frá brík 18	0,9 m frá brík 11	2,4 m frá brík 10
54	0,8 m frá brík 12	2,5 m frá brík 12	0,9 m frá brík 9	2,4 m frá brík 9
74	0,9 m frá brík 12	2,4 m frá brík 14	0,9 m frá brík 11	2,4 m frá brík 11
Meðal 6 ára slit: 12 mm eða ~ 2 mm /ári				

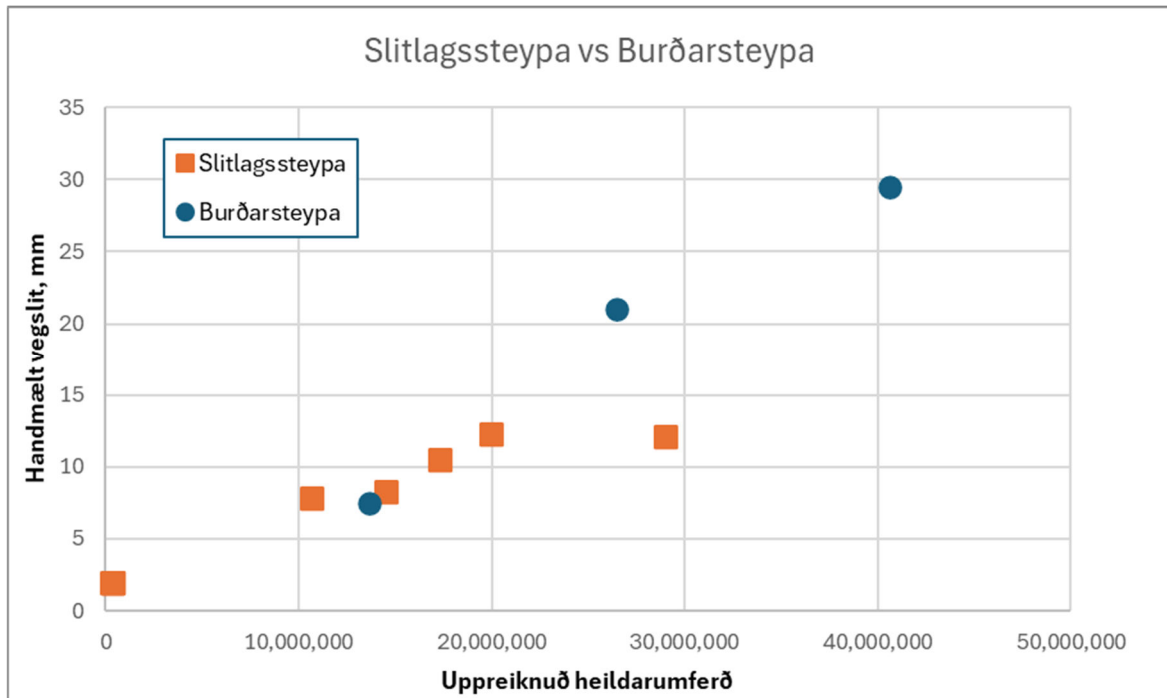
Samantekt

Í töflu 11 eru gefnar niðurstöður úr mælingum á slit í brúargólfi þeirra brúa sem voru rannsakaðar í þessu verkefni.

Tafla 11 – Handmælt slit (réttскеið) frá 2024 í brúargólfum.

Brú	Byggingarár	Steypt slitlag, ár	Handmælt slit 2024, mm
Gljúfurár	1962		21
Laxá í Leirársveit	1983		29,5
Óseyrarbrú	1988		7,5
Borgarfjarðarbrú Haf 1	1981	2012	12,3
Borgarfjarðarbrú Haf 13	1981	2014	10,5
Borgarfjarðarbrú Haf 7	1981	2016	8,3
Sogsbrú	1983	2015	7,8
Ölfusárbrú	1945	2018	12,1
Hattardalsá	2020	2020	2,0
Bjarnardalsá	2021	2021	2,0
Botnsá	2021	2021	2,0

Slitið liggur á bilinu frá 2,0 til 29,5 mm. Slitið er heildarslit frá því að viðkomandi brú var tekin í notkun eða frá því nýtt slitlag var lagt. Til þess að bera saman slitlagstölur í sérstöku slitlagi við slit í hefðbundnu brúargólfi er hægt að skoða slitið m.t.t. heidarumferðar yfir brúna. Á mynd 29 er heildarslit teiknað upp á móti heidarumferð yfir sérhverja brú.



Mynd 29 - Heildarslit teiknað upp á móti uppreiknaðri heildarumferð yfir sérhverja brú.

Af mynd 29 má álykta að slit á burðarsteypu (ekið á burðarsteypu) sé í línulegu sambandi við heildarumferð um mannvirkið. Þó ber að hafa í huga að takmarkaður fjöldi mælinga liggur að baki þessari ályktun. Þessu virðist vera öðruvísi farið þegar ekið er á sérstakri slitlagssteypu. Slitið er í upphafi línulegt og sambærilegt sliti við burðarsteypu. Þegar um 10 til 12 mm sliti er náð virðist hægja verulega á sliti sérstakrar slitlagssteypu og slitið virðist breytast lítið eftir það. Nauðsynlegt er að kanna þetta betur með mælingum á sérstökum slitlagssteypum eftir nokkur ár þegar meiri umferð hefur farið um brýrnar.

Framan af er slitið frekar mikið vegna þess að sementsríkt lag í yfirborði er ekki sérlega slitþolið. Þegar komið er niður á um 7 mm dýpi hefur magn sementsefju minnkað og slitsterku steinefnin eru farin að hafa áhrif á slitið til minnkunar og þegar komið er niður á um 12 mm dýpi stjórna steinefnin alfarið slitinu.

Á þessu grundvallast munurinn á sliti á milli burðarsteypu og sérstakrar slitlagssteypu. Í hefðbundinni steypu eru fylliefnin ekki sérvalin, meðan slitlagssteypa er með sérvalin slitþolin fylliefni. Auk þess sem sementsefjan í slitlagssteypu er mun þéttari, sterkari og þar að leiðandi slitsterkari en sementsefja í hefðbundinni brúarsteypu.

Aðrir þættir en umferðarmagn hafa að sjálfsögðu áhrif á vegslit. Þættir eins og umferðarhraði, breidd akreina, sumardekk/nagladekk o.fl. þ.h. eru ekki síður mikilvægir. Svo heildstæð mynd fáið af eðli slits í steypum slitlögum þarf að rannsaka alla þessa samverkandi þætti.

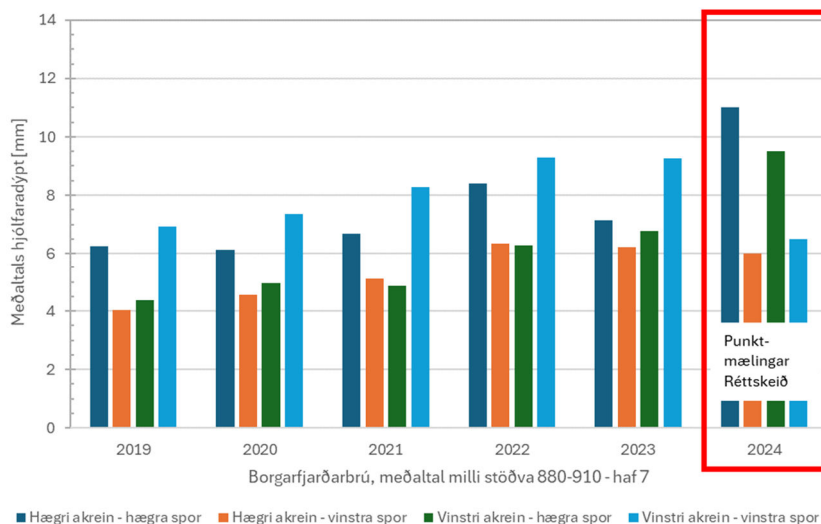
Hjólframælingar með veggreini

Skoðuð voru mæld hjólfaragögn frá veggreini af Borgarfjarðarbrú, Sogsbrú, Ölfusárbrú, Laxá í Leirársveit, Gljúfurárbrú og Óseyrarbrú. Misjafnt var hversu margar og tíðar mælingar höfðu verið framkvæmdar, en samantektarmyndir má finna í viðauka 2 fyrir allar brýrnar. Þar er búið að taka saman meðaltalsmælingar fyrir mismunandi spor, það er hægri og vinstra spor á hægri og vinstri akrein, en einnig eru sýndar myndir af mælipunktum eftir lengd brúna. Hafa verður í huga þegar mælingarnar eru skoðaðar hvernig hjólfar er mælt sem og nákvæmni mælinganna undir miðjum leysi er 1,5 mm eins og fram kemur í kafla um búnað veggreinis.

Borgarfjarðarbrú

Í viðauka 2 má sjá að talsvert flókt er í mælingum á hjólfari, en ferill mælinganna eftir lengd brúarinnar er mjög sambærilegur. Þá virðist sem einhver skekkja sé í niðurstöðum mælinga á hjólfari á hægri akrein, hægri spori þar sem mæling frá 2022 er á köflum hærri heldur en mæling frá 2023 án þess að slitlagið hafi verið lagfært. Hins vegar er skekkjan innan við 1,5 mm sem er uppgefin skekkja mælinganna. Þá er athyglisvert að punktmælingar með réttsskeið passa sæmilega við mælingar á vinstra spori á báðum akreinum, en réttsskeiðarmælingar sýna meiri niðurbeygju í flestum tilfellum þegar hægri sporið er skoðað á báðum akreinum. Ástæða þessara skekkju er ekki ljós, en hafa verið í huga ólíka aðferðafræði við að mæla hjólfarið.

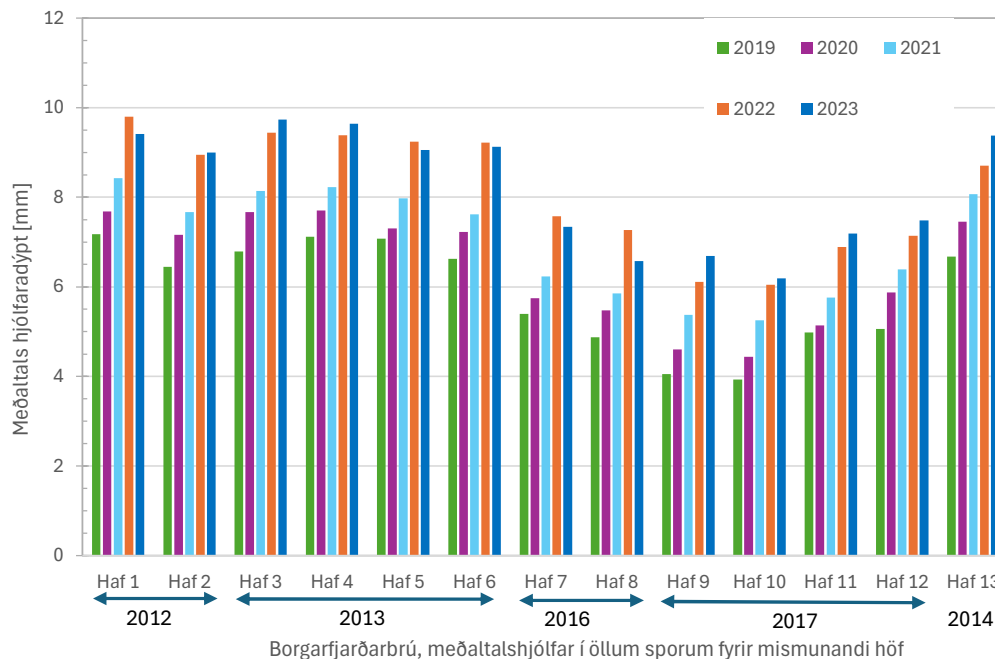
Á mynd 30 er meðaltalshjólfar á hafi 7 (milli stöðva 880 og 910) fyrir öll spor sýnd sem og mælt hjólfar með réttsskeið árið 2024, en sambærilegar myndir fyrir önnur höf má finna í viðauka 2. Sjá má að mæling á hægri akrein, hægri spori gefur herra hjólfar sumarið 2022 borið saman við sumarið 2023, á meðan önnur spor sýna sambærilega hjólfarsdýpt eða aukningu í hjólfari á milli ára. Á öðrum höfum má finna sambærilegar niðurstöður, það er almennt er meðaltalshjólfarið að aukast á milli ára en við einstaka mælingar minnkar hjólfarið á milli ára og þá helst á milli árunna 2022 og 2023.



Mynd 30 – Meðaltal hjólfars á hafi 7 á hægri og vinstri akrein, fyrir vinstra og hægri spor fyrir árin 2019, 2020, 2021, 2022 og 2023 sem á mæling hjólfars með réttsskeið 2024.

Miðað við upplýsingar í töflu 1 er ÁDU fyrir Borgarfjarðarbrú fyrir þetta tímabil á bilinu 4400 til 5800 ökutæki á sólarhring, minnst árið 2020 og mest árið 2024. Á mynd 31 er búið að taka saman meðaltals hjólfar fyrir öll fjögur spor hverrar akreinar og taka meðaltal. Þannig má sjá að mælt hjólfar er herra á þeim höfum þar sem fyrst var steipt slitlag á meðan hjólfarið er minna á þeim sem voru steipt seinna. Þá sést einnig að stígandi er í aukningu hjólfars milli ára utan þess að á fimm höfum er hjólfarið heldur lægra árið 2023 borið saman við árið 2022. Til að taka saman niðurstöður má segja

að yfir þetta fjögur ára tímabil þá aukist slitið nokkurn veginn jafnt og þétt, með nokkrum undantekningum þó.

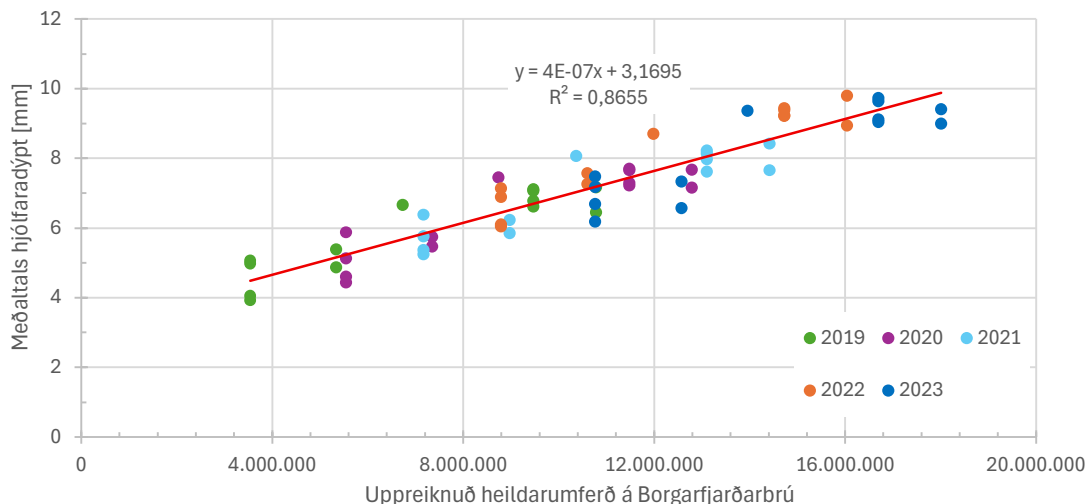


Mynd 31 – Meðaltal hjólfars á öllum sporum og öllum höfum Borgarfjarðarbrúar frá árinu 2019 til 2023. Ártalið neðan við myndina benda til þess hvenær slitlagið var lagt.

Í töflu 12 er búið að setja fram gildin sem sýnd eru á mynd 31 en einnig búið að reikna breytingu í hjólfari á milli ára. Það er athyglisvert að sjá að mismunur á milli 2020 og 2019 og 2021 og 2020 er sambærilegur eða 0,56 og 0,58 mm, en yfir þessi 4 ár er meðaltals aukning hjólfars 0,59 mm.

Tafla 12 – Meðaltals hjólfar tekið af öllum sporum og öllum höfum Borgarfjarðarbrúar á árunum 2019 til 2023. Mismunur er breyting á hjólfari á milli ára. Einingar allra mælinga eru mm.

Stöðvar	Haf	2019	2020	Mismunur	2021	Mismunur	2022	Mismunur	2023	Mismunur
640-670	1	7,18	7,68	0,50	8,43	0,75	9,80	1,38	9,41	-0,39
680-710	2	6,45	7,17	0,72	7,67	0,50	8,95	1,28	9,00	0,05
720-750	3	6,79	7,67	0,88	8,14	0,48	9,44	1,30	9,74	0,29
760-790	4	7,12	7,71	0,59	8,23	0,52	9,39	1,16	9,64	0,26
800-830	5	7,07	7,30	0,23	7,98	0,68	9,24	1,27	9,05	-0,19
840-870	6	6,62	7,22	0,60	7,62	0,40	9,23	1,61	9,12	-0,10
880-910	7	5,39	5,75	0,35	6,24	0,49	7,58	1,34	7,34	-0,23
920-950	8	4,88	5,47	0,60	5,85	0,38	7,27	1,42	6,58	-0,69
960-990	9	4,05	4,60	0,55	5,37	0,77	6,11	0,74	6,69	0,58
1000-1030	10	3,93	4,44	0,51	5,25	0,81	6,05	0,79	6,19	0,14
1040-1070	11	4,98	5,14	0,16	5,76	0,63	6,89	1,13	7,19	0,29
1080-1110	12	5,07	5,88	0,81	6,38	0,51	7,14	0,75	7,48	0,34
1120-1150	13	6,67	7,45	0,78	8,07	0,61	8,71	0,64	9,37	0,66
Meðaltal				0,56		0,58		1,14		0,08



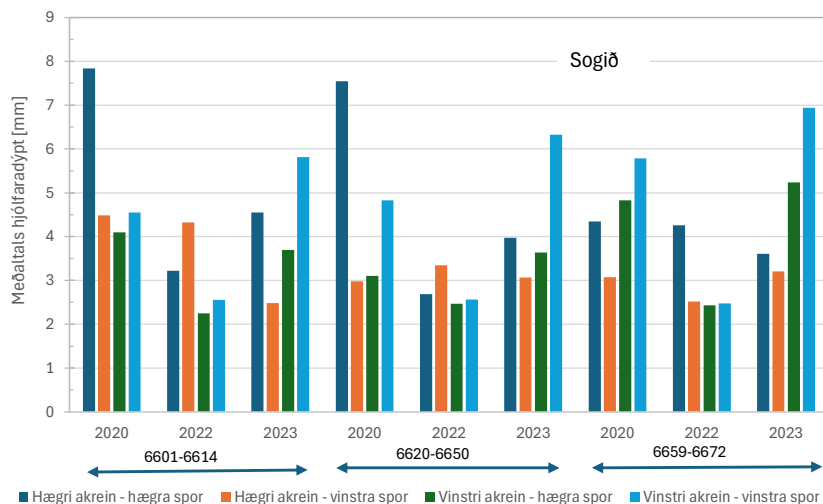
Mynd 32 – Meðaltalshjólfaradýpt á hverju hafi á móti uppreiknaðri heildarumferð frá því að slitlagssteypan var lögð.

Á mynd 32 er búið að teikna upp meðaltalshjólfaradýpt á öllum höfum fyrir mismunandi ár á móti heildarumferð sem farið hefur um brúna frá því að slitlagið var lagt, en eins og fram hefur komið var slitlag lagt á brúna á árunum 2012 til 2017. Ef tekin er lína í gegnum allar mælingarnar á Borgarfjarðarbrú má áætla að hjólfarið dýpki um 0,4 mm fyrir hverja milljón ökutækja sem fara um brúna.

Sogsbrú

Eins og sjá má í viðauka 2 sem og á mynd 33 tala mælingarnar milli ára ekki eins vel saman á Sogsbrú borið saman við Borgarfjarðarbrú. Þá sýna hjólfaramælingar með réttsskeið almennt meira hjólfar heldur en hjólfaramælingar með veggreini utan við mælingar á hægri akrein, hægra spori þar sem réttsskeiðarmælingar 2024 passa nokkuð vel við mælingar frá árinu 2023. En það sem er kannski helst athyglisvert er að mælingar ársins 2020 eru ekki í samræmi við mælingar frá árinu 2022. Hvers vegna þær mælingar sýna í einhverjum tilfellum meira hjólfar heldur en mælt var 2022 og 2023 er ekki ljóst, en Biskupstungnabraut var malbikuð á milli þessara mælinga.

Á mynd 33 má sjá meðaltalshjólfar á endahöfunum tveimur sem og millihafi sem er lengra heldur en endahöfin. Á myndinni sést greinilega hvernig 2020 mælingin er ekki í takt við mælingarnar frá 2022 og 2023, en jafnvel á milli þessara ára minnkar meðaltalshjólfarið á hægri akrein, vinstra spori í tveimur tilfellum af þremur.



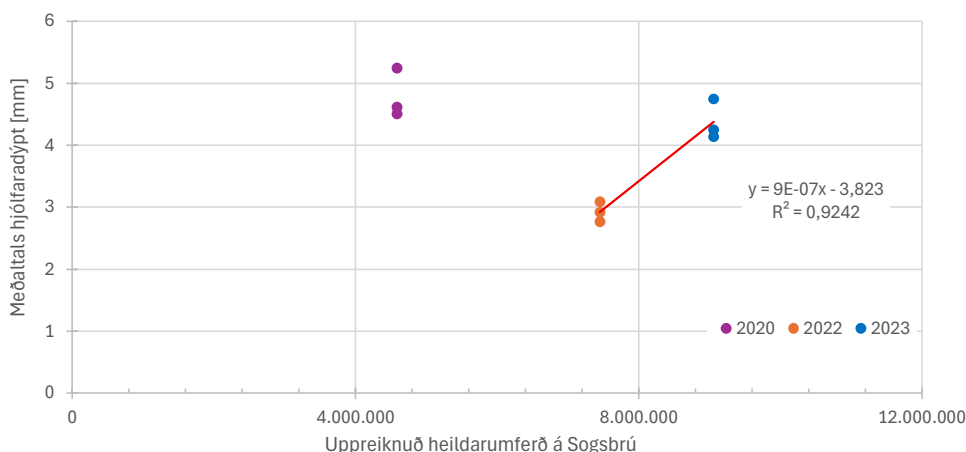
Mynd 33 - Meðaltal hjólfars á hægri og vinstri akrein, fyrir vinstra og hægra spor fyrir árin 2020, 2022 og 2023.

Í töflu 13 er búið að reikna meðaltal hjólfaramælinga á báðum sporum og báðum akreinum fyrir höfin 3. Milli árunna 2022 og 2023 eykst hjólfarið um 1,45 mm en miðað við þessar mælingar má gera ráð fyrir að meðaltalshjólfar á brúnni sem milli 4 og 5 mm.

Tafla 13 - Meðaltals hjólfar tekið af öllum sporum og öllum höfum Sogsbrúar á árunum 2020, 2022 og 2023. Mismunur er breyting á hjólfari á milli ára. Einingar allra mælinga eru mm.

Stöðvar	Haf	2020	2022	Mismunur	2023	Mismunur
6601-6614	1	5,24	3,09	-2,16	4,14	1,05
6620-6650	2	4,61	2,77	-1,85	4,25	1,48
6659-6672	3	4,51	2,92	-1,59	4,75	1,83
Meðaltal		4,79	2,92	-1,86	4,38	1,45

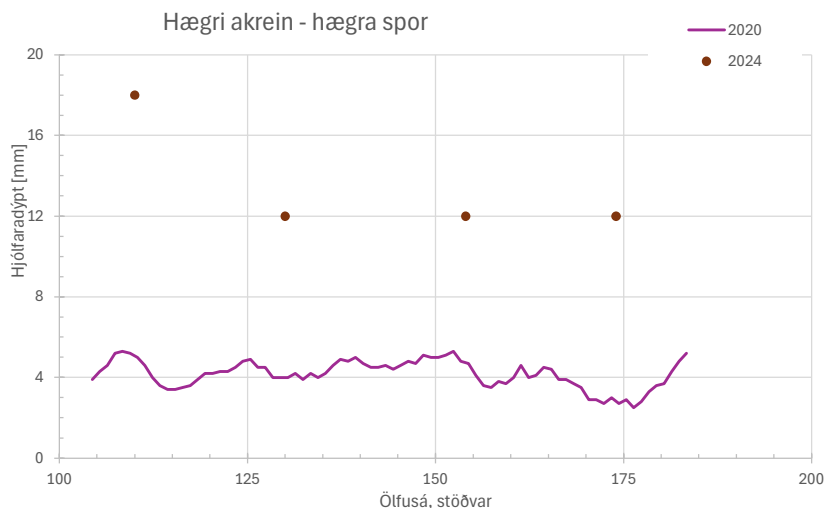
Á mynd 34 er búið að teikna upp meðaltalshjólfaradýpt á öllum höfum fyrir mismunandi ár á móti heildarumferð sem farið hefur um brúna frá því að slitlagið var lagt. Ef tekin er lína í gegnum mælingar frá 2022 og 2023 á Sogsbrú má áætla að hjólfarið dýpi um 0,9 mm fyrir hverja milljón ökutækja sem fara um brúna.



Mynd 34 - Meðaltalshjólfaradýpt á hverju hafi á móti uppreiknaðri heildarumferð frá því að slitlagssteypa var lögð. Þegar verið er að skoða samband milli mælinga eru mælingar frá 2020 ekki teknar með.

Ölfusárbrú

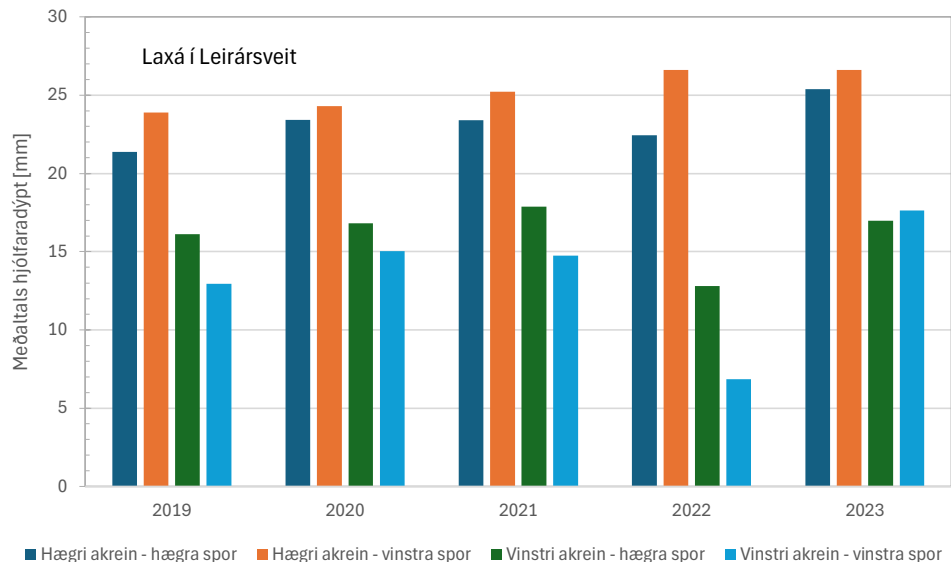
Á Ölfusárbrú voru einungis mælingar frá árinu 2020 og því erfitt að bera saman hjólfaramælingar á milli ára. Hins vegar er búið að teikna upp mælt hjólfar með veggreini og mælingar með réttsskeið árið 2024. Eins og sjá má á mynd 35 er talsverður munur á mælingum með réttsskeið og með veggreini og er það eins á öllum sporum að mælingar með réttsskeið sýna meira hjólfar heldur en mælingar með veggreini. Þá verður að hafa í huga að 4. ár eru á milli mælinganna. Þegar mælingar á báðum akreinum og báðum sporum eru teknar saman við árið 2020 er meðaltalshjólfarið 4,01 mm milli stöðvar 102 og 183, og heildarumferð um brúna árið 2019 var um 10 milljón ökutæki.



Mynd 35 – Mælt hjólfar á Ölfusárbrú eftir lengd brúar á hægri akre, í hægri spori árið 2020 með veggreini og árið 2024 með réttsskeið.

Laxá í Leirársveit

Eins og sjá má í viðauka 2 og á mynd 36 eru samræmi í ferli hjólfars á milli ára, og það vekur athygli að á hægri spor virðast mælingar á milli réttsskeiðar og veggreinis passa ágætlega saman á meðan á vinstra spori beggja akreina eru mælingar með réttsskeið hærri heldur en mælingar veggreinis. Mælingar á vinstri akrein frá 2022, virðast ekki vera í samræmi við aðrar mælingar þar sem stígandi er í myndun hjólfars.



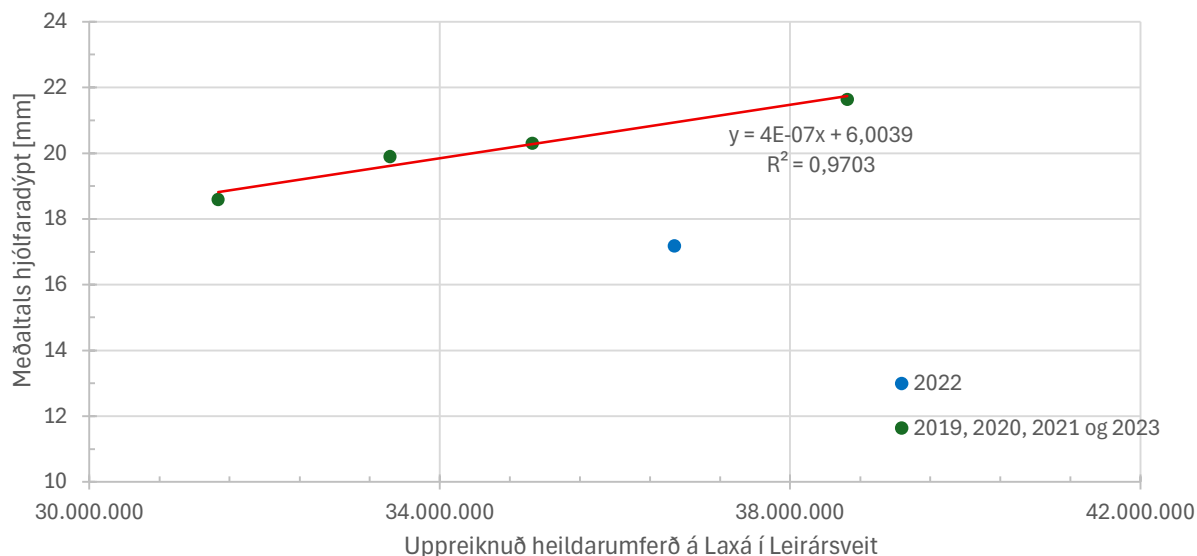
Mynd 36 - Meðaltal hjólfars á hægri og vinstri akrein, fyrir vinstra og hægri spor fyrir árin 2019 til 2023 á Laxárbrú.

Í töflu 14 er búið að reikna meðaltal hjólfaramælinga á báðum sporum og báðum akreinum. Ef árið 2022 er frátalið eykst hjólfarið um 1,5 mm á ári.

Tafla 14 - Meðaltals hjólfar tekið af öllum sporum brúar yfir Laxá í Leirársveit á árunum 2019-2023. Mismunur er breyting á hjólfari á milli ára. Einingar allra mælinga eru mm

Stöðvar	2019	2020	Mismunur	2021	Mismunur	2022	Mismunur	2023	Mismunur
365-3884	18,6	19,9	1,3	20,3	0,4	17,2	-3,1	21,6	4,5

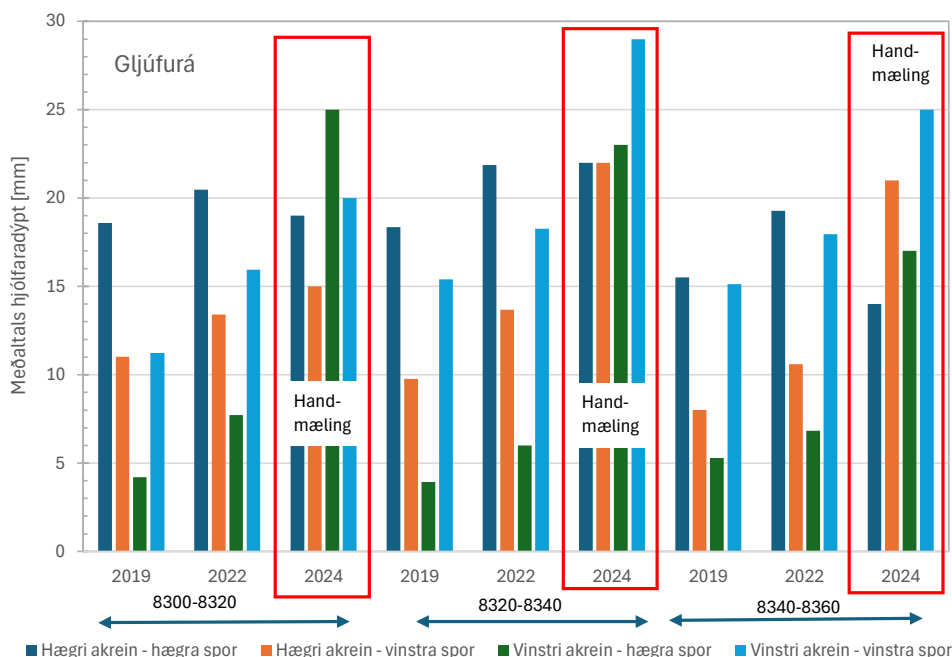
Á mynd 37 búið að teikna upp meðaltalshjólfaradýpt á öllum höfum fyrir mismunandi ár á móti heildarumferð sem farið hefur um brúna frá því að burðarsteypa var lögð. Ef tekin er lína í gegnum mælingar árinna 2019, 2020, 2021 og 2023 má áætla að hjólfarið dýpki um 0,4 mm fyrir hverja milljón ökutækja sem fara um brúna yfir Laxá í Leirársveit.



Mynd 37 - Meðaltalshjólfaradýpt á móti uppreiknaðri heildarumferð frá því að burðarsteypa var lögð. Þegar verið er að skoða samband milli mælinga eru mælingar frá 2022 ekki teknar með.

Gljúfurárbrú

Á Gljúfurá þarf að hafa í huga að burðarsteypa brúarinnar er talsvert slitin og því ekki ósennilegt að veggreinir mæli hjólför minni heldur en handmæling. Eins og sjá má í viðauka 2 sem og á mynd 38 er samhengi í útliti mælinga á milli ára 2019 og 2022 og í öllum tilfellum er meira mælt hjólfar árið 2022 borið saman við 2019. Almenn sýna hjólfaramælingar með réttsskeið meira hjólfar heldur en hjólfaramælingar með veggreini utan við mælingar á hægri akrein, hægra spori þar sem réttsskeiðarmælingar 2024 passa nokkuð vel við mælingar frá árinu 2022. Það sem einnig er áberandi við mælingarnar eru hvað hægri akrein, vinstra spor og vinstri akrein, hægra spor eru með minni hjólfaradýpt borið saman við hin sporin.



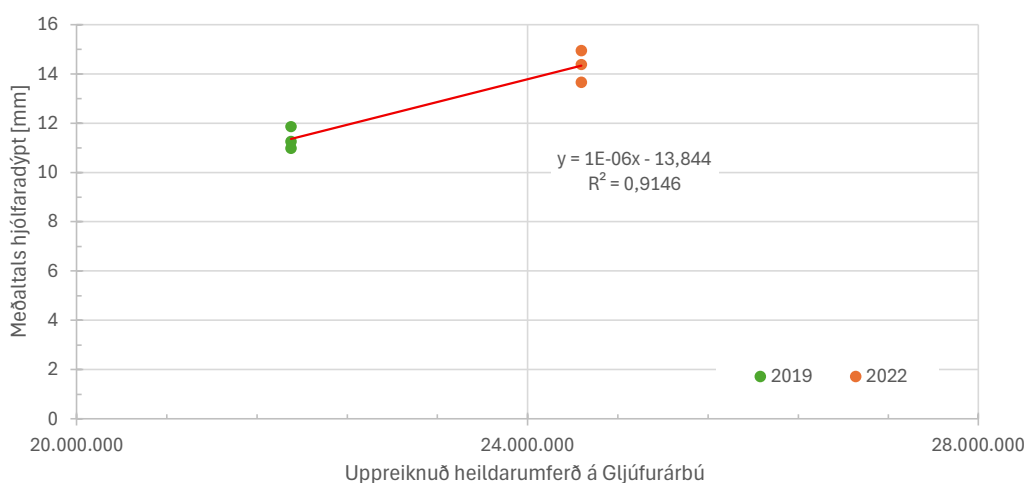
Mynd 38 – Meðaltal hjólfars á hægri og vinstri akrein, fyrir vinstra og hægra spor fyrir árin 2019, 2022 og 2024 á Gljúfurárbrú.

Í töflu 15 er búið að reikna meðaltal hjólfaramælinga á báðum sporum og báðum akreinum fyrir bilin 3. Milli þessara þriggja ára eykst hjólfarið um 1,00 mm á ári.

Tafla 15 - Meðaltals hjólfar tekið af öllum sporum brúar yfir Gljúfurá árunum 2019 og 2022. Mismunur er breyting á hjólfari á milli ára. Einingar allra mælinga eru mm

Stöðvar	2019	2022	Mismunur
8300-8320	11,3	14,4	3,1
8320-8340	11,9	15,0	3,1
8340-8360	11,0	13,7	2,7

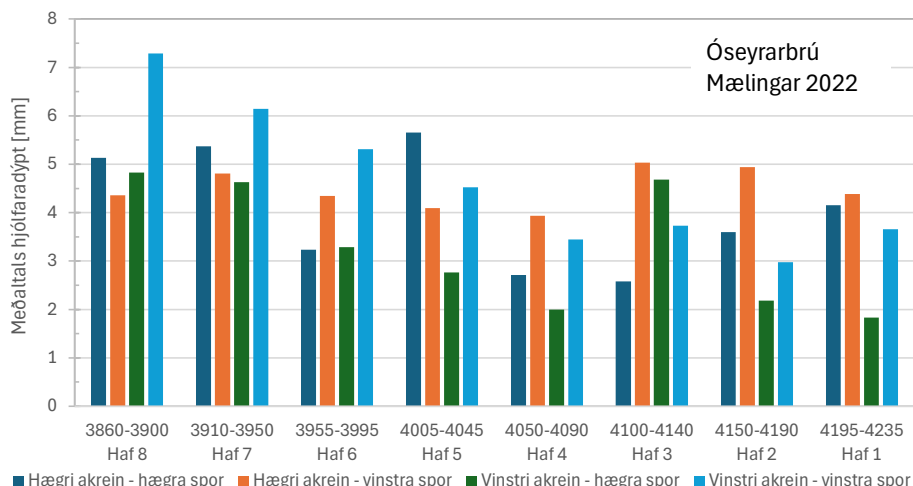
Á mynd 39 er búið að teikna upp meðaltalshjólfaradýpt á öllum bilum fyrir árin 2019 og 2022 á móti heildarumferð sem farið hefur um brúna frá því að burðarsteypa var lögð. Ef tekið er línulegt samband á milli þessara mælinga má áætla að hjólfarið dýpki um 1,0 mm fyrir hverja milljón ökutækja sem fara um Gljúfurárbrú.



Mynd 39 - Meðaltalshjólfaradýpt á hverju 20 metra bili á móti uppreiknaðri heildarumferð frá því að burðarsteypa var lögð og umferð opnuð um brúna.

Óseyrarbrú

Á Óseyrarbrú voru einungis mælingar frá árinu 2022 og því erfitt að bera saman hjólfaramælingar á milli ára. Á myndum í viðauka 2 er búið að teikna upp mælt hjólfar með veggreini og mælingar með rétttskeið árið 2024. Á vinstra spori beggja akreina eru mælingar með rétttskeið mun hærri heldur en hjólfaramælingar með veggreini, en sæmilegt samband er á milli mæliaðferðanna á hægri spori. Annars er talsverður munur á milli hjólfaradýptar milli hafa, sem er erfitt að útskýra en þó er munurinn ekki umtalsverður og skekkja mælinga er allt að 1,5 mm (mynd 40 og tafla 16). Árið 2022 höfðu um 12,2 milljón ökutæki farið um brúna frá árinu 1989.



Mynd 40 - Meðaltal hjólfars á hægri og vinstri akrein, fyrir vinstra og hægra spor fyrir árið 2022 á mismunandi höfum Óseyrarbrúar.

Tafla 16 - Meðaltals hjólfar tekið af öllum sporum Óseyrarbrúar árið 2022, fyrir átta höf brúarinnar. Einingar allra mælinga eru mm.

Stöðvar	Haf	2022
3860-3900	8	5,4
3910-3950	7	5,2
3955-3995	6	4,0
4005-4045	5	4,3
4050-4090	4	3,0
4100-4140	3	4,0
4150-4190	2	3,4
4195-4235	2	3,5

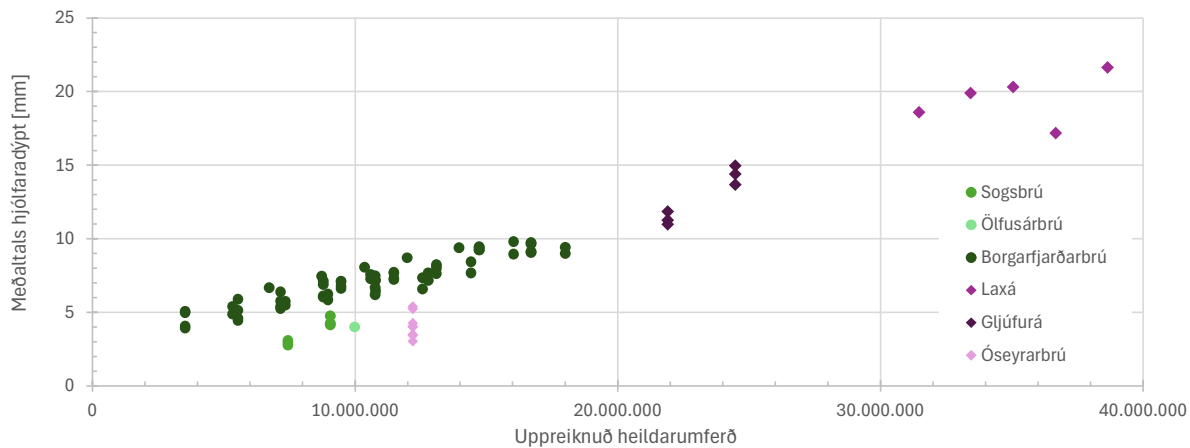
Samantekt

Á mynd 41 má sjá meðaltals hjólfaradýpt mælda með veggreni teiknaða upp á móti uppreiknaðri heildarumferð frá því að slitlagssteypa eða burðarsteypa var lögð á yfirborðið. Búið er að taka fyrir öll ár og allar mælingar fyrir brýrnar sex sem voru sérstaklega teknar fyrir. Rauðleitu tígla punktarnir eru þar sem keyrt er á burðarsteypunni á meðan grænu hringlaga punktarnir sýna meðaltalshjólfaradýpt brúa með slitlagssteypu.

Það vekur athygli að ekki virðist vera mikill munur á mældu meðaltalshjólfari á milli slitlagssteypu og burðarsteypu á meðan umferðin er ekki mikil en hins vegar verður áhugavert að fylgjast með brúm eins og Borgarfjarðarbrúnni þar sem umferð er mikil og sjá hvernig hjólfarið þróast með aukinni umferð um brúna.

Lítið slit mældist á Óseyrarbrúnni, en þar vorum við einungis með eina mælingu og talsvert mikill munur á milli hafa sem ekki hefur verið hægt að útskýra. Ekki hefur verið skoðað sérstaklega hlutfall þungaumferðar á Óseyrarbrúnni borið saman við hinar brýrnar, og þá virðist sem umferðin leggist ekki eins mikið í sömu sporin, þar sem umferðin um hana er minni. Til þess að þessar mælingar séu marktækar er nauðsynlegt að fá aðra mælingu sem og skoða betur umferðarmynstur brúarinnar.

Mælingarnar með veggreini og handmælingar (mynd 29 og mynd 41) eru með svipaða hjólfaramyndun í sérstakri slitlagssteypu sem virðist jafnast út við um og yfir 10 mm, en hjólfaramyndun í burðarsteypu virðist vera línleg sem fall af umferð.



Mynd 41 – Hjólfaramælingar með veggreini fyrir allar brýrnar sem voru teiknaðar á móti uppreiknaðari umferð frá því að burðarsteypa eða slitlagssteypa var lögð. Hringir í grænum lit eru brýr með sérstakra slitlagssteypu á meðan tíglar eru brýr þar sem keyrt er á burðarsteypunni.

Jarðsjármælingar

Í þessu verkefni voru jarðsjármælingar framkvæmdar með Cobra göngujarðsjánni (mynd 5 og mynd 6). Niðurstöður úr göngujarðsjá gefa til kynna að vissulega megi greina steypustyrktarjárn og mögulega bindingu s.s. efri og neðri grind en erfitt er að meta nákvæmlega þykkt steypuhulu upp á mm þar sem gögnin eru ekki í nógu hárrí upplausn eins og sjá má á myndum hér að neðan. Eftir fund með stofnendum Geolitix þar sem farið var yfir gögnin úr Cobra sjánni kom í ljós að ekki væri hægt að filtera eða hreinsa gögnin meira en gert hafði verið til þess að fá betri upplausn. Þar kom einnig fram að brýr væru yfirleitt greindar með 1.5 til 2 GHz jarðsjám til þess að ná sömu upplausn (Geolitix, fjarfundur dags 22.05.2025). Vegna þessa reyndist mjög erfitt að greina smágerð holrými og athugun á losi er nær ógerleg (Geophysical, 2025). Svipaðar niðurstöður má sjá í verkefni Magnúsar Halldórssonar (2021) á m.a. Gljúfurárbrú eins og fjallað er um í kafla um veggreini.

Tímafrekt er að fullvinna öll gögn sem aflað var, en hér að neðan má sjá nokkrar sniðmyndir af jarðsjárgögnunum nokkra brúa. Á myndunum sést nokkur munur á skýrleika, en einhverra hluta vegna sýna mælingar af Sogsbrú, Laxárbrú og Gljúfurárbrú skýrari mynd af t.d. járnabendingu en sést á hinum brúnum sem voru mældar.

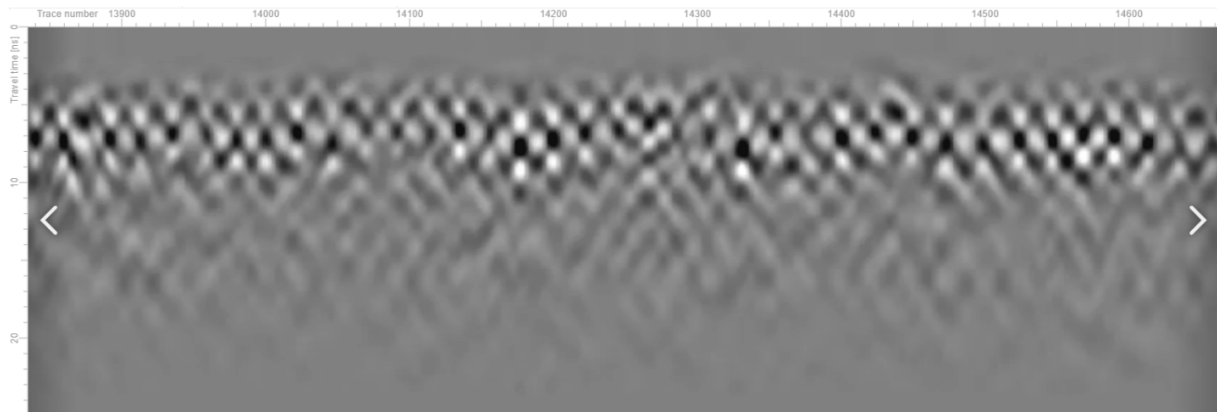
Niðurstöðurnar hér að neðan gefa til kynna, að ef ætlunin er að skoða brýr með jarðsjá þarf að nota sérhæfðar brúarsjár, en í flestum tilfellum þarf að loka akreinum meðan mælingar fara fram þó til séu hátíðni jarðsjár sem eru settar á mælibífreið. Dæmi um jarðsjá sem myndi veita nákvæmari gögn er 2 GHz brúarjarðsjár með 8 loftnetum og betri upplausn á grunnu dýpi (mynd 42).



Mynd 42 – Dæmi um brúarjarðsjá (Stanlay, 2025).

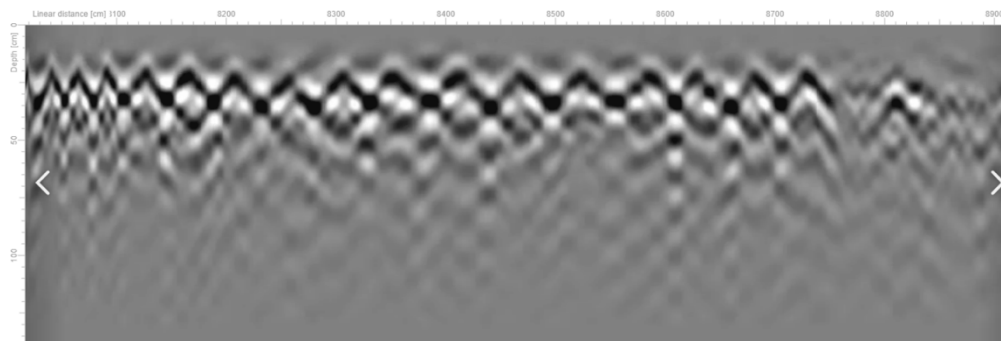
Reynt var nota gögn úr jarðsjármælingum til þess að staðsetja járnagrind og meta þykkt á steypuhulu með það að markmiði að meta slit í slitlagi á viðkomandi brúm.

Á mynd 43 má sjá dæmi um niðurstöðu úr göngujarðsjá á Borgarfjarðarbrú. Myndin sýnir nokkuð þetta bindingu en erfitt er að greina nákvæmlega þykkt niður á steypustyrktarjárnin vegna þess hve gögnin eru í lágri upplausn.



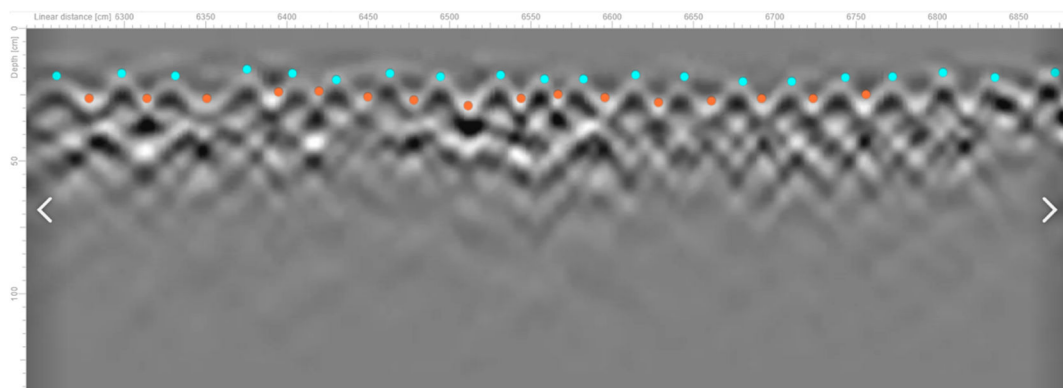
Mynd 43 – Niðurstöður mælinga með göngujarðsjá á Borgarfjarðarbrú.

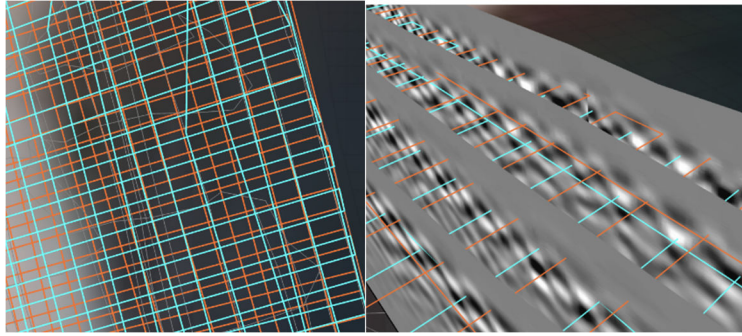
Á mynd 44 má sjá dæmi um niðurstöðu úr göngujarðsjá á Sogsbrúin. Myndin sýnir mun skýrari mynd af járnabindingunni en fékkst á Borgarfjarðarbrú (sjá mynd 43). Með svona gögnum er mögulegt að fá nokkuð góða þykktarmælingu á steypuhulu.



Mynd 44 – Niðurstöður mælinga með göngujarðsjá á Sogsbrú.

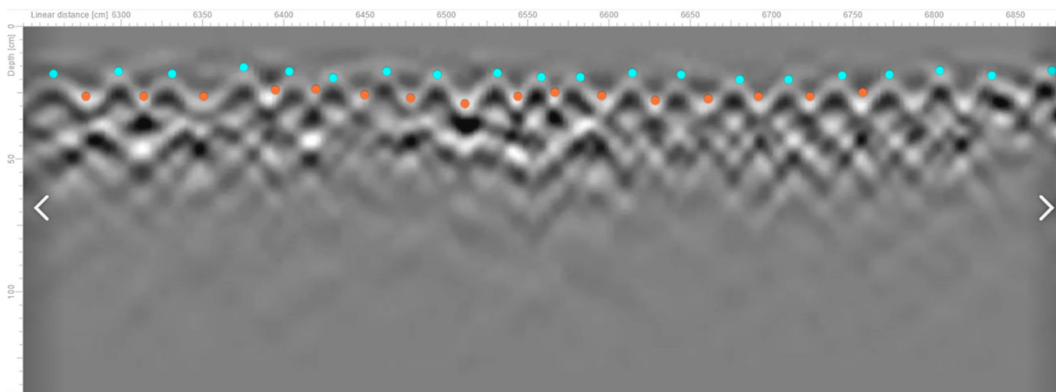
Á mynd 45 má sjá dæmi um niðurstöðu úr göngujarðsjá á Laxá í Leirársveit. Í tilfelli Laxár í Leirársveitar var gengið hvað lengst í úrvinnslu gagnanna og Geolitix forritið látið leita uppi steypustyrktarjárnin og tengja á milli þeirra. Virtist forritið grípa efri (bláar línur) og neðri (brúnar línur) járnagrind, en mjög grunnt var á járnin í þessari brú og spurning hvort það hafi hjálpað við greininguna.





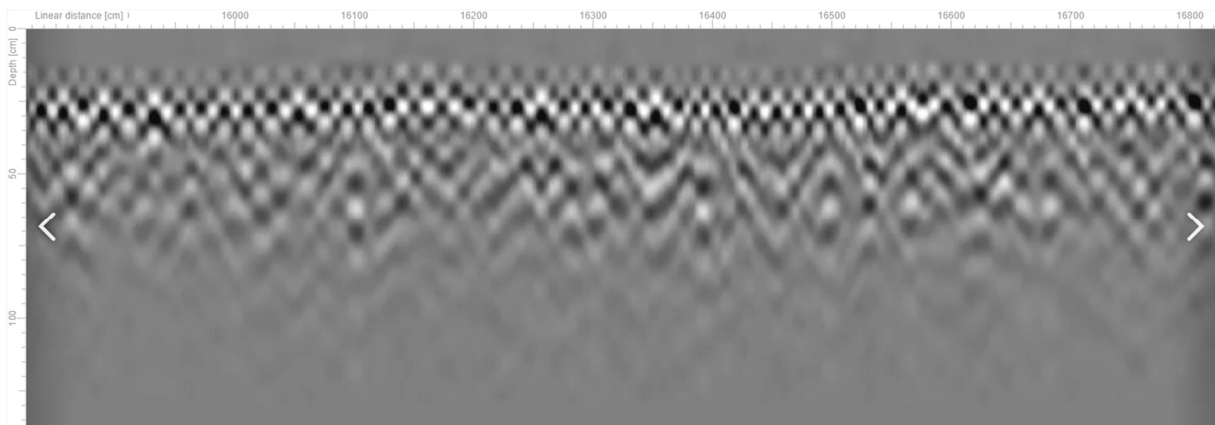
Mynd 45 – Niðurstöður mælinga með göngujarðsjá á Laxá í Leirársveit.

Á mynd 46 má sjá dæmi um niðurstöðu úr göngujarðsjá á Gljúfurá. Járnagrindin kemur mjög greinilega fram og hægt var að láta forritið vinna það nokkuð auðveldlega úr gögnunum. Efri (bláar línur) og neðri (brúnar línur) járnagrind sjást vel á myndinni.



Mynd 46 – Niðurstöður mælinga með göngujarðsjá á Gljúfurá

Á mynd 47 má sjá dæmi um niðurstöðu úr göngujarðsjá á Óseyrarbrú. Mælingar á Óseyrarbrú komu einna verst út.



Mynd 47 – Niðurstöður mælinga með göngujarðsjá á Óseyrarbrú.

Hemlunarviðnám

Hemlunarviðnámsmælingar á fjórum brúm voru framkvæmdar í lok ágúst 2024, einni brú í maí 2025 og einni í júní 2025 með skrikshjóla mælitæki Vegagerðarinnar. Niðurstöður þessara mælinga eru gefnar í töflu 17 og töflu 18. Þá eru fleiri myndir á niðurstöðum sýndar í viðauka 3.

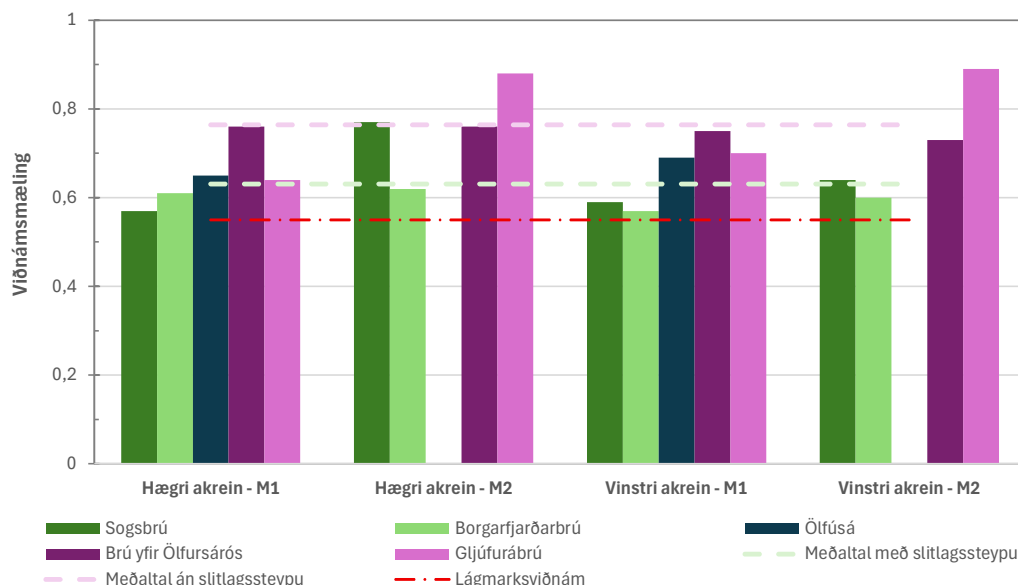
Almennt var hitastig við mælingar sambærilegt sem og hraði við mælingu, en einstaka mælingar eru gerðar við hraða undir 65 km/klst. Þetta á þó ekki við um Ölfusárbrú þar sem hraðinn er of lítill eða milli 40 og 50 km/klst. Almennt skal mæla við 70 km/klst $\pm$ 5 km/klst.

Tafla 17 – Meðaltal hemlunarviðnámsmælinga með skrikshjóli.

Brú	Dag- setning		Hægri akrein		Vinstri akrein	
			Mæling 1	Mæling 2	Mæling 1	Mæling 2
Sogsbrú Með slitlagssteypu	28. ágúst 2024	Staðsetning	Frá Ölfusi að Þrastalundi		Frá Þrastalundi að Ölfusi	
		Viðnámsmæling	0,57	0,77	0,59	0,64
		Hraði km/klst	65,9	67,8	65,2	62,6
		Lofthitastig (°C)	11,1	11,5	11,8	11,4
Óseyrabrú	28. ágúst 2024	Staðsetning	Frá Eyrarbakka að Þorlákshöfn		Frá Þorlákshöfn að Eyrarbakka	
		Viðnámsmæling	0,76	0,76	0,75	0,73
		Hraði km/klst	65,5	64,4	65,2	65,2
		Lofthitastig (°C)	12,2	12,4	11,7	12,1
Borgar- fjarðarbrú Með slitlagssteypu	29. ágúst 2024	Staðsetning	Frá Hafnarfjalli að Borgarnesi		Frá Borgarnesi að Hafnarfjalli	
		Viðnámsmæling	0,61	0,62	0,57	0,60
		Hraði km/klst	65,1	64,9	65,5	66,9
		Lofthitastig (°C)	12,2	11,6	13,0	12,4
Gljúfurábrú	29. ágúst 2024	Staðsetning	Frá Borgarnesi að Bifröst		Frá Bifröst að Borgarnesi	
		Viðnámsmæling	0,64	0,88	0,70	0,89
		Hraði (km/klst)	67,4	67,6	66,0	65,5
		Lofthitastig (°C)	14,2	14,1	14,1	13,9
Ölfusárbrú Með slitlagssteypu	23. maí 2025	Staðsetning	Frá austri til vesturs		Frá vestri til austurs	
		Viðnámsmæling	0,65	-	0,69	-
		Hraði (km/klst)	41,0	-	46,16	-
		Lofthitastig	-	-	-	-

Meðaltalsviðnám allra mælinga er aðeins hærra fyrir brýr þar sem keyrt er á burðarsteypu, borið saman við brýr þar sem keyrt er á slitlagssteypu (mynd 48). Hins vegar eru þetta bara 5 brýr, eða 2 án slitlagssteypu og 3 með slitlagssteypu og aldur slitlags breytilegur. Þá kemur enn fremur á óvart hversu mikill munur er á mælingu 1 og 2 á Gljúfurábrú sem og Sogsbrú, en einungis ein mæling var framkvæmd á Ölfusárbrú við of lítinn hraða.

Meðaltal allra þessar mælingar standast kröfur Vegagerðinnar um lágmarksviðnám, á útlögðu malbiki sé 0,55 mælt með veggripsmæli Vegagerðarinnar BV-11, skrikhjólsmælir eða sambærilegum mæli (Vegagerðin, 2024). Hins vegar er viðnám malbiks breytilegt, en eykst almennt fyrstu tvö árin meðan bindiefni í yfirborði veðrast og slípast en minnkar svo aftur þegar steinefnin sjálf byrja að slípast (Pavement Interactive, 2025). Þegar mælingar eru skoðaðar nánar kemur í ljós að á Borgarfjarðarbrú, sérstaklega á vinstri akrein (mæling 1) eru þó nokkuð um einstaka mælingar sem eru undir viðnámsgildi, enda er meðaltal mælinganna einungis 0,57. Hins vegar var mæling 2 mun betri þrátt fyrir að hraðinn væri meiri. Á Sogsbrúnni er sama upp á teningunum það er að einstaka mælingar á hægri akrein (mæling 1) eru undir viðmiðunar hemlunarviðnámi, en á Sogsbrúnni var mikill munur á mælingu 1 og 2. Til að sannreyna niðurstöðurnar þyrfti að mæla þessar brýr aftur.



Mynd 48 – Meðaltal hemlunarviðnámsmælinga fyrir brýr með og án slitlagssteypu.

Viðnámsmælingar hafa verið framkvæmdar á eins árs gamalli slitlagssteypu á Laxá í Leirársveit, (tafla 18). Þar sem brúin er ekki löng er erfitt að finna mælingar sem lenda á brúnni. Hins vegar virðist sem hemlunarviðnámið minnki þegar komið er inn á brúna eins og sjá má á myndum í viðauka 3. Því miður eru einungis mælipunktur með 10 m millibili, en sjá má að hægri akreinin virðist hafa betra hemlunarviðnám borið saman við vinstri akreinina þar sem einstakamælingar eru við lágmarksviðmiðunarmörkin 0,55 á útlögðu malbiki. Sumar heimildir benda á að viðnám kunni að aukast fyrstu tvö árin eins og bent er á hér að framan. En best væri ef hægt væri að endurtaka mælinguna eða skrifa mælinguna út þ.a. mælipunktur fáið á meters fresti eins og fyrir hinar brýrnar.

Tafla 18 – Niðurstöður hemlunarviðnámsmælinga á Laxá í Leirársveit.

	Hægri akrein, frá suðri til norðurs			Vinstri akrein, frá norðri til suðurs			
	Mæling 1	Mæling 2	Mæling 3	Mæling 1	Mæling 2	Mæling 3	Mæling 4
Viðnámsmæling	0,79	0,75	0,70	0,64	0,69	0,66	0,66
Hraði (km/klst)	65,2	63,4	68,2	66,7	61,3	62,9	62,2

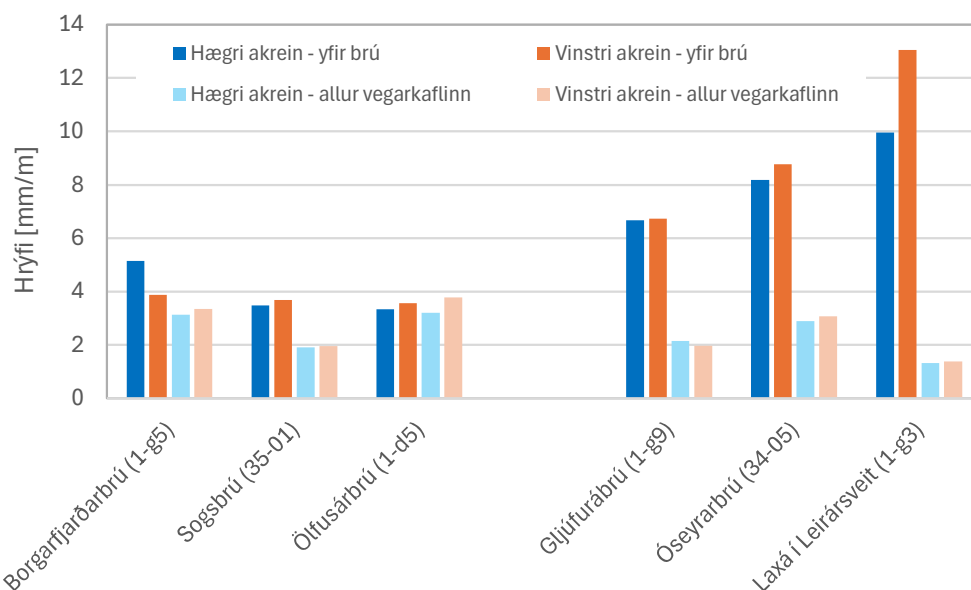
Hrýfi

Niðurstöður hrýfismælinga eru sýndar á mynd 49 sem meðaltal yfir 10 m. Frekari úrvinnslu má sjá í viðauka 4. Á myndunum eru stöðvar sýndar sem síðasti meter yfir tíu metra meðaltalið. Það getur verið erfitt að meta hvað sé ásættanlegt hrýfi, en höfundar hafa séð miðað við að hrýfi fari ekki yfir 4,0 mm/m á eldri malbikuðum vegum, en skv. Valgeiri S. Kárasyni eru ekki margir vegir sem fóru yfir það gildi 2011 (Valgeir Kárasyn, 2011). Í Efnisgæðariti Vegagerðarinnar er miðað við að hrýfið sé undir 2,0 mm/m í nýju malbiki (Vegagerðin, 2024).

Á Borgarfjarðarbrú eru þrjú mælingarbil á hægri akrein, hægra spori áberandi hærri heldur en aðrar mælingar á brúnni og eru þær allar á mörkum hafa, en ef þær eru ekki teknar með lækkar hrýfið niður í 3,75 mm/m sem er sambærilegt við aðrar mælingar á brúnni.

Á mynd 49 og í töflu 19 má sjá að hrýfi brúa með slitlagssteypu er mun minna heldur en brúa sem ekki eru með slitlagssteypu, en brýrnar sem eru vinstra megin eru með slitlagssteypu á meðan brýrnar sem eru hægra megin eru ekki með slitlagssteypu. Brýr með slitlagssteypu eru undir hrýfisgildi 4 mm/m á meðan brýr sem ekki eru með slitlagssteypu eru allar yfir þeim mörkum. Það vekur athlygi að slitlag á Gljúfurárbrú hefur lægra hrýfisgildi heldur en Óseyrarbrú og brú yfir Laxá í Leirársveit. Steinefnin í yfirborðinu eru núin eftir langa notkun.

Til samanburðar var einnig skoðað meðaltalshrýfi yfir allan vegakaflann, sjá töflu 20 og má þá sjá að mikill munur er á hrýfi á brúm sem ekki eru með slitlagssteypu borið saman við vegakaflann sem liggja að þeim.



Mynd 49 – Meðaltal hrýfismælinga í hægra spori, þar sem dekkri súlurnar eru meðaltal yfir brýrnar og meðan ljósari liturinn er meðaltal fyrir allan vegakaflann.

Ending brúargólfa með slitlagssteypu

Tafla 19 – Meðaltal hrýfismælinga á brúm mælt með veggreni.

Brú	Dagsetning		Hægri akrein		Vinstri akrein	
			Hægra spor	Vinstra spor	Hægra spor	Vinstra spor
Sogsbrú Með slitlagssteypu	8. mars 2023	Staðsetning	Frá Ölfusi að Þrastalundi		Frá Þrastalundi að Ölfusi	
		Hrýfi	3,49	-	3,69	-
Óseyrarbrú	25. júlí 2022	Staðsetning	Frá Eyrarbakka að Þorlákshöfn		Frá Þorlákshöfn að Eyrarbakka	
		Hrýfi	8,19	-	8,77	-
Borgar-fjarðarbrú Með slitlagssteypu	21. júní 2023	Staðsetning	Frá Hafnarfjalli að Borgarnesi		Frá Borgarnesi að Hafnarfjalli	
		Hrýfi	5,15	3,62	3,87	3,80
Gljúfurábrú	4. júlí 2022	Staðsetning	Frá Borgarnesi að Bifröst		Frá Bifröst að Borgarnesi	
		Hrýfi	6,68	-	6,73	-
Laxá í Leirársveit	21. júní 2023	Staðsetning	Frá suðri til norðurs		Frá norðri til suðurs	
		Hrýfi	9,95	9,62	13,05	11,7
			Mjög mikil munur á mælingum við Laxá			
Ölfusárbrú Með slitlagssteypu	6. maí 2020	Staðsetning	Frá austri til vesturs		Frá vestri til austurs	
		Hrýfi	3,34		3,56	

Tafla 20 - Meðaltals hrýfi yfir vegkaflana þar sem brýrnar sem eru til skoðunar eru.

Vegarkafli	Dagsetning		Hægri akrein		Vinstri akrein	
			Hægra spor	Vinstra spor	Hægra spor	Vinstra spor
35-01 Sogsbrú	8. mars 2023	Hrýfi	1,91		1,97	
Stærsti hluti Biskupstungnabrautar (35-01) er nýlega malbikaður um 7 km af heildarlengd 8,3 km						
34-05 Óseyrarbrú	25. júlí 2022	Hrýfi	2,89		3,07	
Vegurinn er með klæðingu						
1-g5 Borgarfjarðarbrú	21. júní 2023	Hrýfi	3,13	2,98	3,35	3,27
Þessi vegarkafli er stuttur (2480 m) og malbikaður utan brúargólfsins						
1-g9 Gljúfurábrú	4. júlí 2022	Hrýfi	2,16		1,98	
Vegurinn er klæddur, og að hluta til með sementsstyrktu burðarlagi						
1-g3 Laxá í Leirársveit	21. júní 2023	Hrýfi	1,33	1,41	1,39	1,42
Vegurinn er á leiðinni milli Reykjavíkur og Borgarness og er því malbikaður						
1-d5 Ölfusárbrú	6. maí 2020	Hrýfi	3,21		3,79	
Hringvegur 1-g5 um Selfoss er malbikaður						

Lokaorð

Í þessu verkefni hafa þrjár brýr á Vesturlandi verið skoðaðar; Laxá í Leirársveit, Borgarfjarðarbrú og Gljúfurá, þrjár brýr á Suðurlandi; Sogsbrú, Ölfusárbrú og Óseyrarbrú og auk þess lauslega þrjár brýr á Vestfjörðum yfir Hattardalsá, Bjarnardalsá og Botnsá. Þessar brýr hafa ýmist sérstaka slitlagssteypu eða að keyrt er á burðarsteypunni. Meginmarkmið verkefnisins var að bera saman ástand yfirborðs nokkurra brúa með slitlagssteypu sem og burðarsteypu (þ.e. ekki sérstakri slitlagssteypu). Til þess að gera það hefur brúnum verið lýst, viðhaldssaga þeirra tekin saman og umfang viðhaldsaðgerðanna, hjólför skoðuð með réttsskeið sem og leysimælingum, hemlunarviðnámi og hrýfi yfirborðanna tekið saman. Ástand brúaryfirborðanna var einnig metið með sjónmati með tilliti til sléttleika, aksturstillfinningar og sprungumyndanna.

Til stóð að meta einnig steypuhulu og bindingu á milli slitlags og burðarsteypu brúa með jarðsjármælingum, og brýrnar því mældar með nýju handtæki Vegagerðarinnar. Eins og fram kemur hér að framan hentaði búnaðurinn því miður ekki nægjanlega vel til þess. Hægt var að sjá járnagrindina, en nákvæmni mælinganna var ekki með því móti að hægt væri að staðfesta steypuhulu. Þá var tíðnin þannig að holrými og skil á milli burðar- og slitlagssteypu voru ekki greinileg.

Almennt er nokkur munur á milli þessara brúa en tilfinning höfunda er að:

- Gljúfurá sé sýnilega með óslétt og afar slitið yfirborð og óþægileg að aka yfir, enda byggð 1962 og aðeins minni háttar viðgerðir sýnilegar í yfirborðinu – malbiksblettir hér og þar.
- Borgarfjarðarbrú hefur ekki sýnilegar misfellur og þægilegt að aka yfir hana að þenslulistum undanskildum.
- Laxá í Leirársveit var sýnilega orðin mikið slitin og það mátti merkja í akstri yfir hana. Viðgerð fór fram haustið 2024, sem tókst mjög vel og sléttleiki orðin til fyrirmyndar.
- Óseyrarbrú er sýnilega bylgjótt og frekar óþægilegt að aka yfir hana.
- Ölfusárbrú hefur slétt yfirborð og þægilegt að aka yfir hana frá því sjónarmiði, en hún er þröng eða ~ 6,1 m og afar mikil umferð á henni í álagspunktum.
- Sogsbrú hefur heppnast nokkuð vel og þægilegt að aka yfir hana.
- Hattardalsá, Bjarnadalsá, Botnsá eiga það sameiginlegt að vera frekar stuttar brýr með slétt yfirborð, en sérstakt steipt slitlag var lagt á þær með því að nota hæðarpunkta, réttsskeið og stóran spaða til þess að glatta yfirborðið.

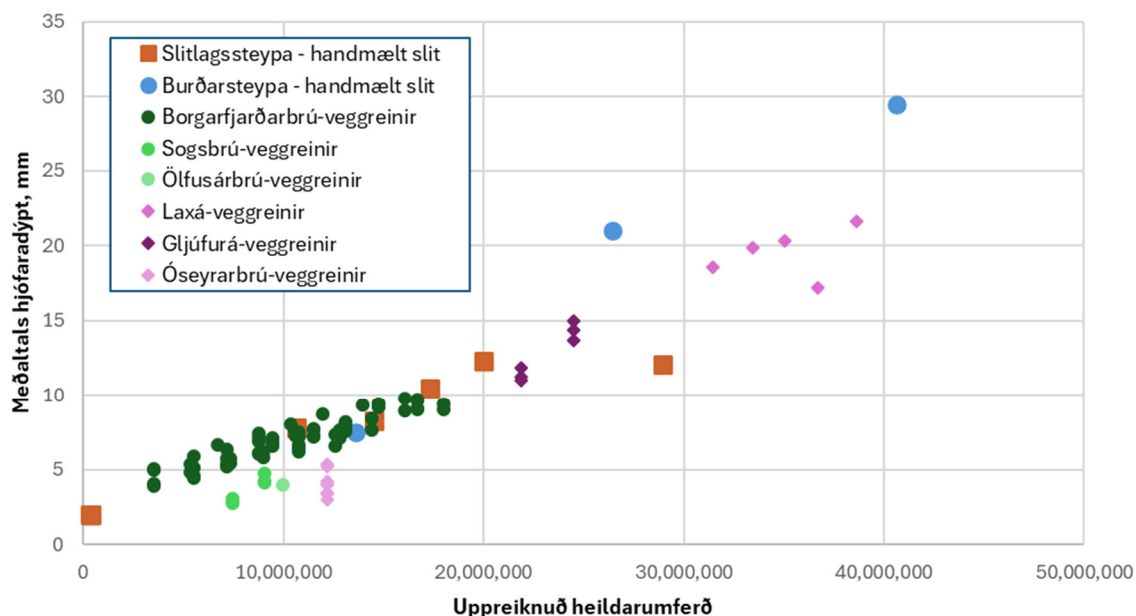
Brýr þar sem ekið er á burðarsteypu, bornar saman við brýr með sérstakri slitlagssteypu hafa svipað upphafsslit, þ.e.a.s. um 7 – 8 mm slit myndast við tiltölulega litla umferð. Þó verður að hafa í huga takmarkaðan fjölda brúa sem var til skoðunar sem og steypugæði í eldri brúm. Síðan er slit á brúargólfi með burðarsteypu (ekið á efsta hluta burðarsteypu brúar) háð umferðarmagninu. Þeim mun meiri umferð þeim mun meira slit. Þessu virðist öðruvísi farið í sérstökum slitlögum. Gögnin benda til þess að þegar um 12 mm sliti er náð, dragi verulega úr sliti á sérstöku slitlagi. Framan af er slitið frekar mikið vegna þess að sementsríkt lag í yfirborði er ekki sérlega slitþolið. Þegar komið er niður á um 7 mm dýpi hefur magn sementsefju minnkað og slitsterku steinefnin eru farin að hafa áhrif á slitið til minnkunar og þegar komið er niður á um 12 mm dýpi stjórna steinefnin alfarið slitinu. Á þessu grundvallast munurinn á sliti burðarsteypu brúar og sérstakri slitlagssteypu á yfirborð brúar.

Aðrir þættir en umferðarmagn hafa áhrif á vegslit. Þættir eins og umferðarhraði, breidd akreina, sumardekk/nagladekk o.fl. þ.h. eru ekki síður mikilvægir. Svo heildstæð mynd fái af eðli slits í steiptum slitlögum þarf að rannsaka alla þessa samverkandi þætti.

Nokkur munur var á hjólfaramælingum unnum með réttsskeið og svo með leysimælingum á veggreiði (Mynd 50), en hafa verður í huga að reiknað hjólfar með leysimælingum er gert með víraaðferð eins og list er hér að framan auk þess sem mælingar eru einungis með 15 mm nákvæmni undir miðjum leysi. Mælingar virðast gefa til kynna að slit slitlagssteypu fletjist út og dragi úr hraða slitsins eftir

ákveðinn tíma, en hins vegar verður að mæla áfram þar sem uppreiknuð heildarumferð brúa með slitlagssteypu er ekki orðin eins mikil og heildarumferð um brýr þar sem keyrt er á burðarsteypunni.

Samanburður á handmældu sliti og mælingum með veggreini



Mynd 50 - Samanburður á slitmælingum með réttkeið og hjólfaramyndum mælt með veggreini.

Hemlunarviðnámsmælingar voru framkvæmdar á öllum brúm í verkefninu. Líklega er viðnám yfirborðsins háð steypugerðinni (gerð og uppruna steinefna, sementsmagni og gerð/magni íauka). Meðaltal allra mælinga sem gerðar voru standast kröfur um lágmarksviðnám á útlögðu malbiki sé 0,55. Niðurstöðurnar gefa til kynna að hemlunarviðnám brúa sem ekki eru með sérstaka slitlagssteypu sé hærra í samanburði við brýr með sérstaka slitlagssteypu. Hins vegar er því öfugt farið með hrýfi, en hrýfi brúa sem ekki eru með sérstaka slitlagssteypu er mun hærra og yfir viðmiðunarmörkum á meðan meðaltal hrýfismælingar fyrir brýr með sérstaka slitlagssteypu er undir viðmiðunarmörkum hrýfis.

Í verkefninu hefur fjöldi mælinga verið framkvæmdur og unnið hefur verið úr niðurstöðum að miklum metnaði, en í einhverjum tilvikum var mælihugbúnaðurinn ekki nægjanlega öflugur. Áhugaverðasta niðurstaðan snýr að sliti, þ.e. mælingar benda til þess að það dragi úr aukningu hjólfaradýptar í slitlagasteypu, þegar ákveðinni dýpt er náð eins og að framan segir. Niðurstaðan styður við mat hópsins um hagkvæmni sérstakra slitlaga, en sérstakt slitlag ver einnig undirliggjandi burðarsteypu, járnþendingu og kapla. Í dag er gjarnan rætt um innviðaskuld og líkur benda til þess að með því að nota sérstaka slitlagasteypu í mun meira mæli en nú er gert megi draga úr framtíðar innviðaskuldum.

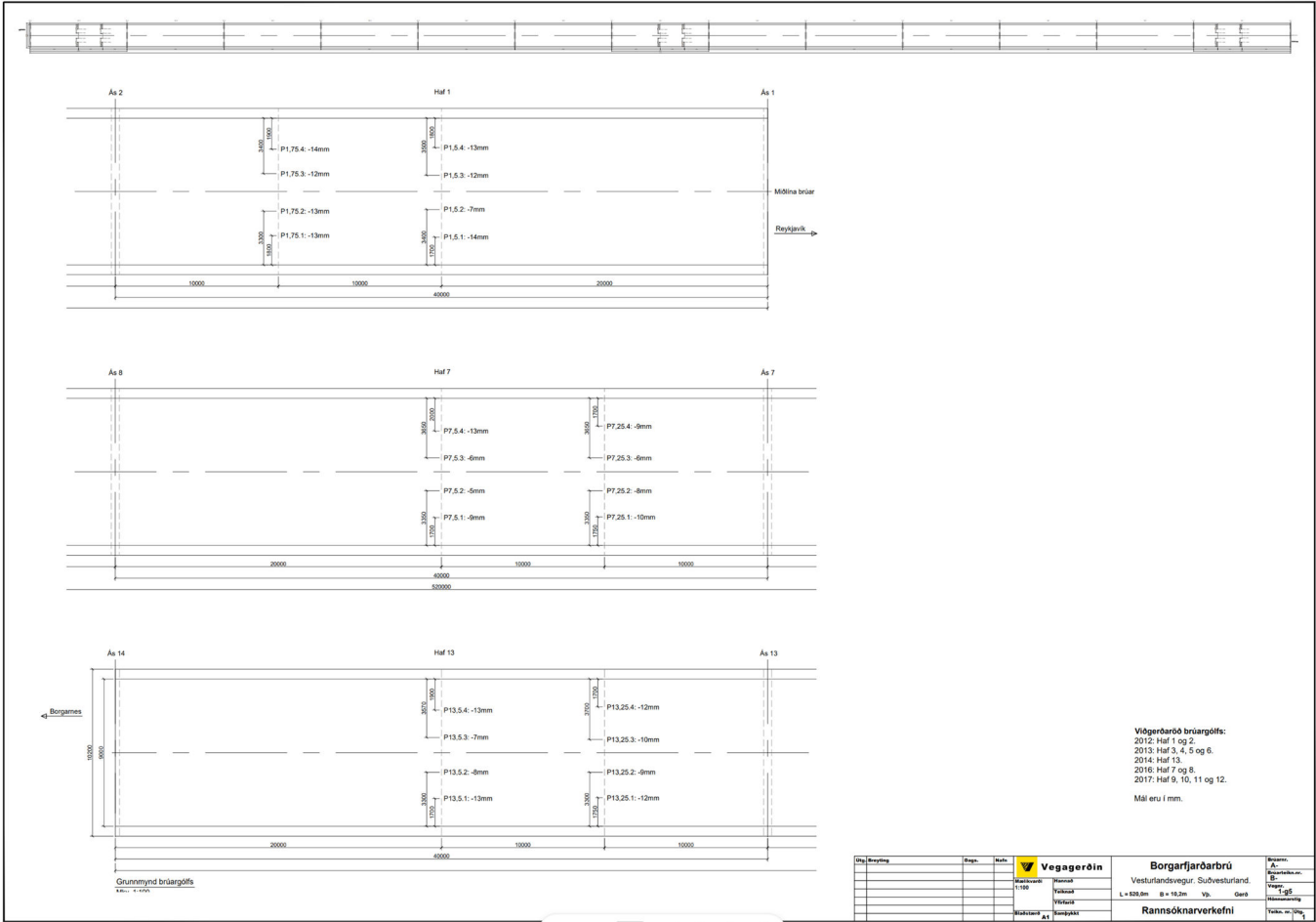
Æskilegt framhald verkefnis væri að taka saman viðhaldskostnað og skoða m.t.t. slits á yfirborði, halda áfram mælingum á slitlagi, sérstaklega þar sem er mikil umferð þ.e. þar sem heildarumferðin er mikil og stækka úrtakið með því að skoða fleiri brýr en það myndi styrkja niðurstöðurnar. Þá væri spennandi að skoða sprungumyndun með hljóðgeislasmælingum yfir sprungur og fá jarðsjármælingar með sérhæfðari brúarsjá.

Heimildaskrá

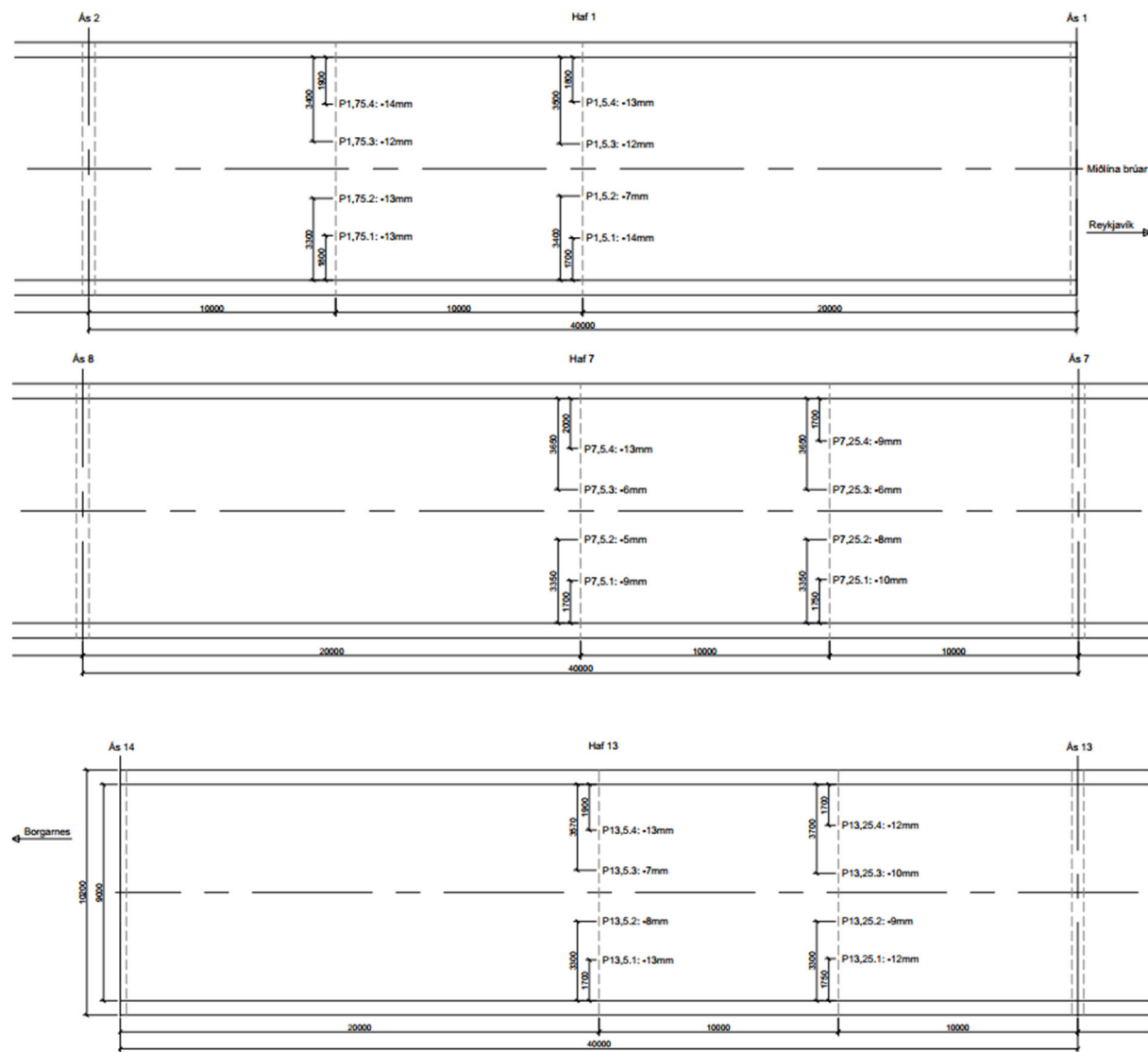
- Auður Póra Árnadóttir, Björn Jónsson, Hanna Sóley Guðmundsdóttir, Hersir Gíslason, Oddur Jónsson, Sverrir Örvar Sverrisson og Þorbjörg Sævarsdóttir (2021). *Notkun gagna úr veggreini Vegagerðarinnar í umferðaröryggisstjórnun, Rannsóknarverkefni*. Vegagerðin.
- Geophysical (2025). Explore Our Range of Products. Geophysical Survey Systems, Inc <https://www.geophysical.com/products>
- Geolitix (2025). *GPR Data Processing*. Geolitix Technologies Inc., <https://geolitix.com/learn/gpr-data-processing>
- Gísli Guðmundsson, Helgi S. Ólafsson, Kjartan B. Kristjánsson, Gylfi Sigurðsson, Ólafur H. Wallevik (2022) *Slitpolin hástyrkleikasteypa. 50 mm lag á brýr – þróun og blöndun – framhald*. Vegagerðin, 15 bls.
- Hallvarður Vignisson (2019). *Hemlunarviðnám, skilgreiningar og aðgerðir, Rannsóknarverkefni*. Hnit Verkfræðistofa.
- Helgi S. Ólafsson, Gylfi Sigurðsson (2017) *Yfirborð brúa - Rannsóknarverkefni*. Vegagerðin, 51 bls.
- Magnús Halldórsson (2021) *Notkun jarðsjár til að meta ástand brúa*. 24 ETCS ritgerð til BSc í byggingartæknifræði við HR, 62 bls.
- Ólafur H. Wallevik, Björn Hjartarson, Valgeir Ólafur Flosason, Jón E. Wallevik, Haraldur Kr. Haraldsson (2017). *Steypt slitlög á brýr og Togpol slitsterkrar hástyrkleikasteypu í slitlagi brúa*. Nýsköpunarmiðstöð Íslands, NMÍ17-04, 45 bls.
- Ólafur H. Wallevik, Björn Hjartarson, Valgeir Ólafur Flosason, Haraldur Kr. Haraldsson (2019). *Steypt 40-50 mm slitlag á brýr*. Nýsköpunarmiðstöð Íslands, NMÍ17-07, 13 bls.
- Ólafur H. Wallevik, Helgi S. Ólafsson, Kjartan B. Kristjánsson, Björn Hjartarson, Gísli Guðmundsson, Gylfi Sigurðsson, Ragnar Sigurðsson (2021). *Slitpolið hástyrkleikasteyp 50 mm lag á brýr – þróun og blöndun*. Nýsköpunarmiðstöð Íslands, 33 bls.
- Pavement Interactive (2025). *Skid Resistance*. Pavement Interactive, <https://pavementinteractive.org>.
- Radarteam (2025). *Covra CBD, Wireless GPR*. Radarteam Sweden ab. http://www.radarteam.se/COBRA_WIRELESS_GPR_web.pdf
- Roadscanners (2025). Road Doctor User´s Guide V.3.7. RoadScanners, Finnlandi.
- Stanlay (2025). IDS RIS - Hi Bright. Stanlay, <https://www.stanlay.in/ground-penetrating-radars-equipment/ris-hibright-bridge-inspection-gpr/ris-hi-bright/>
- Valgeir S. Kárason (2011). *Rannsókn á þróun hrýfi / sléttleika nýbygginga og festunar*, rannsóknarverkefni. Vegagerðin.
- Vegagerðin (2024). *Efnisgæðaritið*. Vegagerðin.
- Vegagerðin (2022). *Mæla hemlunarviðnám á nýju malbiki*. Vegagerðin, <https://www.vegagerdin.is/vegagerdin/starfsemi/frettir/maela-hemlunarvidnam-a-nyju-malbiki>
- Vegagerðin (2020). *Framkvæmdafréttir*, 12. október 2020 – nr. 706, 6.tölublað – 28.árgangur.

Viðauki 1 – Brúarteikningar

Borgarfjarðarbrú



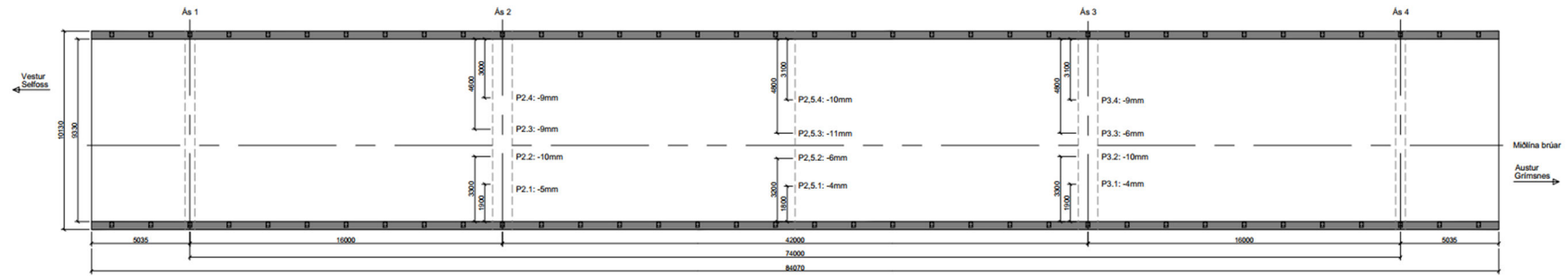
Ending brúargólfa með slitlagssteypu



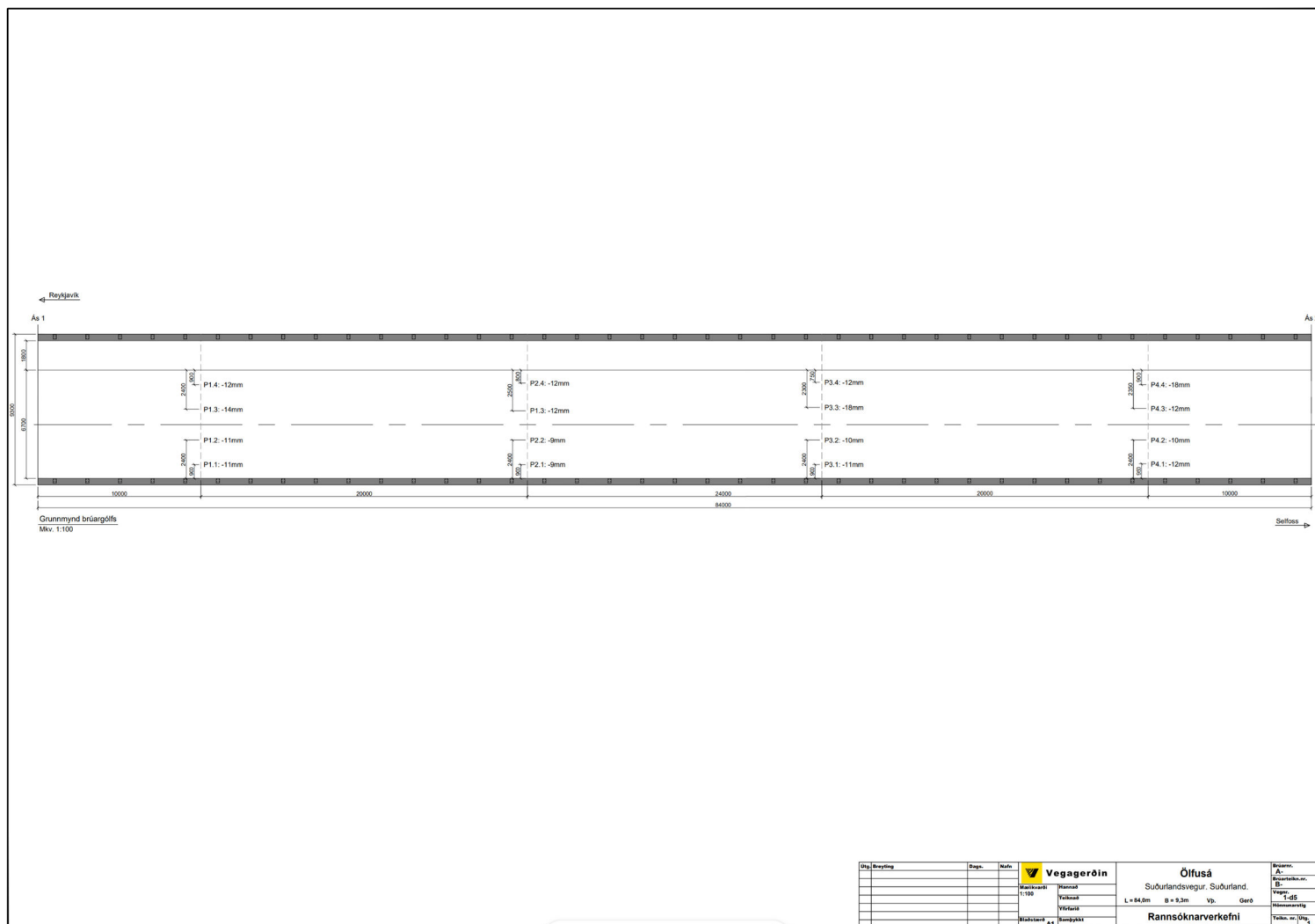
Sogsbrú



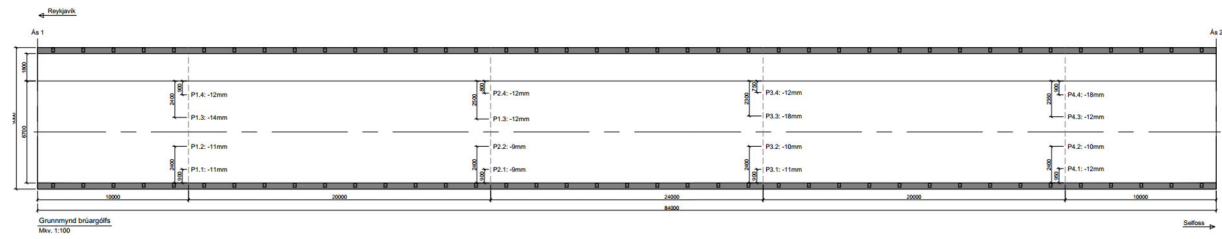
Ending brúargólfa með slitlagssteypu



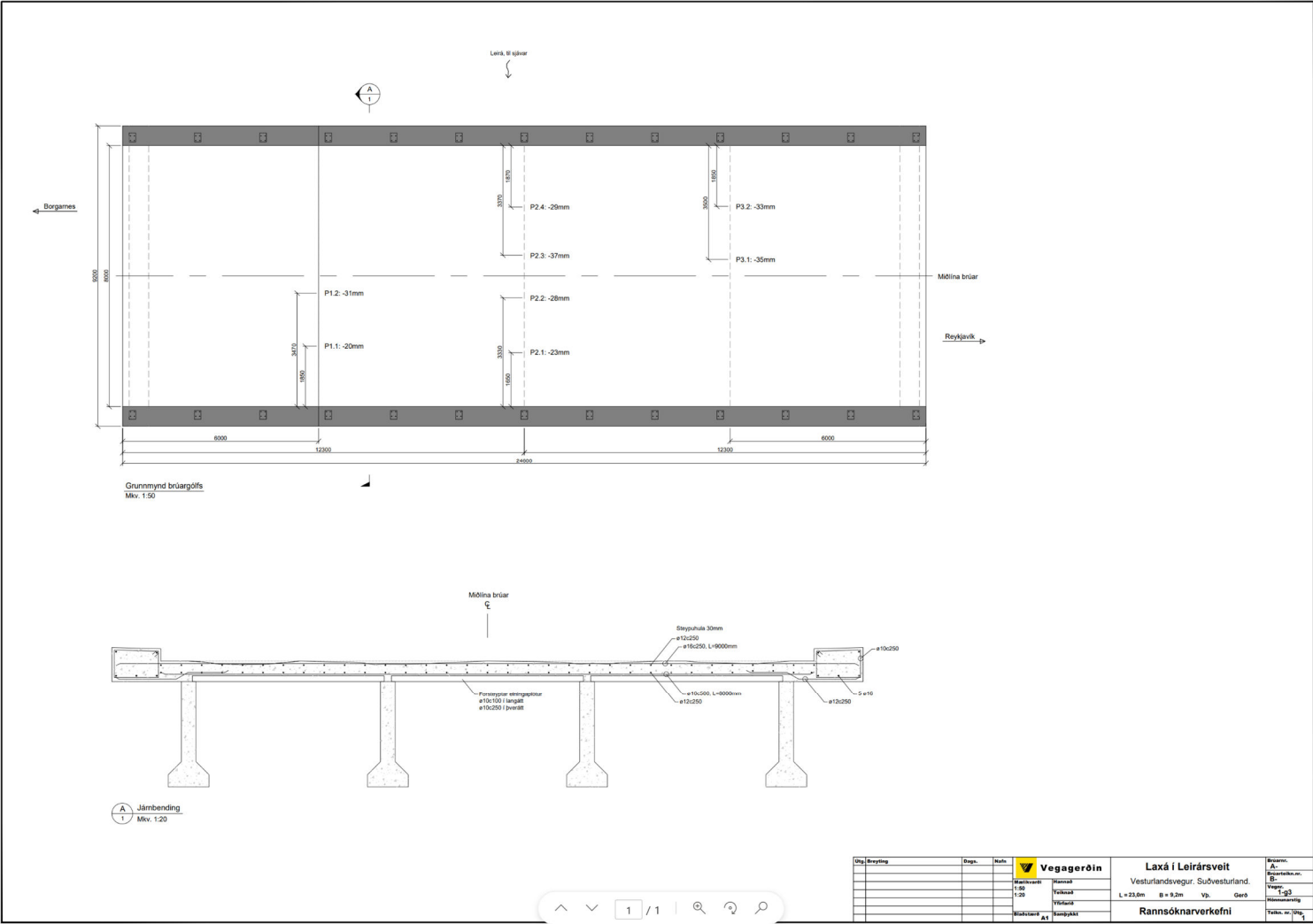
Ölfusárbrú



Ending brúargólfa með slitlagssteypu

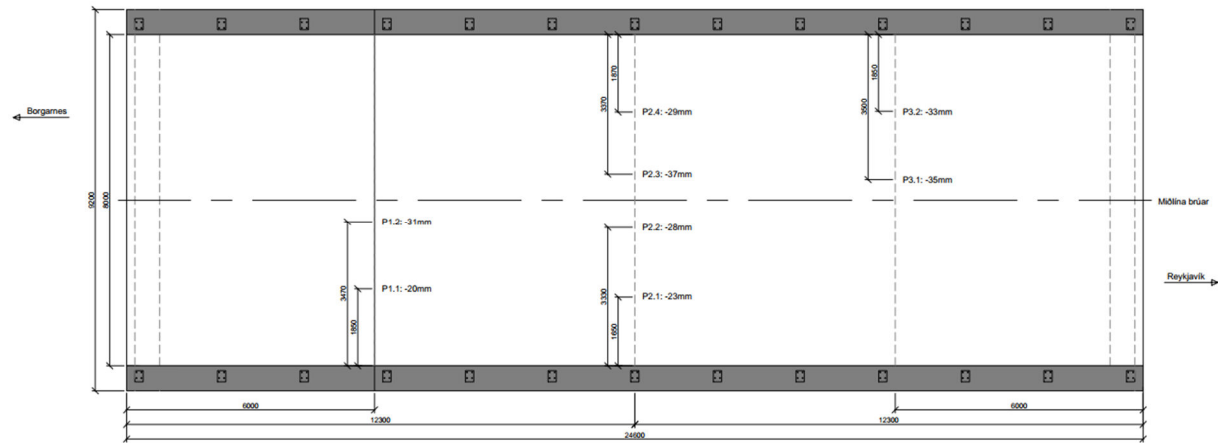


Laxá í Leirársveit

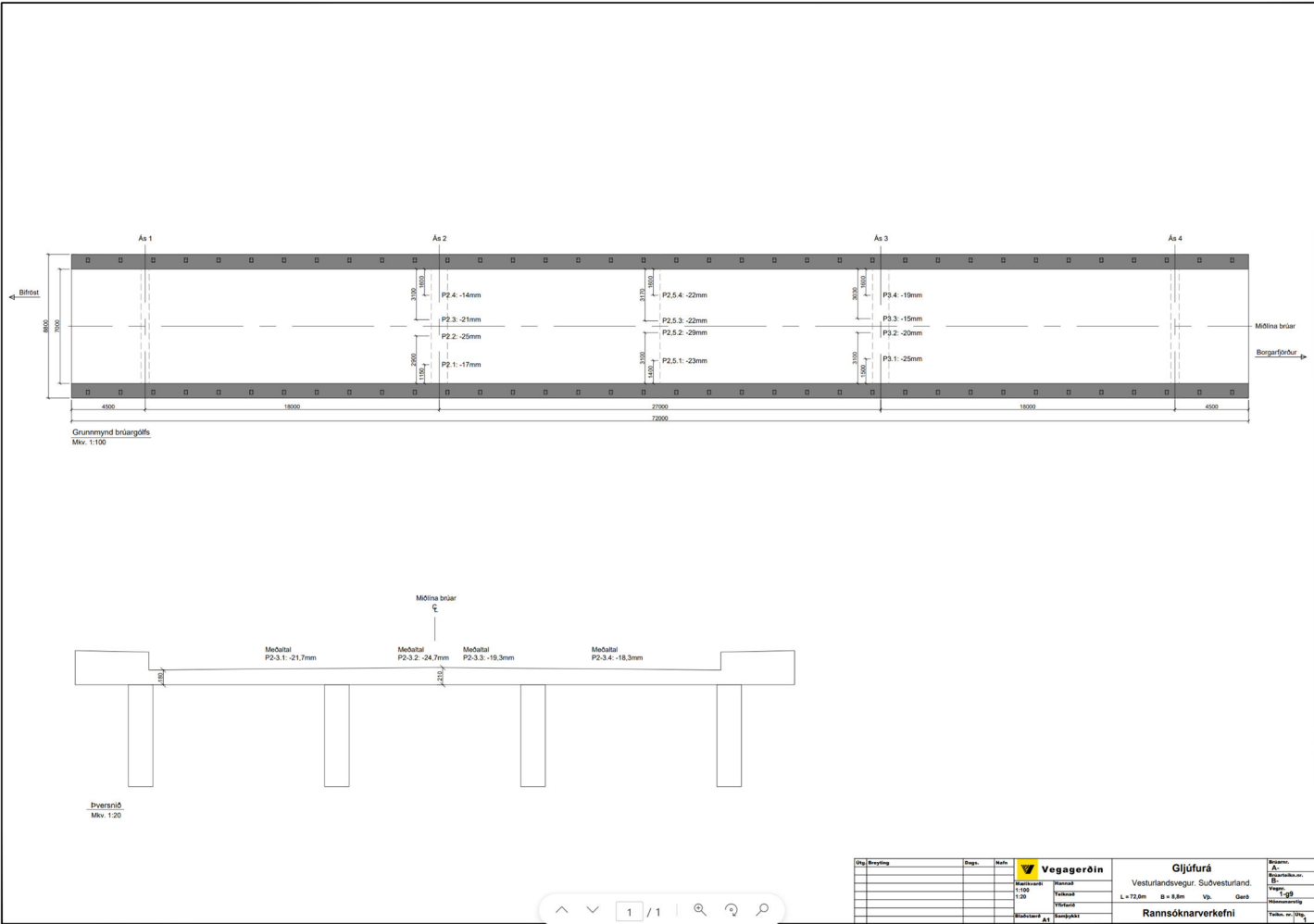


Öng./Breyting	Dag.	Nafn	 Vegagerðin	Laxá í Leirársveit	Búnaðar- A- Búnaðarv. n. B- Veg- Tg3
			Machgarði	Hannad	
			1:50	Teknað	L = 23,0m B = 9,2m Vp. Gerð
			1:20	Vicfað	Hönnunartíð
					Tekn. nr. 1985
			Einliðar	Sambýkkt	
			A1		

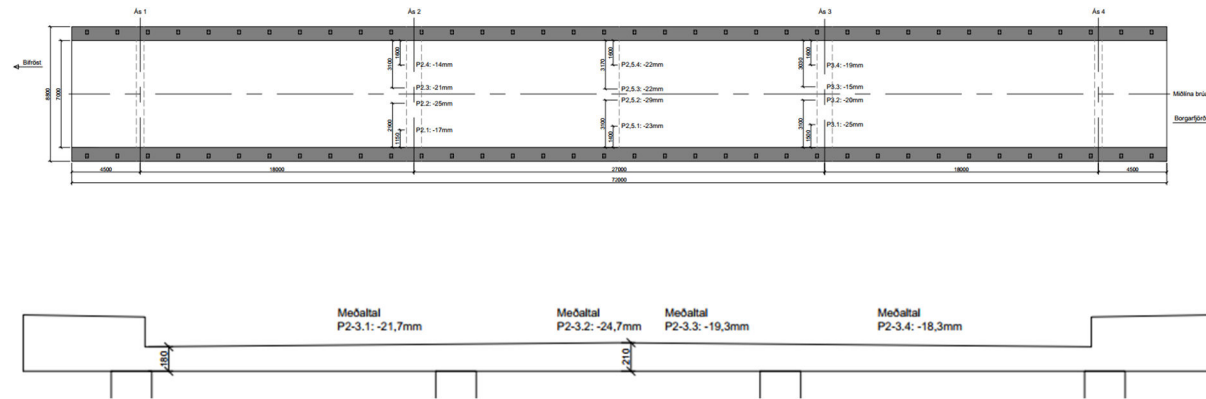
Ending brúargólfa með slitlagssteypu



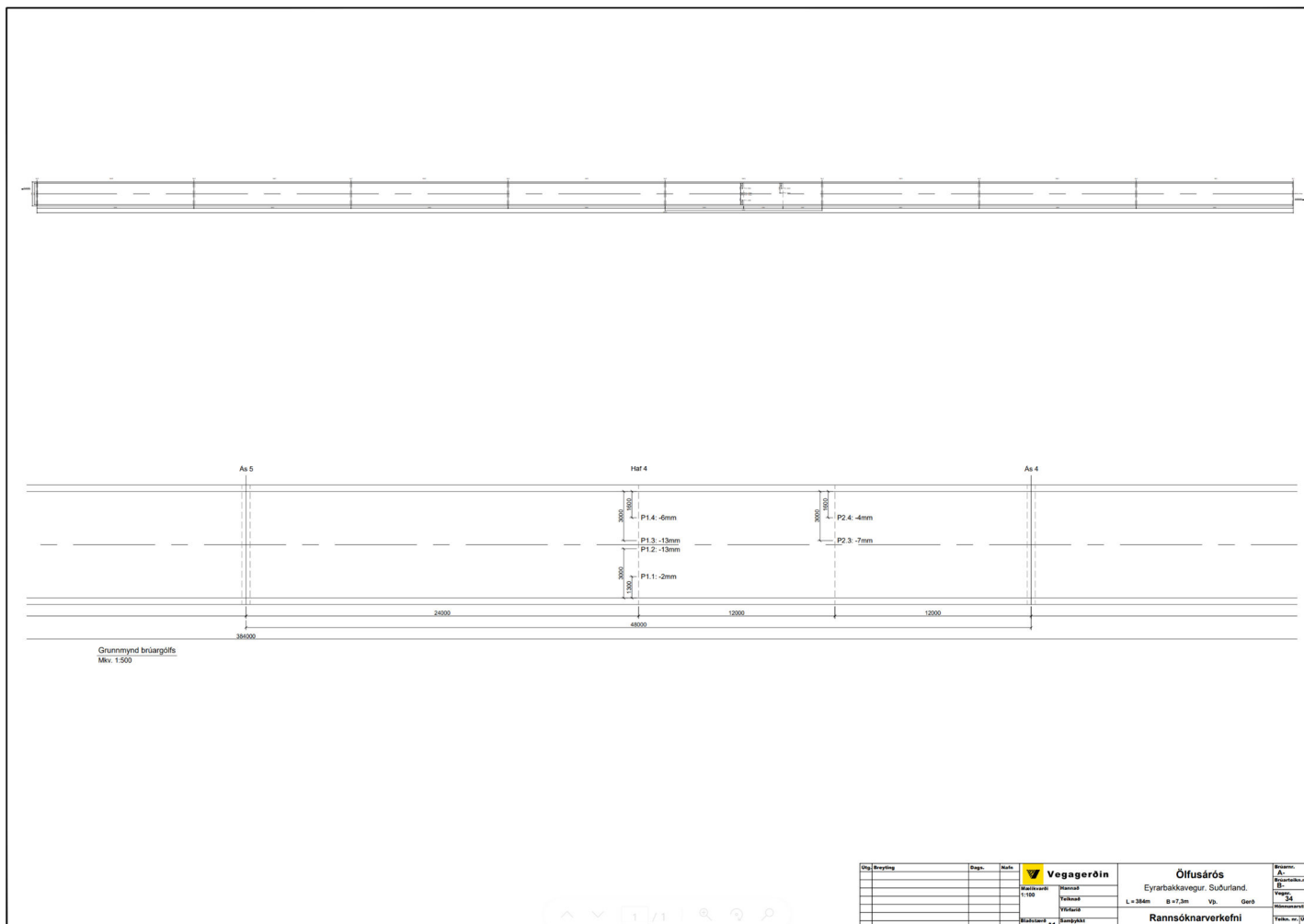
Gljúfurá



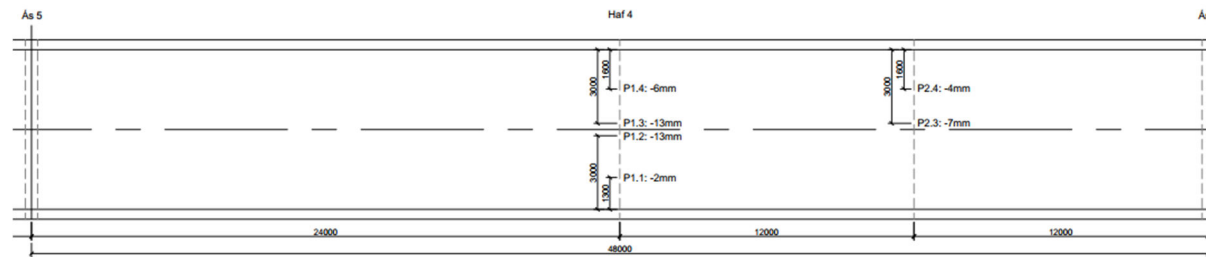
Ending brúargólfa með slitlagssteypu



Óseyrarbrú

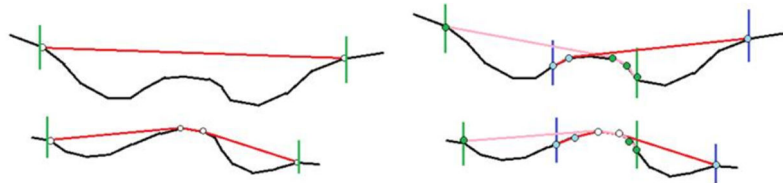


Ending brúargólfu með slitlagssteypu



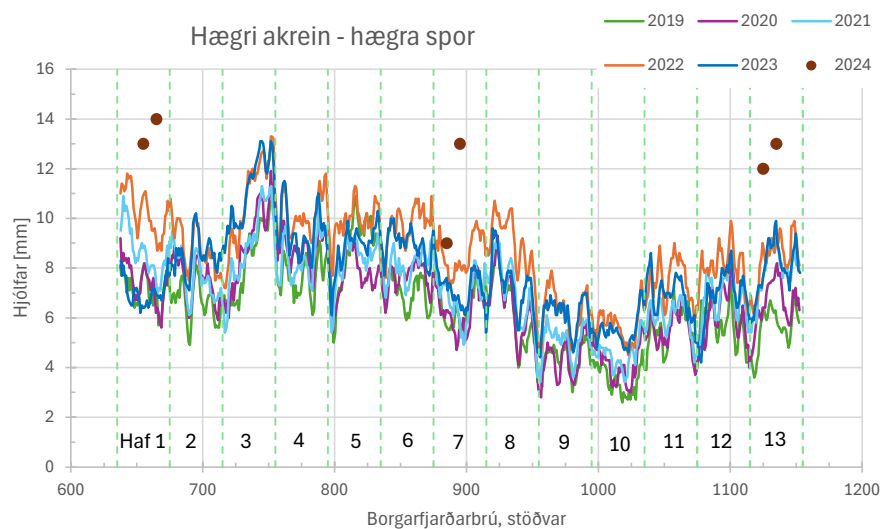
Viðauki 2 – Hjólfaramælingar með vegggreini

Fyrst eru sýndar myndir þar sem búið er að teikna upp mælt hjólfar eftir lengd brúa sem og punktar sem sýna punktmælingar með réttsskeið frá sumrinu 2024. Þá er einnig búið að taka saman meðaltalsmælingar fyrir hægra og vinstra hjólfar sem og fyrir hægra og vinstra spor innan hjólfara. Þá er einnig búið að taka saman meðaltal fyrir öll sporin í viðkomandi sniði til að reyna að átta okkur betur á þróun hjólfaranna. Hafa verður í huga þegar mælingarnar eru skoðaðar hvernig hjólfar er mælt sem og nákvæmni mælinganna undir miðjum leysi er 1,5 mm eins og fram kemur í kafla um búnað vegggreinisins.

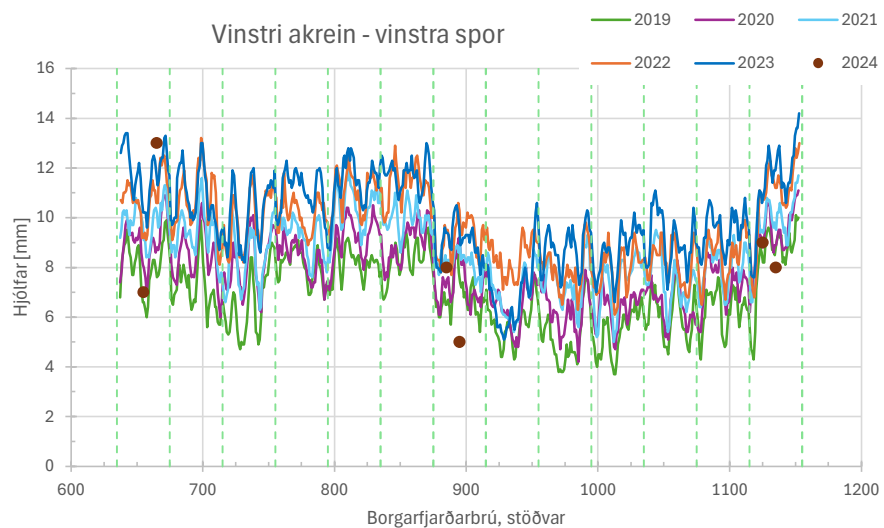
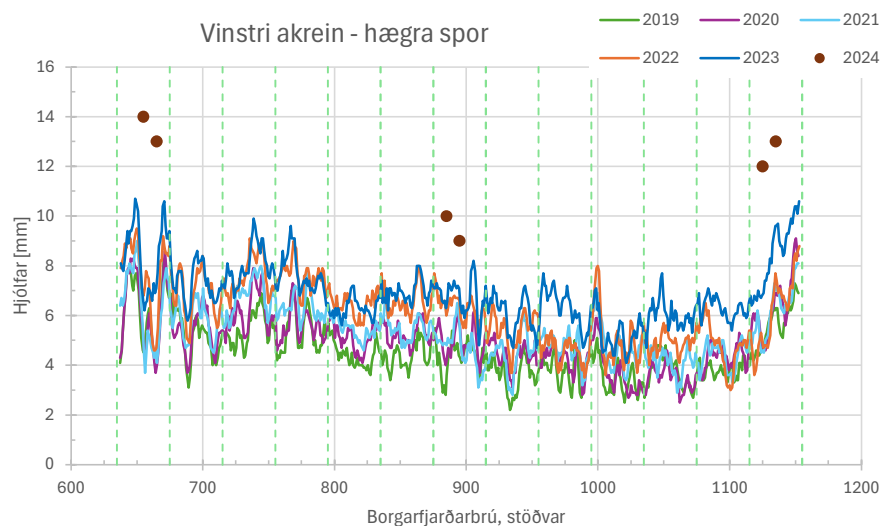
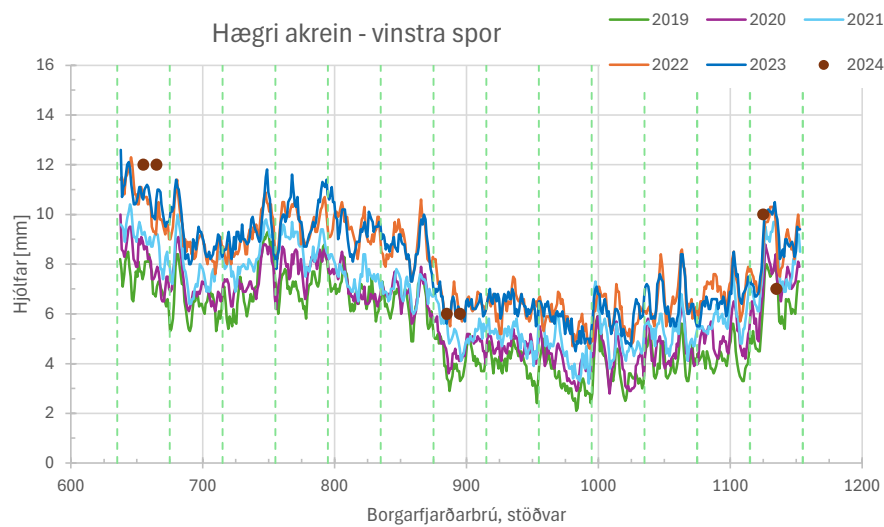


Víraaðferðin var notið til að reikna hjólförin þar sem vinstri myndirnar sýna hvernig endar eru fundnir og flatarmálið á milli þeirra er fundið, en myndirnar til hægri sýna hvernig aðferðin er notuð til að skoða hvert spor fyrir sig (Roadscanners, 2025).

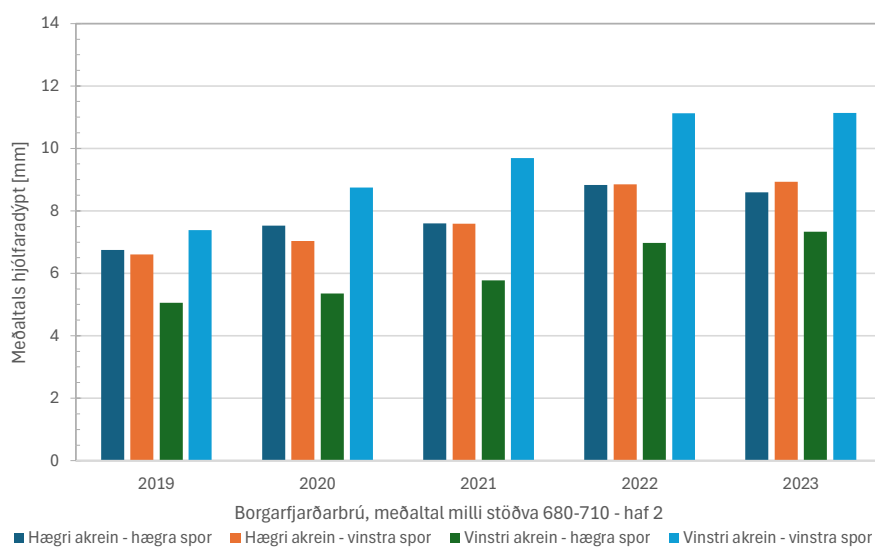
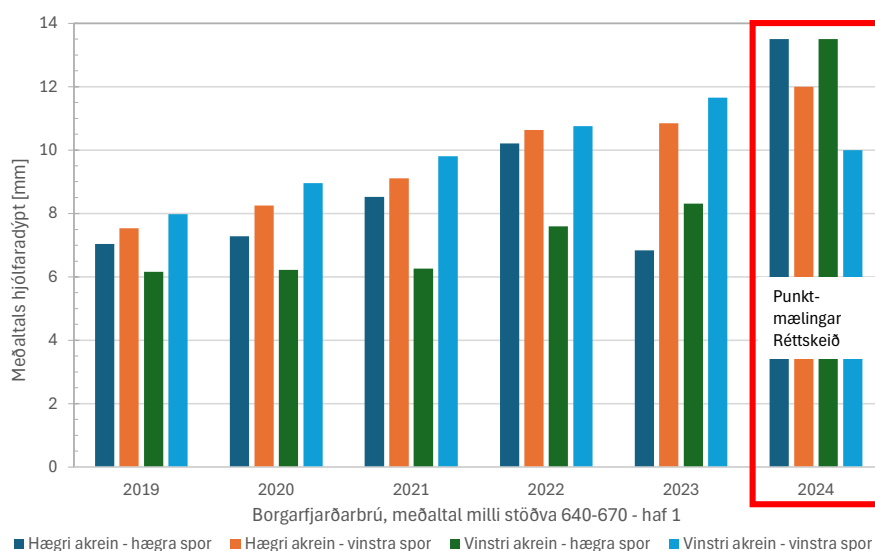
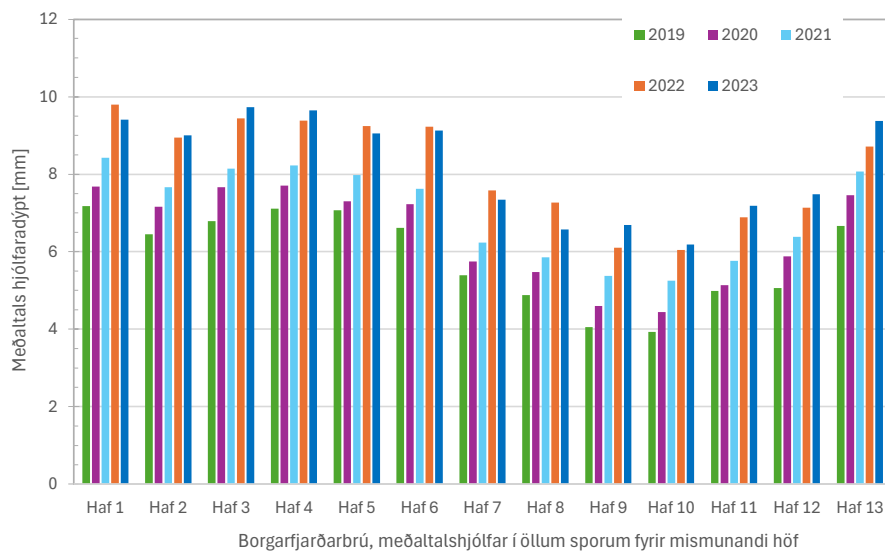
Borgarfjarðarbrú



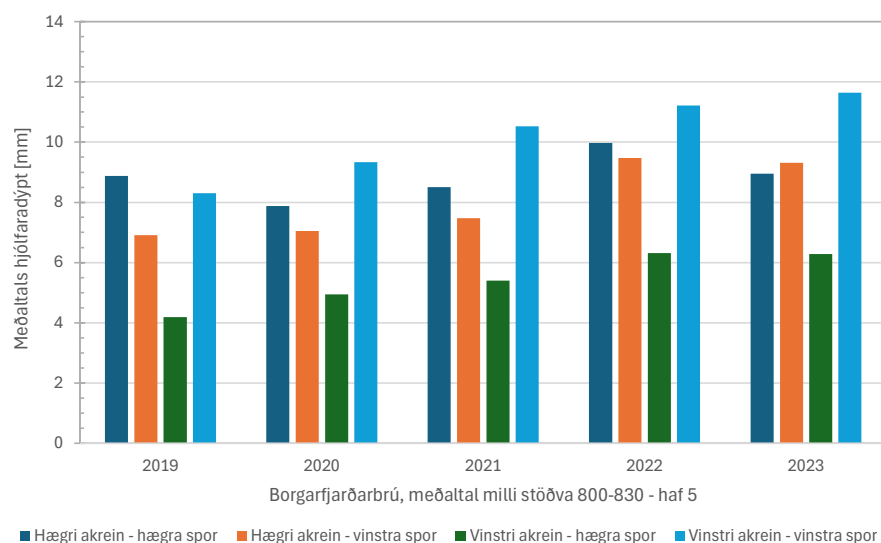
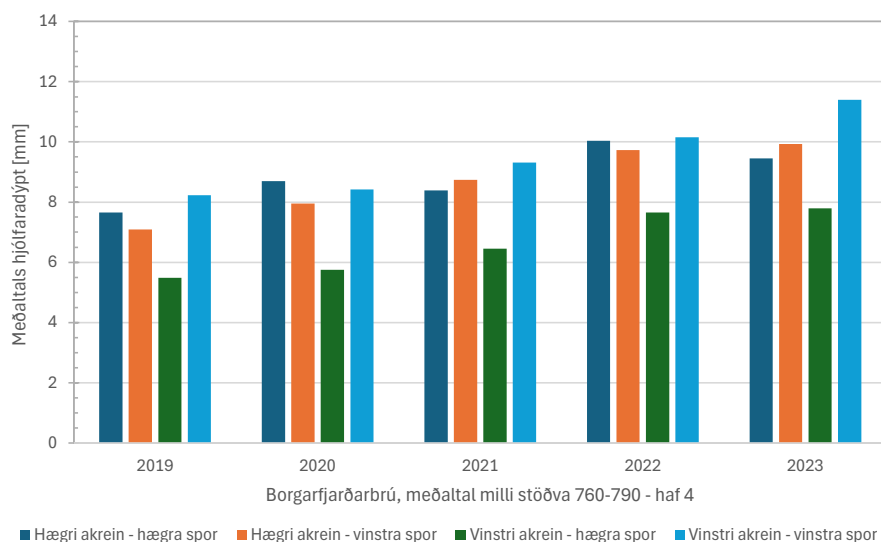
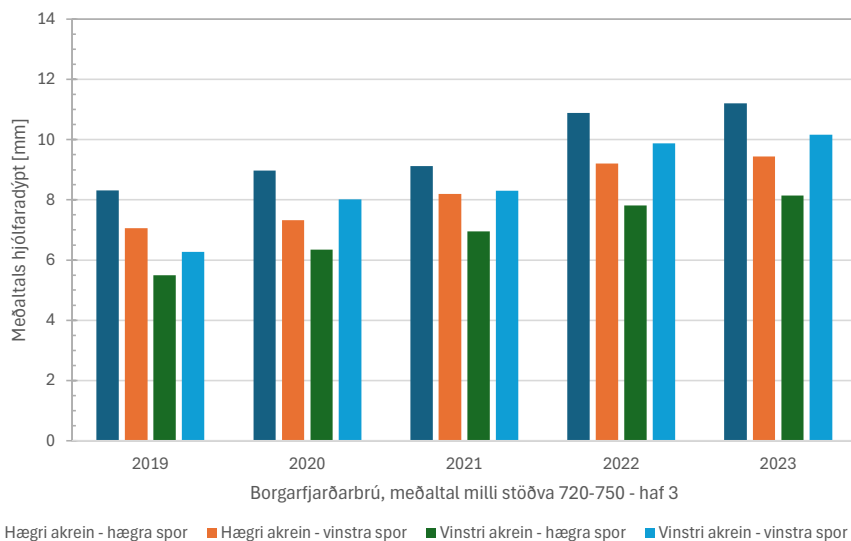
Ending brúargólfa með slitlagssteypu



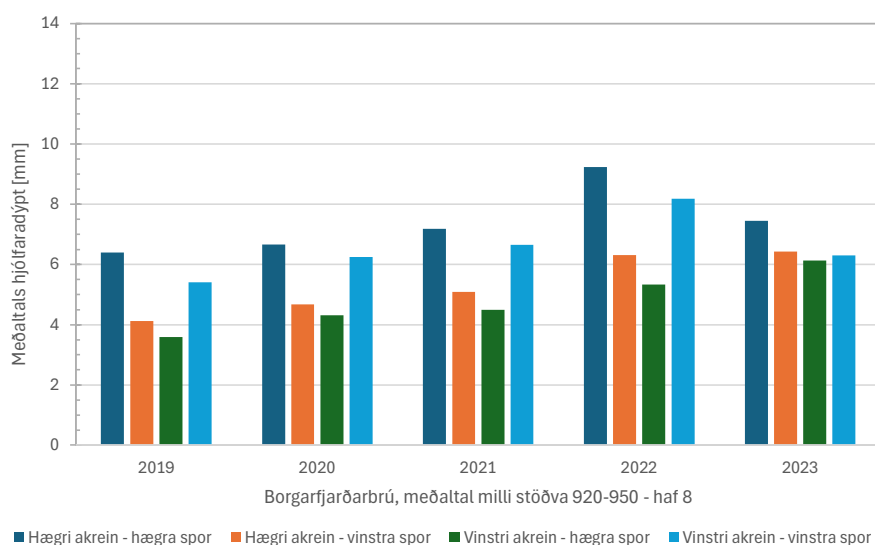
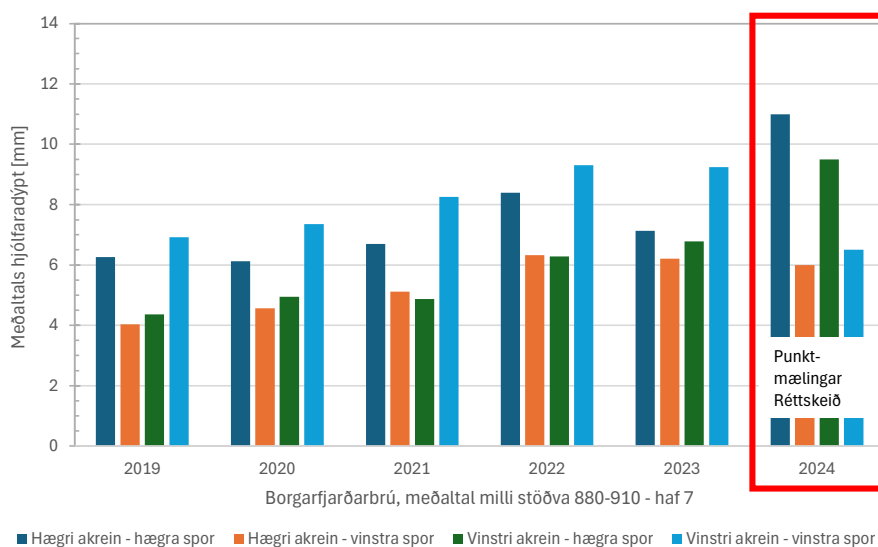
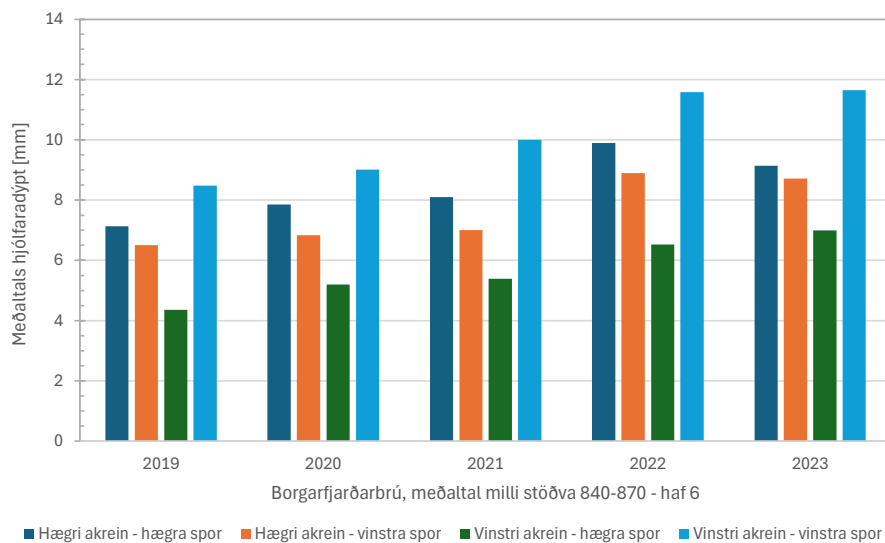
Ending brúargólfa með slitlagssteypu



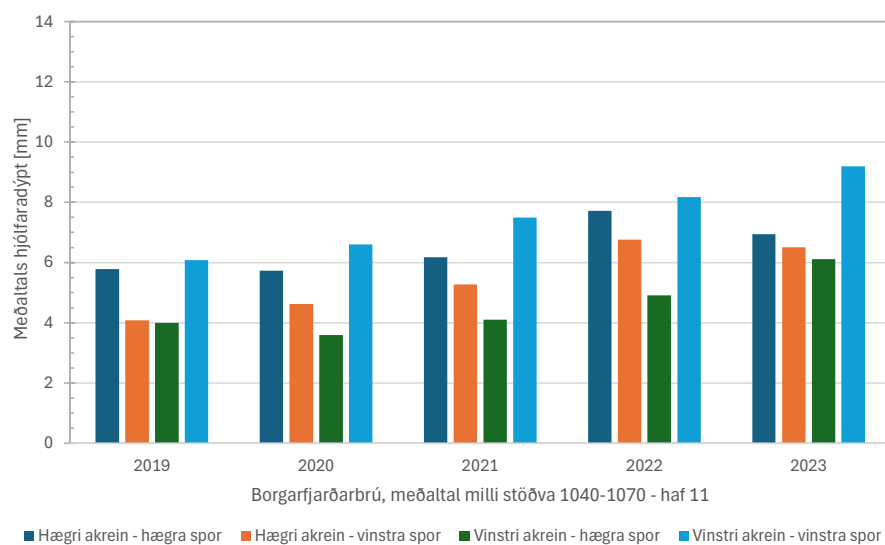
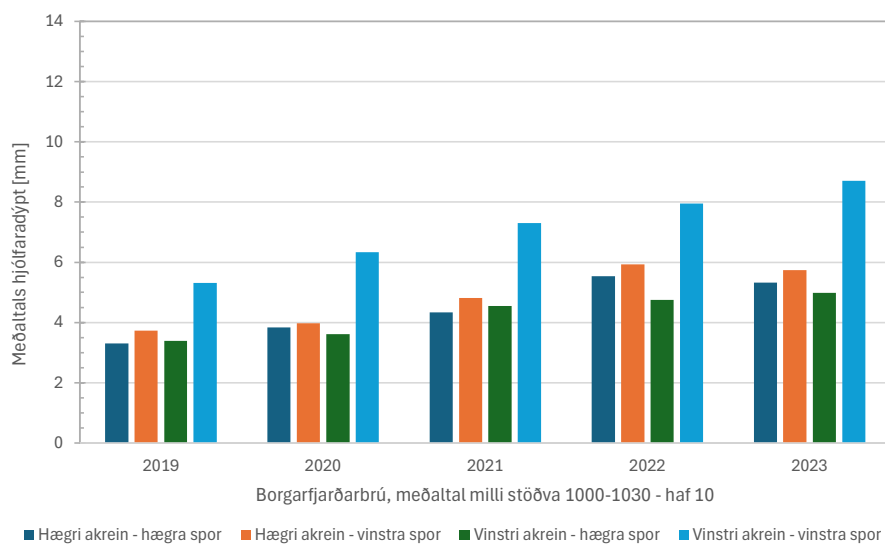
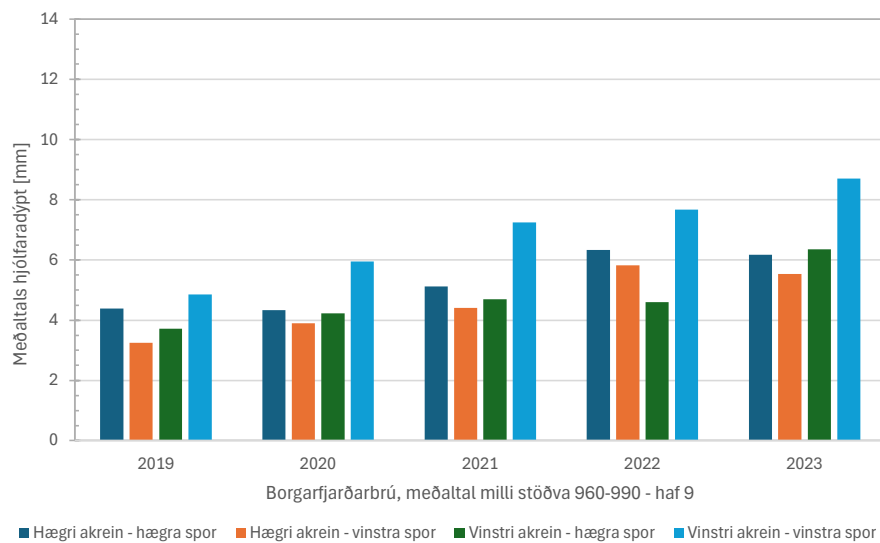
Ending brúargólfa með slitlagssteypu



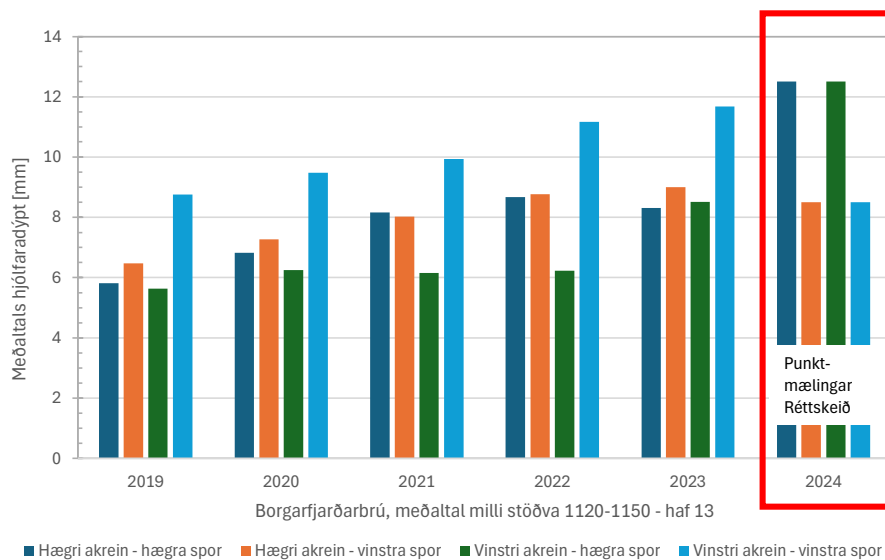
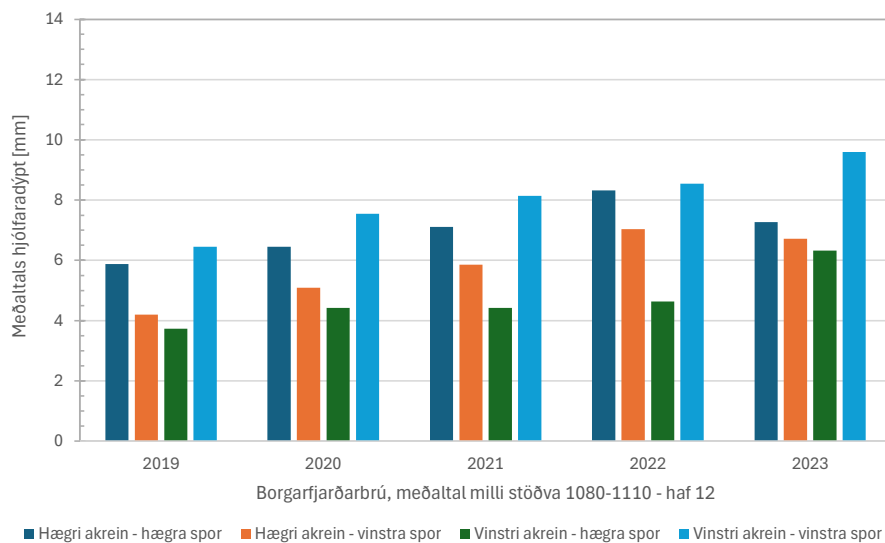
Ending brúargólfa með slitlagssteypu



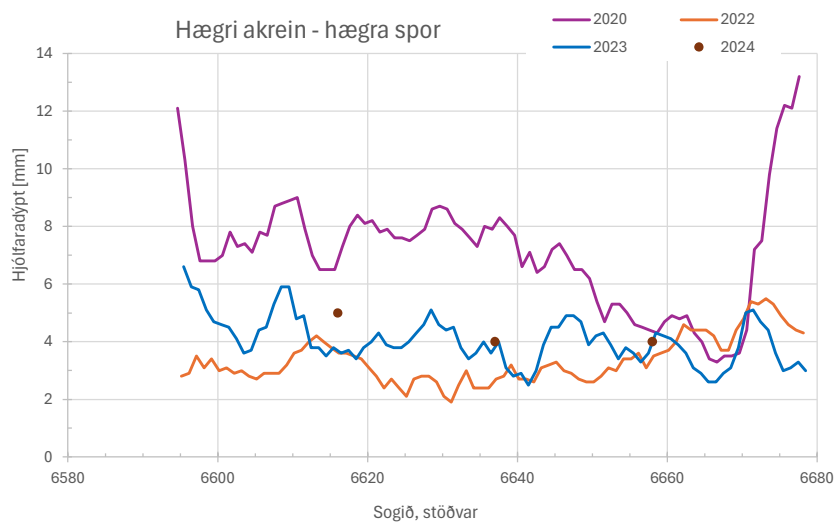
Ending brúargólfa með slitlagssteypu



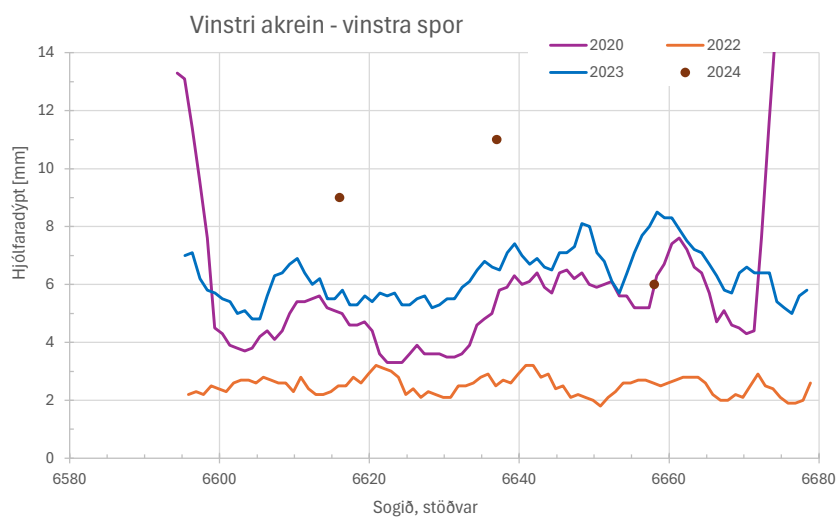
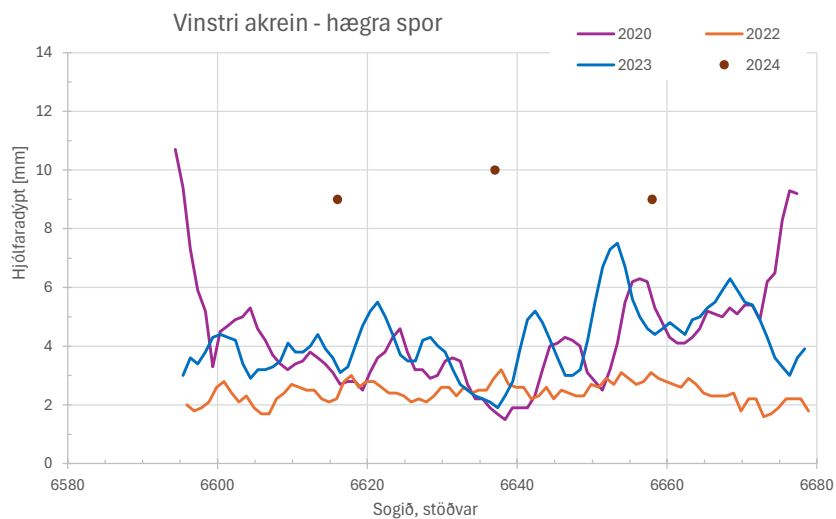
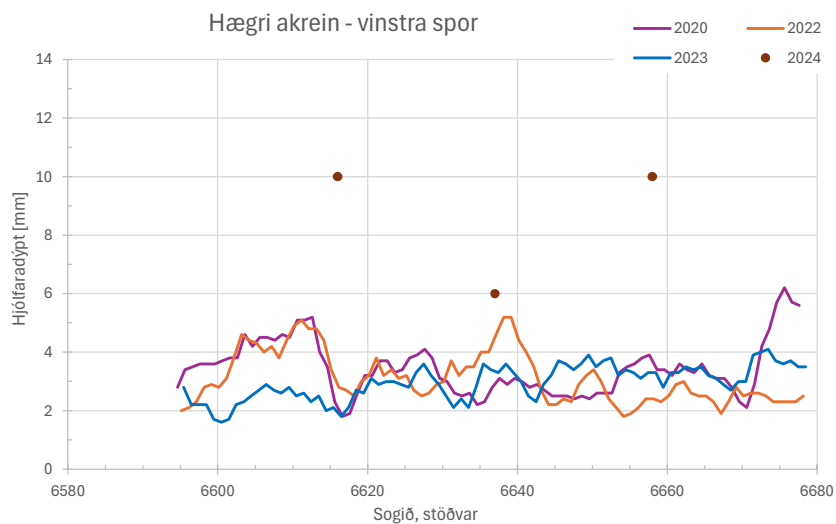
Ending brúargólfa með slitlagssteypu



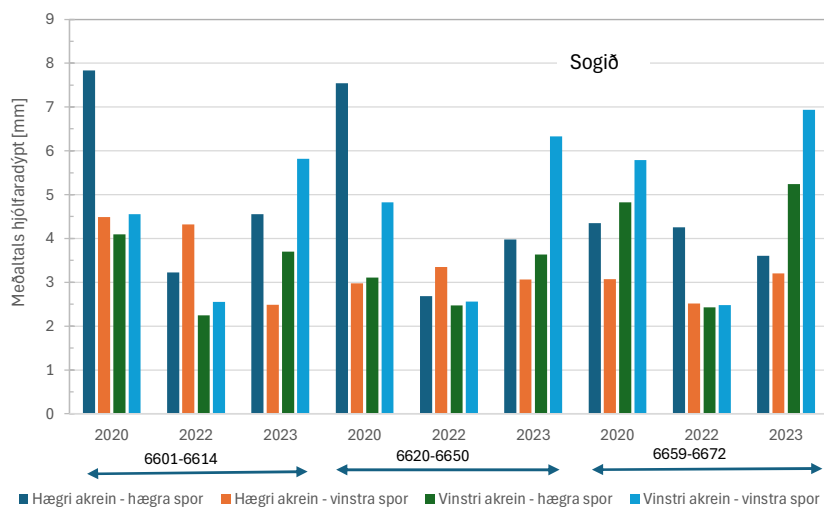
Sogsbrú



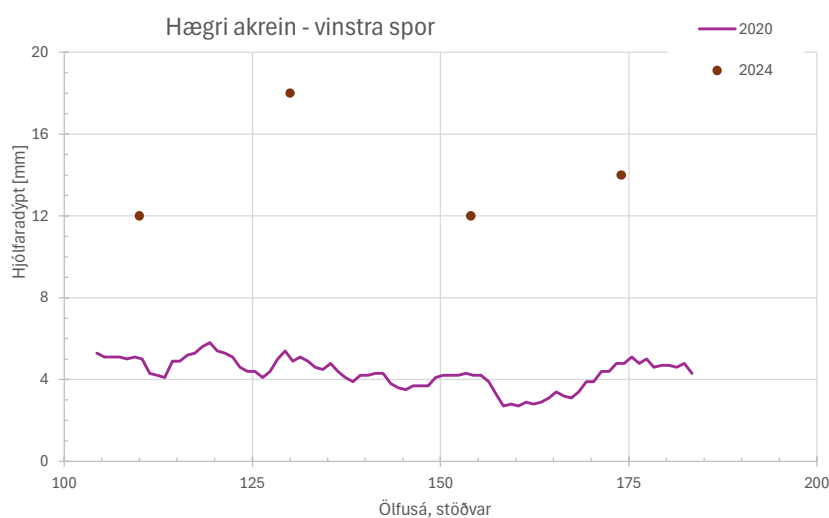
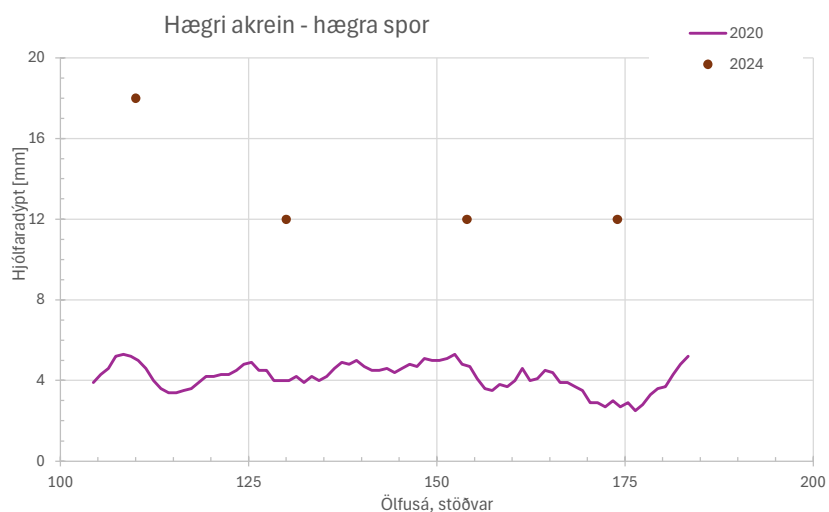
Ending brúargólfa með slitlagssteypu



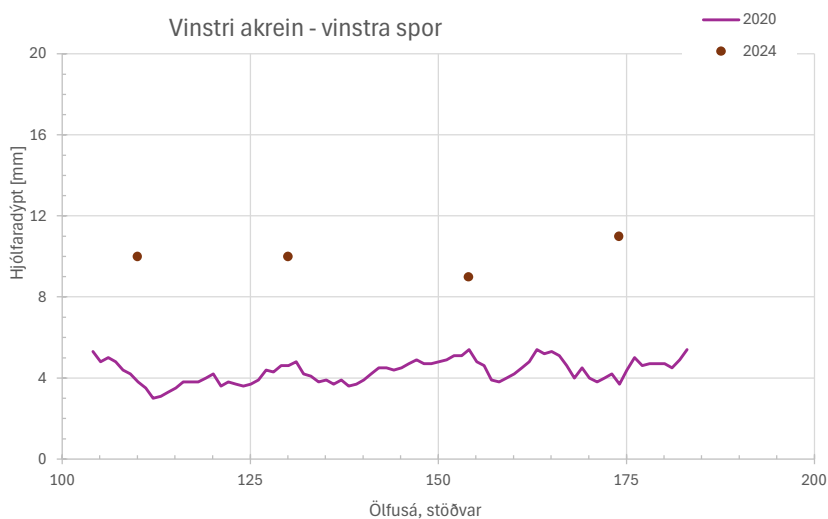
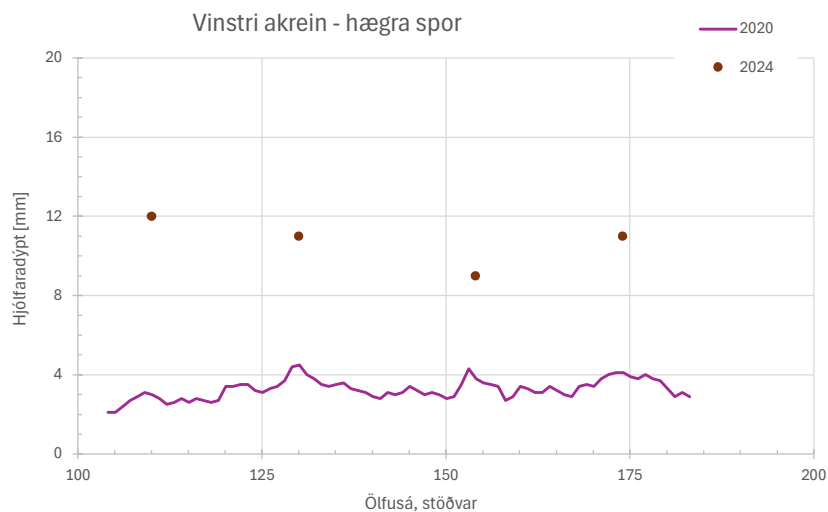
Ending brúargólfa með slitlagssteypu



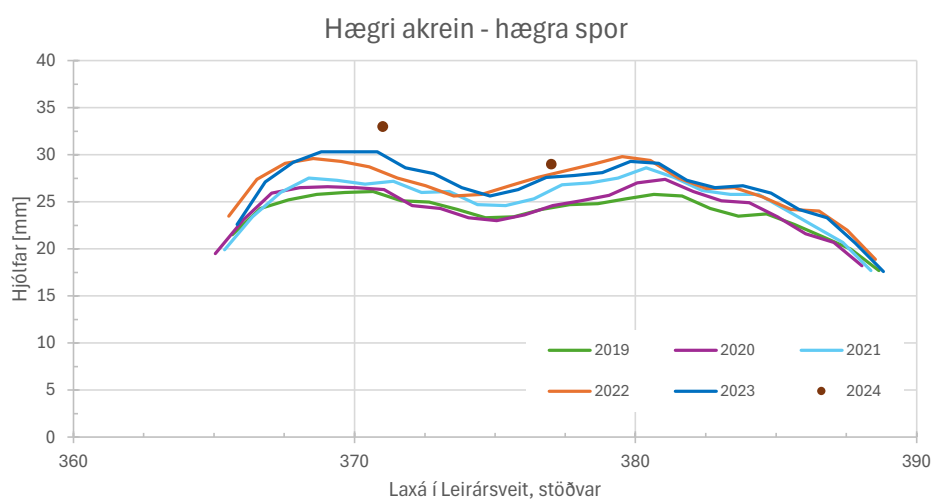
Ölfusá



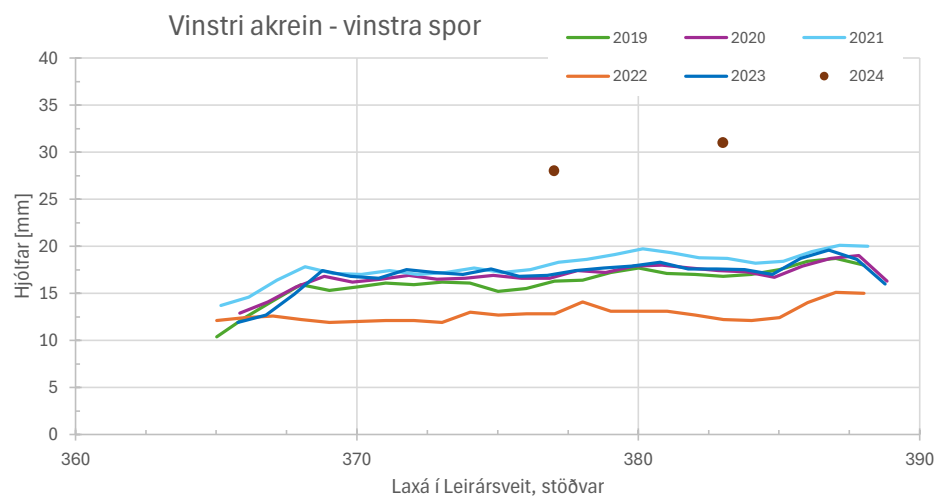
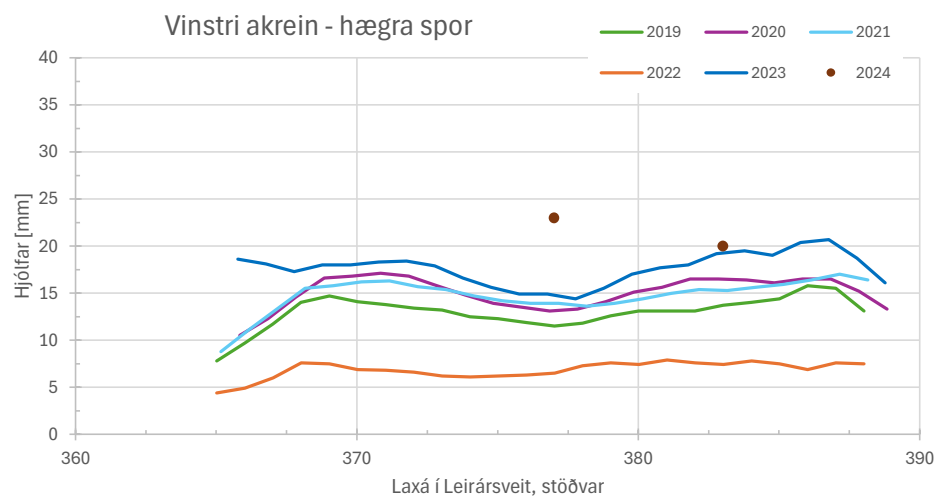
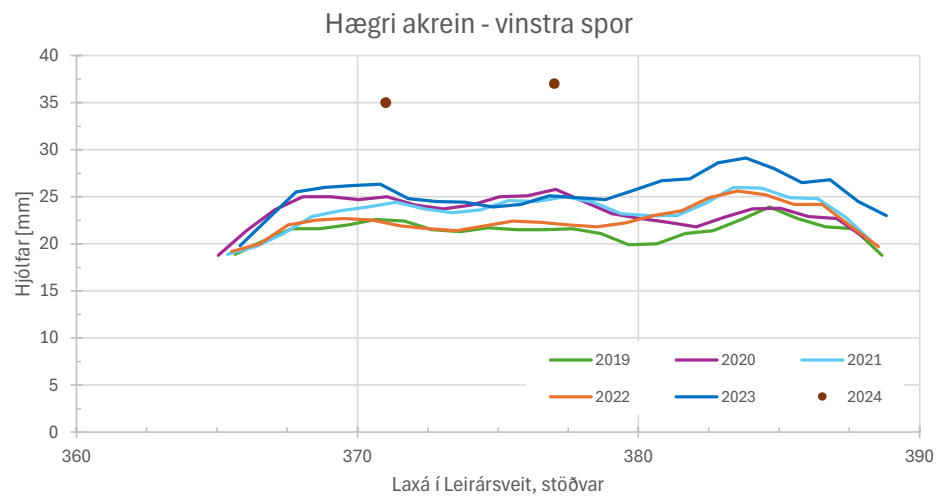
Ending brúargólfa með slitlagssteypu



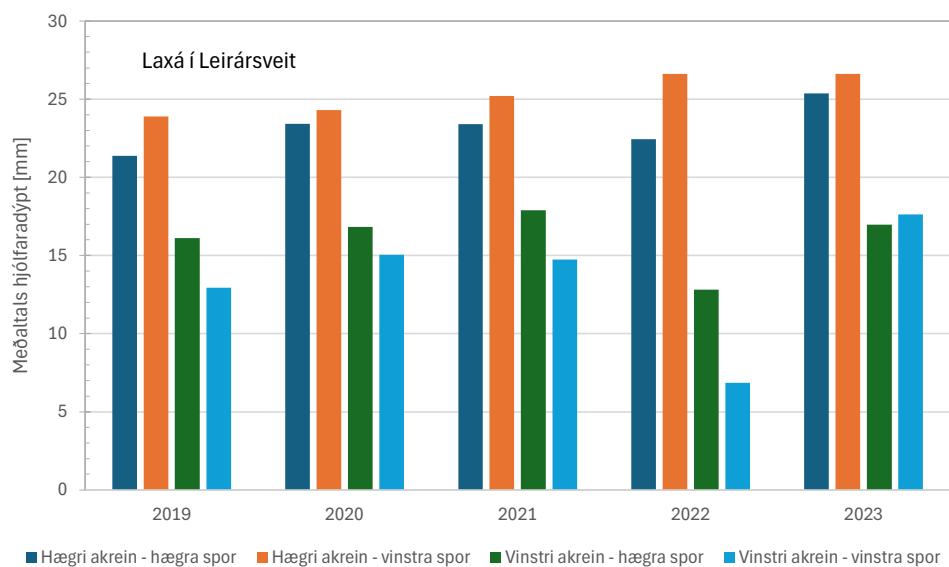
Laxá í Leirársveit



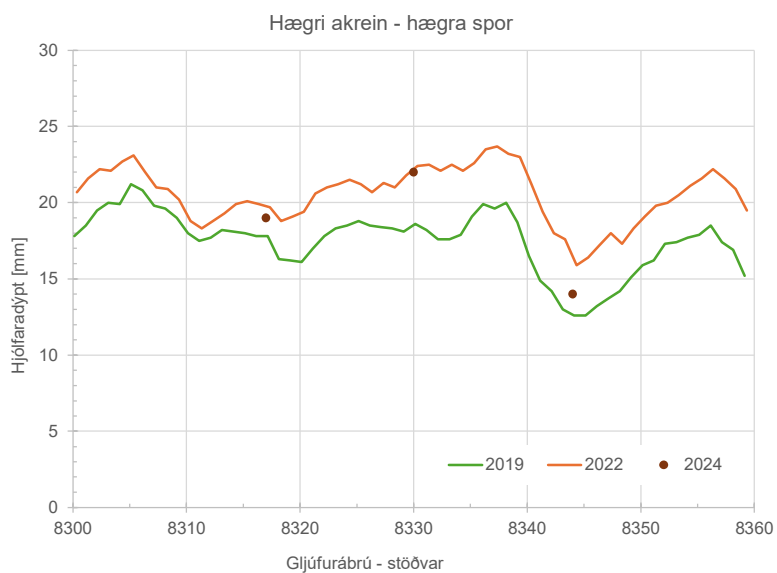
Ending brúargólfa með slitlagssteypu

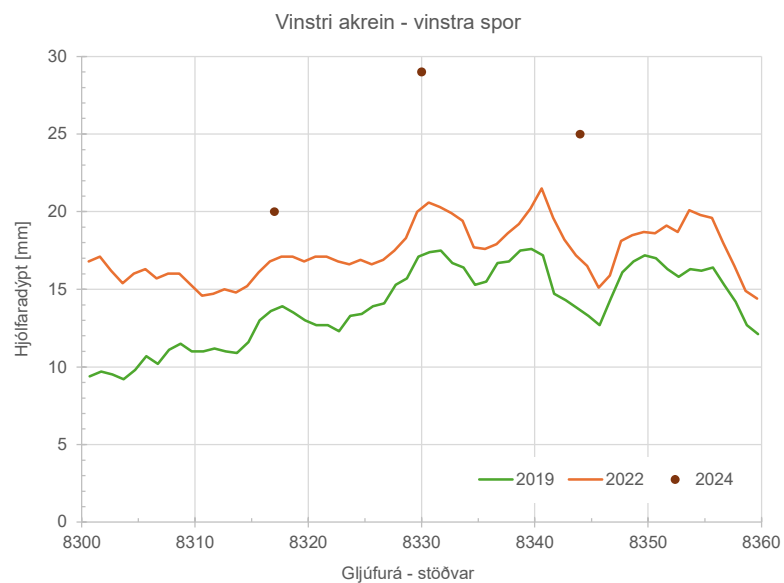
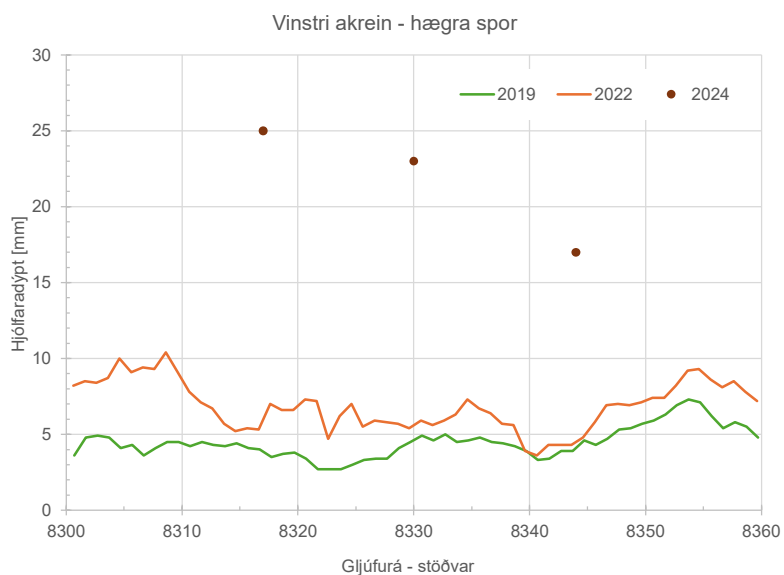
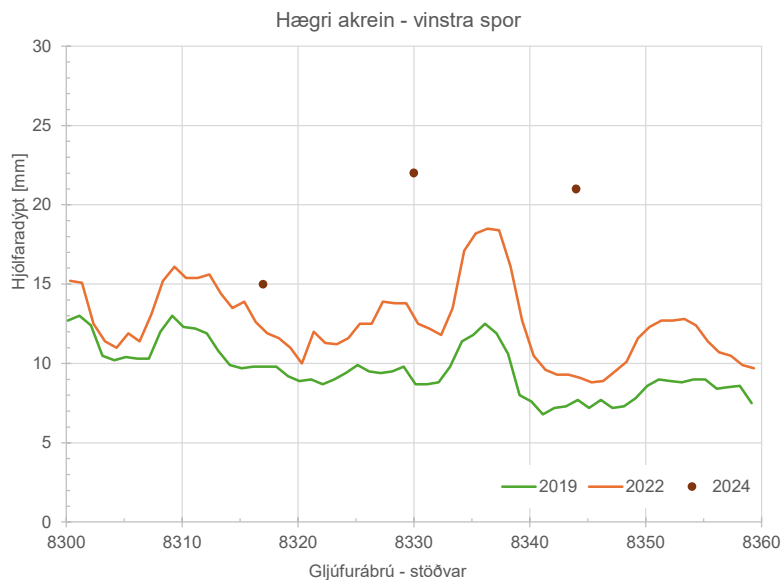


Ending brúargólfa með slitlagssteypu

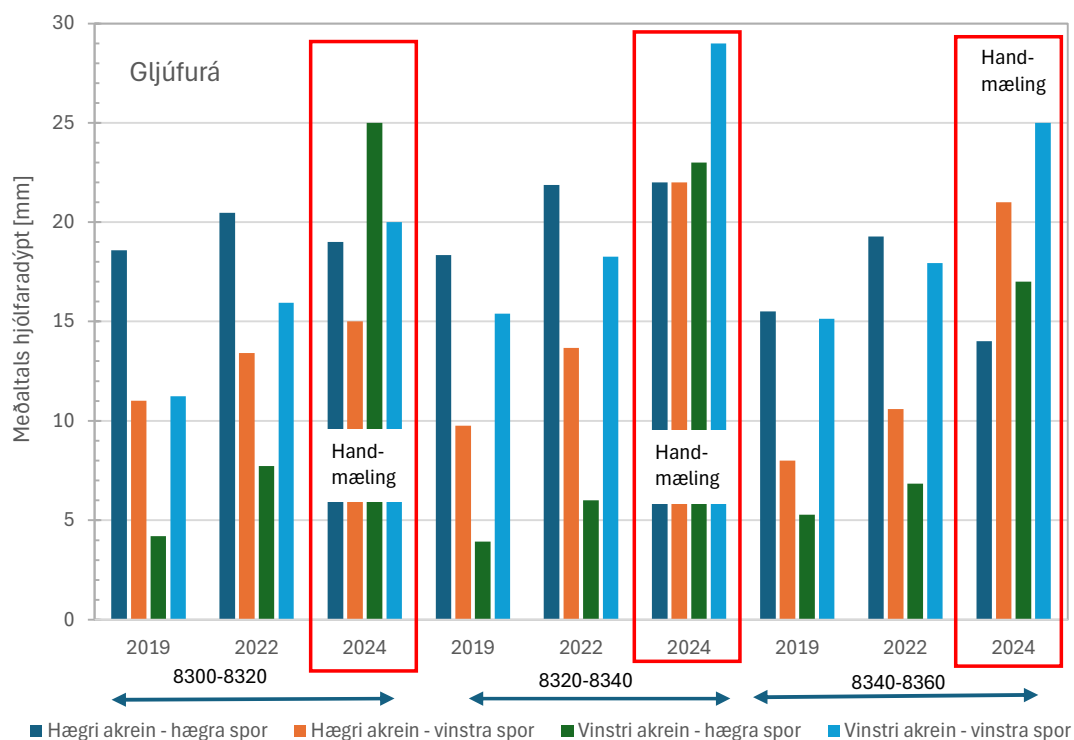


Gljúfurá

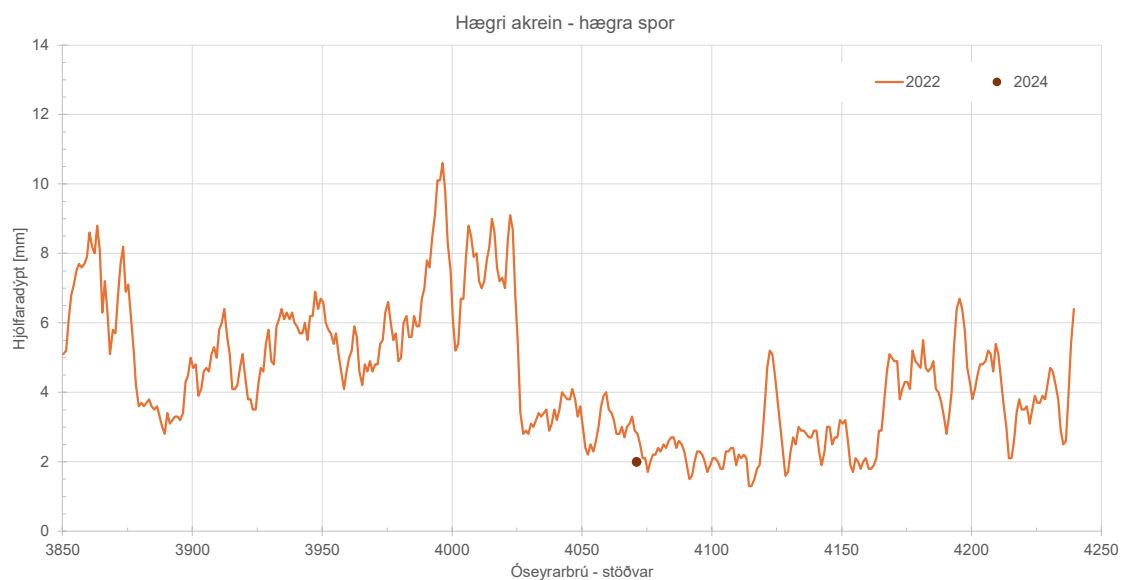




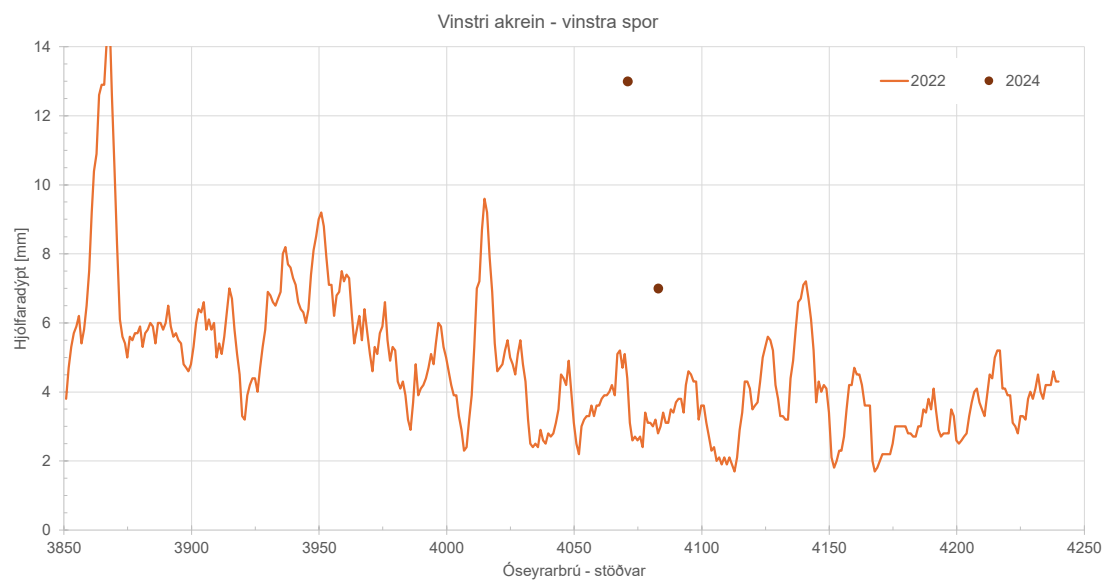
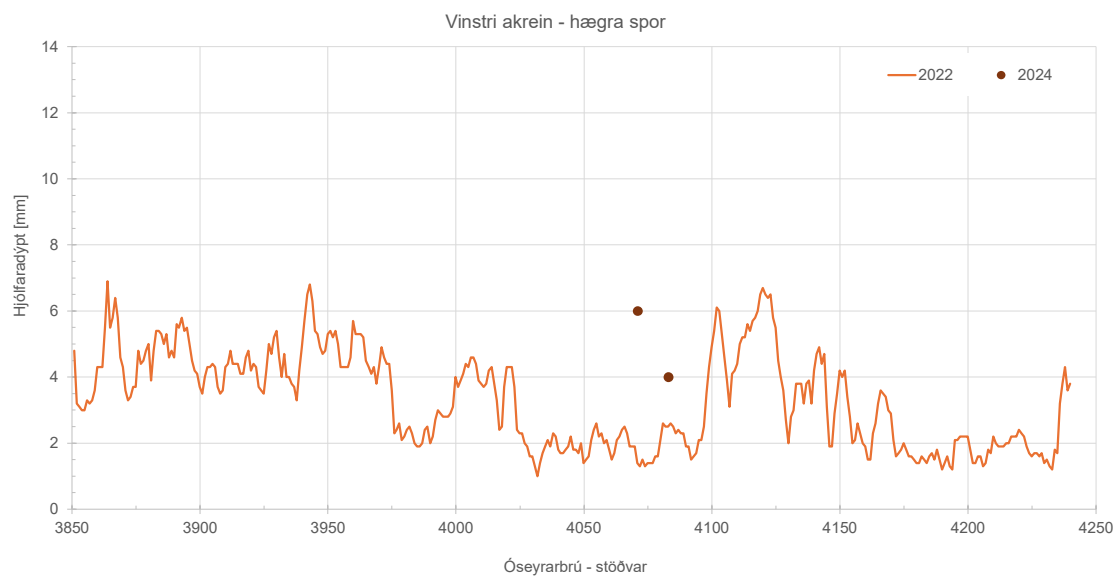
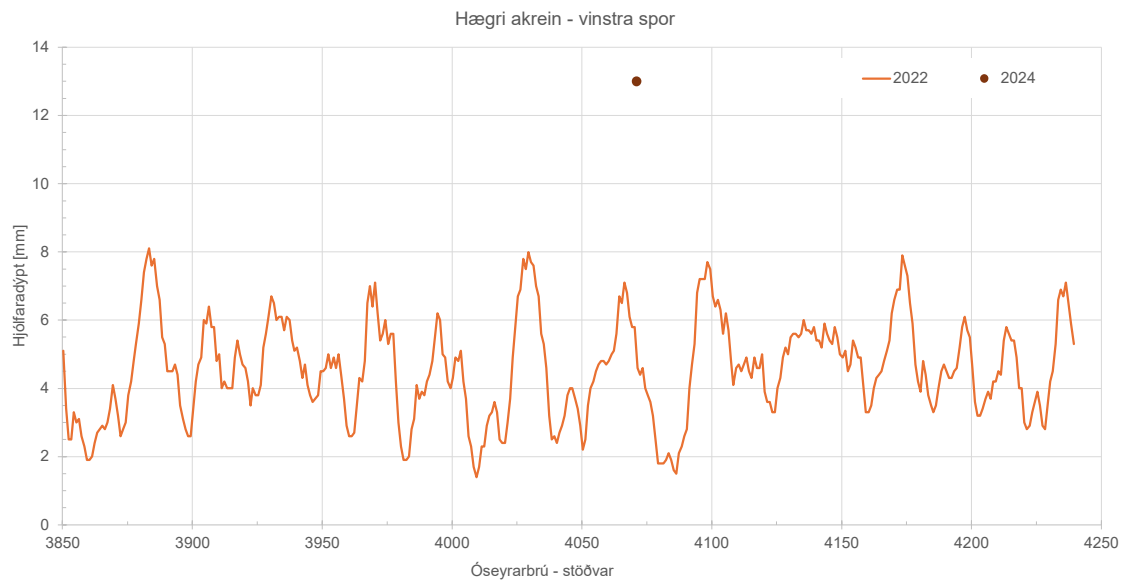
Ending brúargólfa með slitlagssteypu



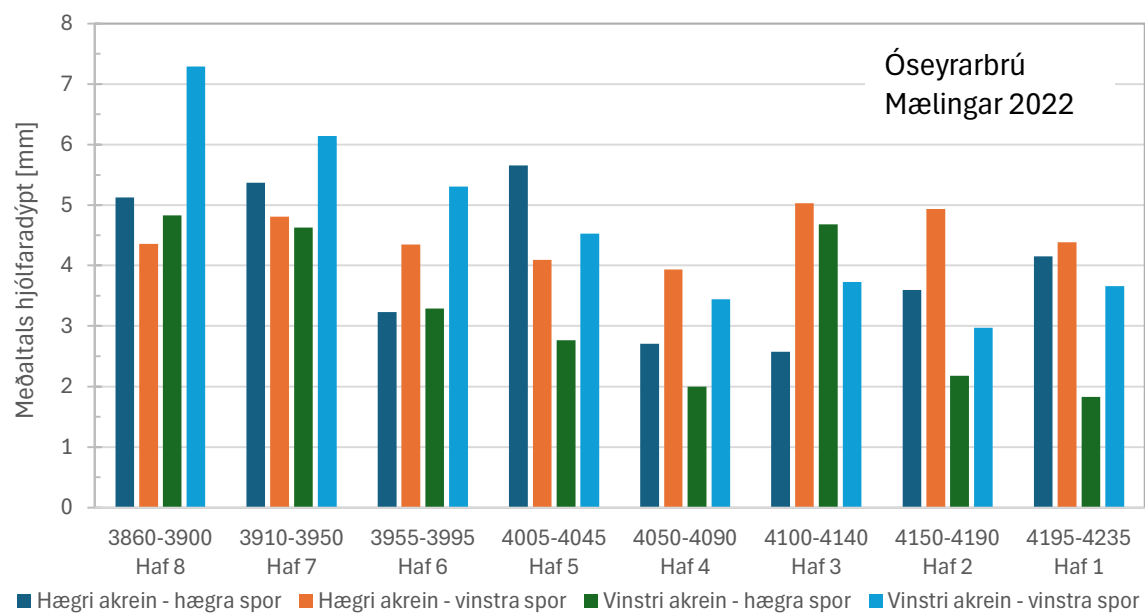
Óseyrarbrú



Ending brúargólfa með slitlagssteypu



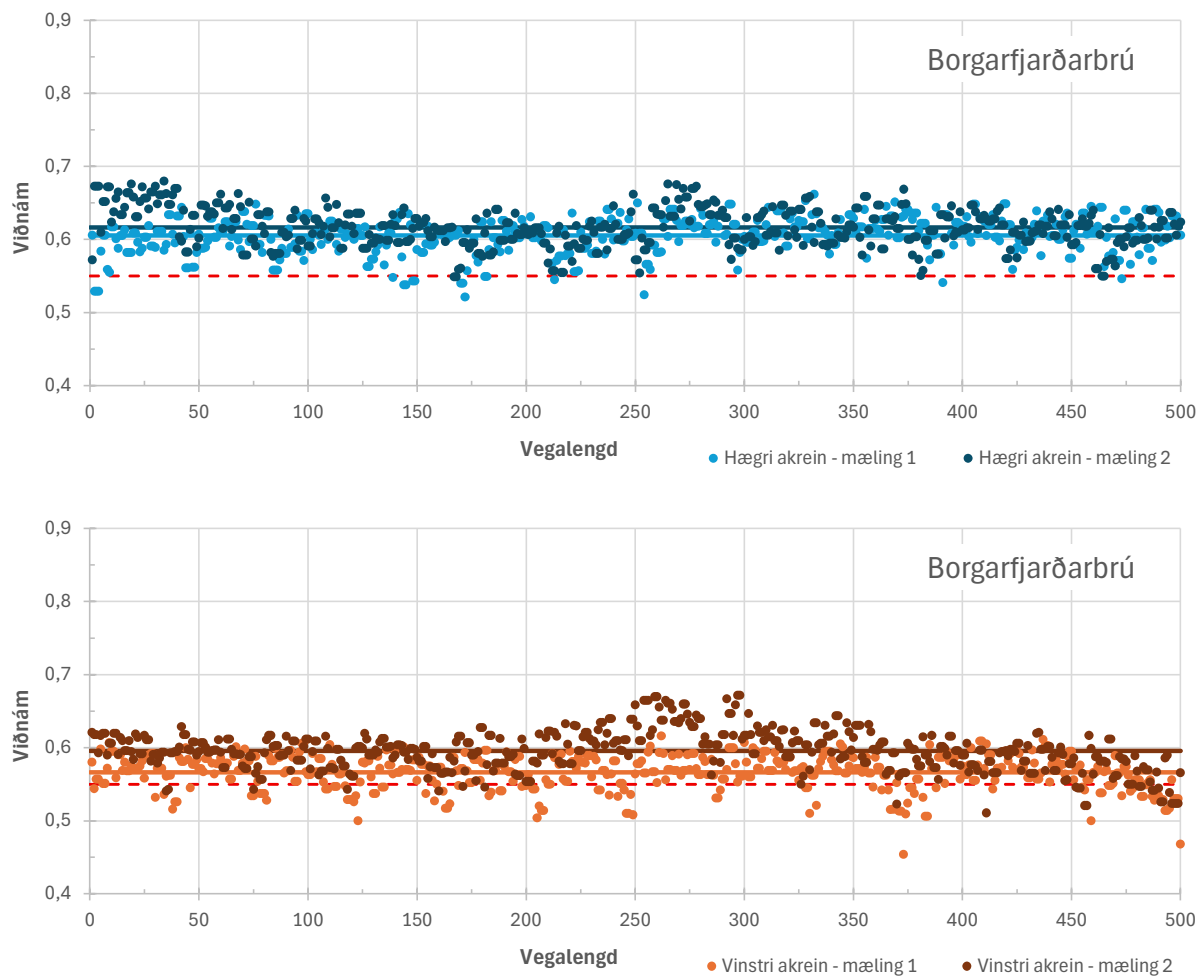
Ending brúargólfa með slitlagssteypu



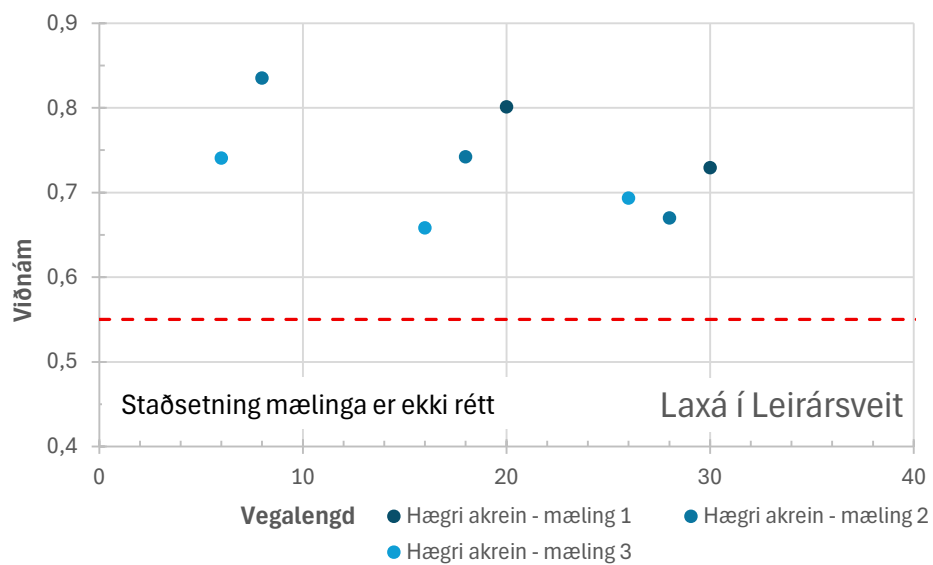
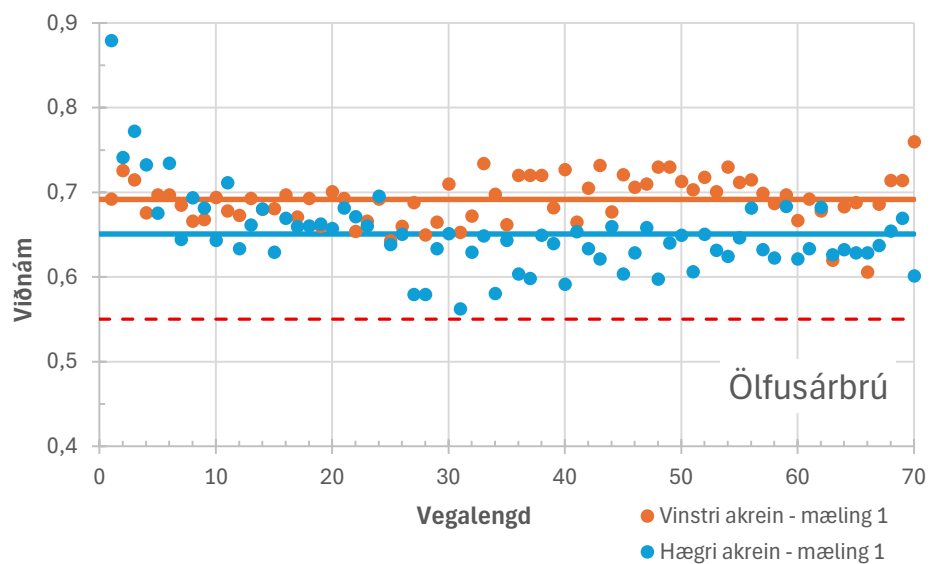
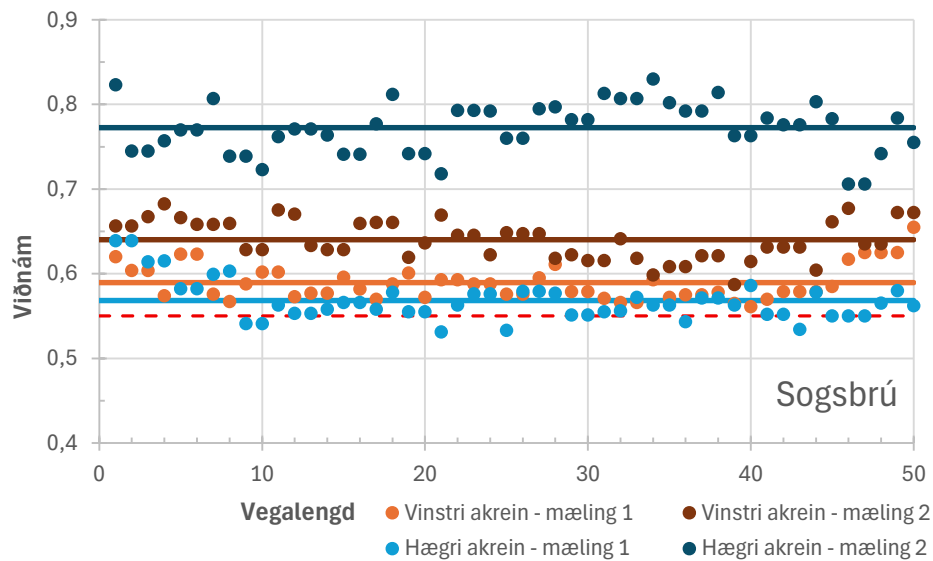
Viðauki 3 – Viðnámsmælingar - hemlunarviðnám

Á myndunum sýna heilar línur meðaltal mælinga á meðan punktar sýna einstakar mælingar, en mælt var með meters millibili fyrir utan Laxá í Leirársveit, þá sýna appelsínugulir og brúnir punktar vinstri akrein á meðan bláir punktar sýna hægri akrein.

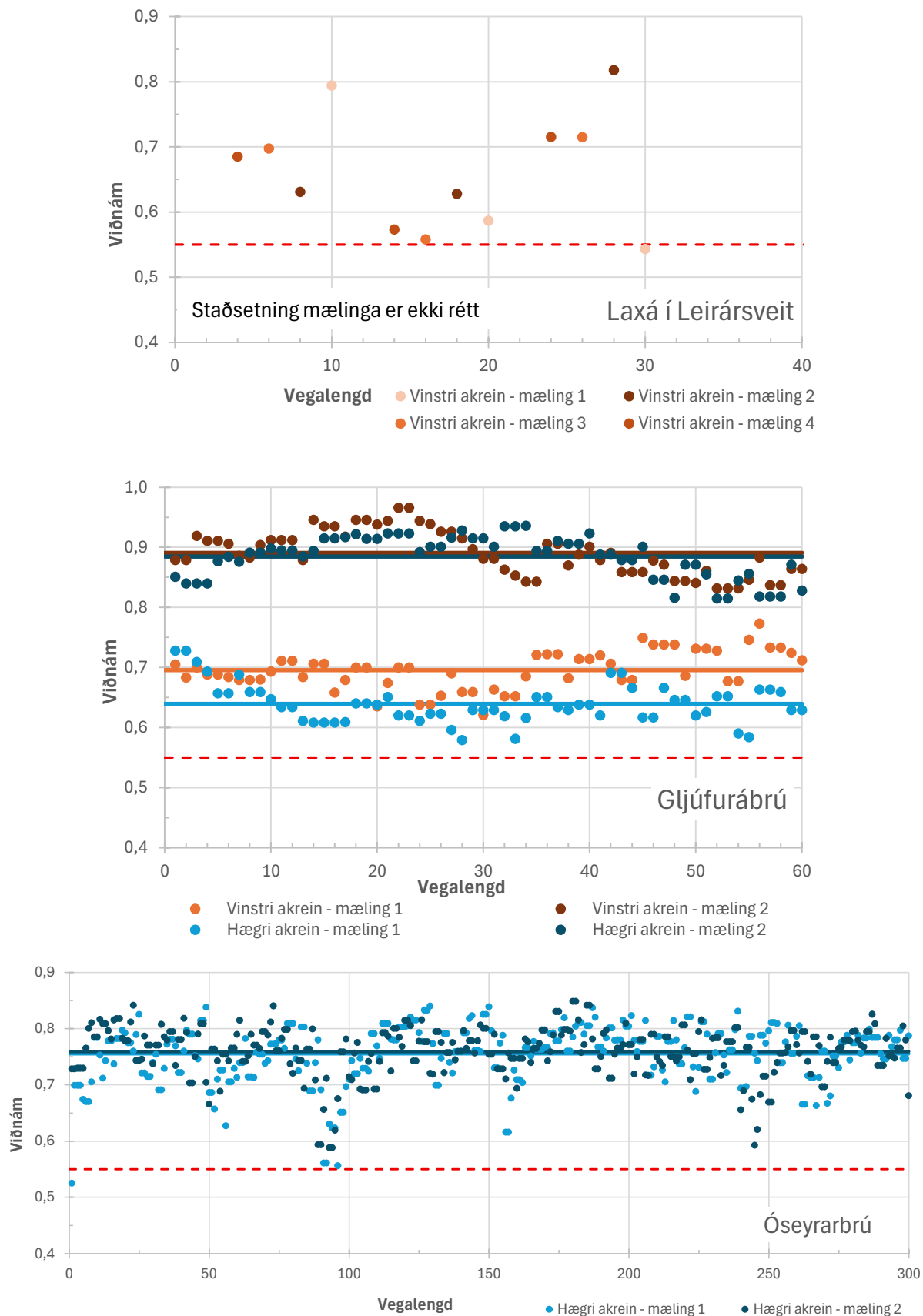
Rauð brotalína sýnir lágmarksviðnám á útlögðu malbiki sé 0,55 skv. efnisgæðariti Vegagerðarinnar (2024).



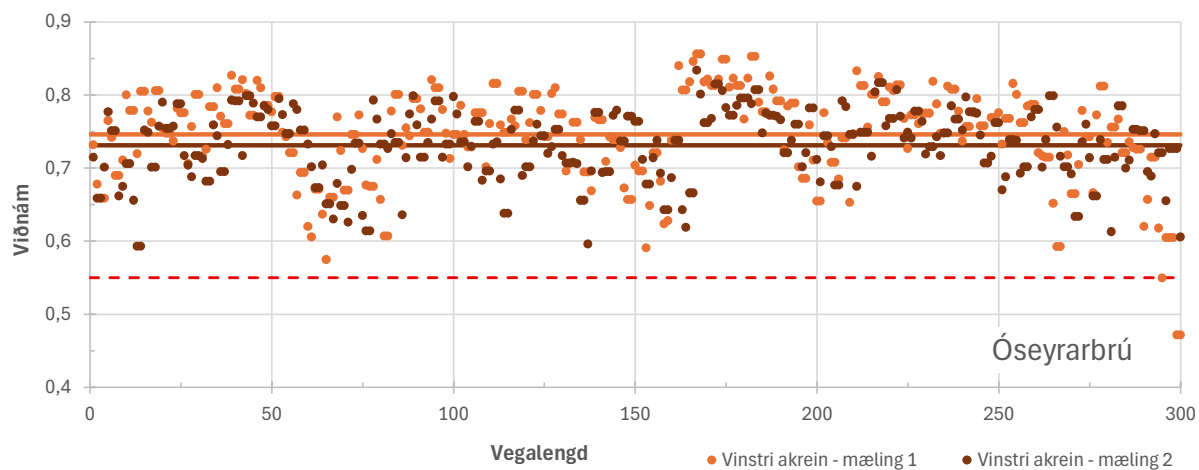
Ending brúargólfa með slitlagssteypu



Ending brúargólfa með slitlagssteypu

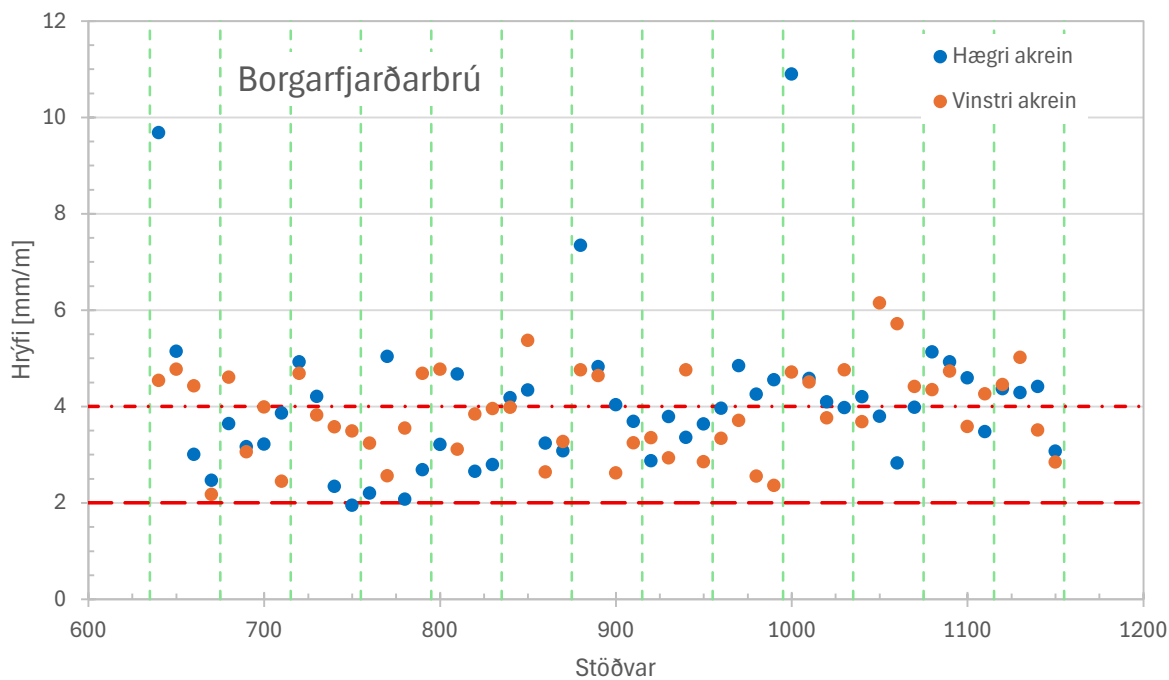
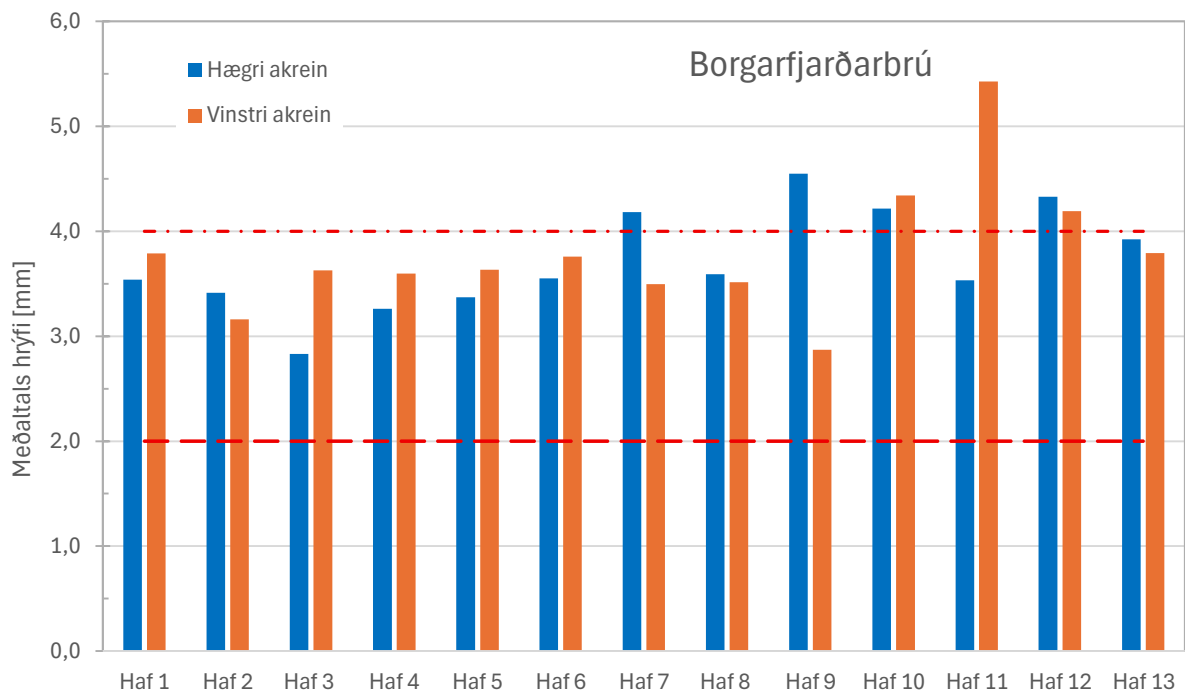


Ending brúargólfa með slitlagssteypu

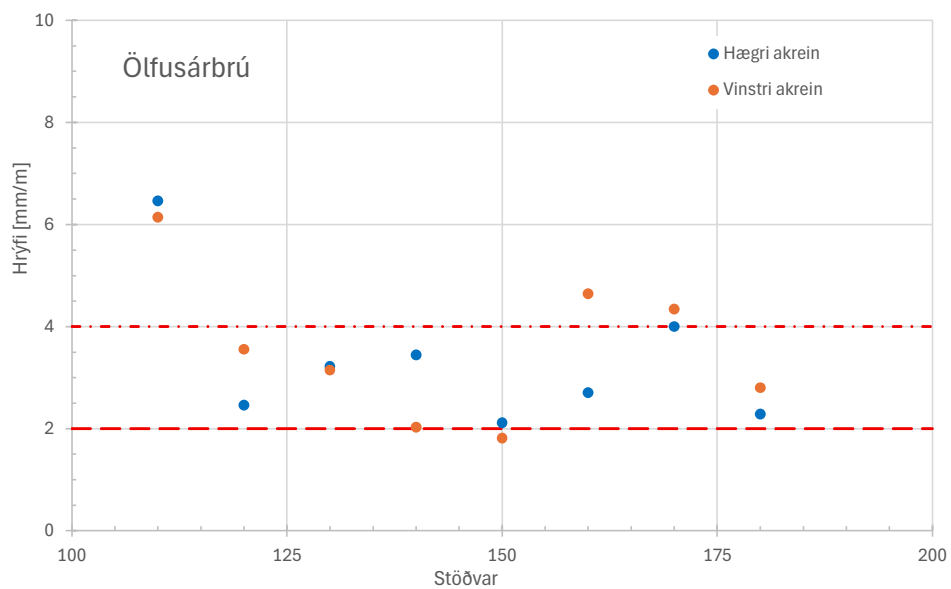
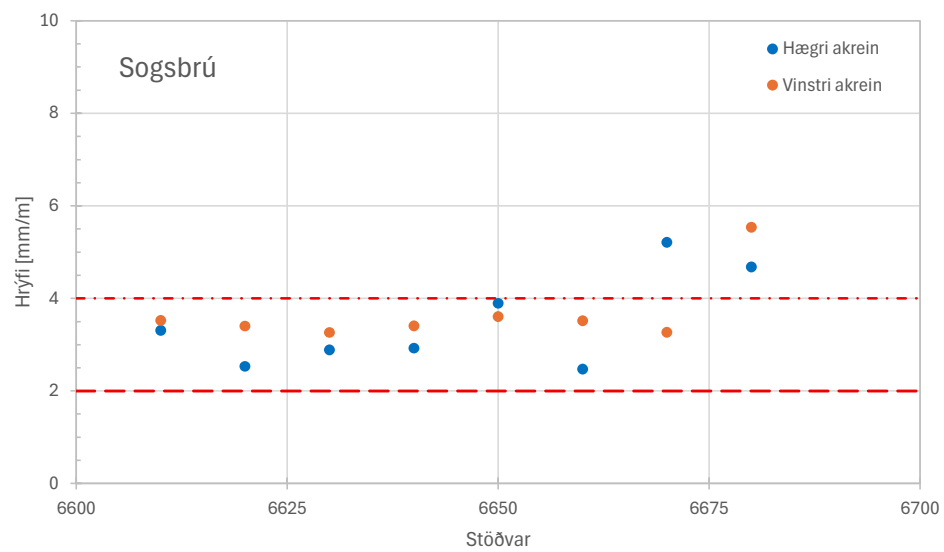


Viðauki 4 - Hrýfismælingar

Á myndunum eru bláar línur fyrir hægri akrein á meðan appelsínugular línur eru fyrir vinstri akrein. Rauðarlínur sýna viðmiðunargildi fyrir hrýfi, en gerð er krafa um að hrýfi sé undir 2 mm/m fyrir nýútlagt malbik og að hrýfið fari ekki yfir 4,0 mm/m á eldri malbikuðum vegum



Ending brúargólfa með slitlagssteypu



Ending brúargólfa með slitlagssteypu

