

Brú á Ölfusá

Frumdrög - Greinargerð

Ágúst 2010



SKÝRSLA - UPPLÝSINGABLAÐ

Titill skýrslu Brú á Ölfusá – Frumdrög, greinargerð		Tegund skýrslu Lokaskýrsla	
Verkheiti Brú á Ölfusá, frumdrög		Verkkaupi Vegagerðin	
Verkefnisstjóri - Efla Guðmundur Valur Guðmundsson	Verkefnisstjóri / fulltrúi verkkaupa Einar Hafliðason / Svanur G. Bjarnason		
Höfundur Guðmundur Valur Guðmundsson	Skýrslunúmer	Verknúmer 2970-129	Fjöldi síðna 108
Útdráttur Í greinargerðinni er gerð grein fyrir vinnu við frumdrög að nýrri brú á Ölfusá norðan Selfoss sem unnin hefur verið samhliða mati á umhverfisáhrifum og frumdrögum að tvöföldun Suðurlandsvegar milli Hveragerði og Selfoss.			
Lykilorð Brú á Ölfusá, tvöföldun Suðurlandsvegar			
Staða skýrslu ☐ Í vinnslu ☐ Drög til yfirlustrar ☒ Lokið		Dreifing skýrslu og upplýsingablaðs ☐ Opin ☒ Dreifing með leyfi verkkaupa ☐ Trúnaðarmál	

Útgáfusaga						
Nr.	Höfundur		Rýnt		Samþykkt	
	Nafn	Dags.	Nafn	Dags.	Nafn	Dags.
1	Guðmundur Valur Guðmundsson	17.08.2010	Baldvin Einarsson	17.08.2010	Baldvin Einarsson	17.08.2010

SAMANTEKT

Tveir valkostir hafa verið til skoðunar við þverun Ölfusár í tengslum við færslu Suðurlandsvegar norður fyrir Selfoss. Veglína 1 liggur um Efri Laugardælaeyju og veglína 2 liggur um 400 m norðar, nálægt gamla ferjustað Laugardælaferju. Veglína 1 er í samræmi við forsendur skipulagsáætlana á svæðinu á meðan veglína 2 vísar nokkuð frá þeim. Veglína 2 hefur verið til skoðunar þar sem nokkur óvissa var um grundunaraðstæður á austurbakka Ölfusár til móts við Efri Laugardælaeyju ásamt því að hægt er að komast af með nokkuð styttri brú í veglínu 2.

Auk fjögurra akreina fyrir bílaumferð er gert ráð fyrir göngu- og hjóltreiddastíg yfir brúna. Ekki er gert ráð fyrir að byggja undirstöður brúa í farvegi Ölfusár til að þrengja ekki árfarveginn og auka þannig hættu á að áin flæði upp á bakka sína eða auka hættu á myndun ís- eða krapastífla. Önnur ástæða fyrir því að ekki er gert ráð fyrir að byggja undirstöður í farvegi Ölfusár er að ekki er hægt að útiloka að virkar jarðskjálftasprungur séu í farveginum á þessum stað. Samfelld brú með milliundirstöður í árfarveginum yrði mjög viðkvæm fyrir mismunahreyfingum á undirstöðum milli bakka árinna ásamt því að þrengja að farvegi Ölfusár.

Í veglínu 1 við Efri Laugardælaeyju er stagbrú með einum turni staðsettum í eyjunni talinn vera ódýrari kostur en bogabré. Stagbrú með fjórum akreinum auk gönguleiðar kostar um 3.500 milljónir kr. á meðan bogabré á hvorn farveg Ölfusár kosta um 4.000 milljónir kr. Um er að ræða nokkuð áhættusama framkvæmd þar sem þrengja þarf að farvegi Ölfusár á byggingartímanum ásamt því að byggja bráðabirgðabré yfir í Efri Laugardælaeyju til að tryggja aðgengi. Gæta þarf sérstaklega að flóðahættu á framkvæmdatímanum og að flóð valdi ekki tjóni á brúarmannvirkjum í byggingu.

Í veglínu 2 við gamla ferjustæði Laugardælaferju er stagbrú mun heppilegri kostur en bogabré. Stagbrú með fjórum akreinum auk gönguleiðar kostar um 3.050 milljónir kr. og er nokkuð ódýrari en bogabré sem kostar um 3.200 milljónir kr. Stagbrúin er þar að auki töluvert auðveldari í byggingu. Miðað hefur verið við að þrengja ekki að farvegi Ölfusár á þessum stað í því skyni að skapa ekki aukna flóðahættu og eða auka hættu á myndum ísstíflna sem þekkt er að myndist ofan við ferjustæðið. Stagbrúin snertir ekki farveg Ölfusár að neinu leyti og er því mjög ákjósanlegur og áhættulítill kostur.

Brýr í veglínu 2 samræmast ekki skipulagsáætlunum á svæðinu og stendur nú yfir mat á umhverfisáhrifum framkvæmdarinnar þar sem m.a. verður fjallað um þau atriði. Brýr í veglínu 2 við gamla ferjustæði Laugardælaferju eru ódýrari en brýr í veglínu 1 fyrst og fremst vegna styttri brúa, einfaldari framkvæmdar og styttri framkvæmdatíma. Munurinn er áætlaður um 450 milljónir kr. fyrir hagkvæmustu kosti á hvorri leið. Á móti kemur kostnaðarauki vegna lengri vegalagningar í veglínu 2 sem er um 50 milljónir kr.

Brúargerð í veglínu 1 er nokkuð áhættusamari þar sem þrengja þarf að farvegi Ölfusár með fyllingum hluta verktímans ásamt því að byggja bráðabirgðabré yfir í Efri Laugardælaeyju. Á meðan er mögulegt að reisa stagbrú í veglínu 2 án þess

að eiga við farveg Ölfusár. Jafnframt er byggingartími brúar í veglínu 1 um hálfu til einu ári lengri en fyrir brú í veglínu 2.

Sé litið framhjá skipulagsforsendum varðandi staðsetningu brúarstæðis er það metið sem svo að stagbrú í veglínu 2 sé hagkvæmasti og áhættuminnsti valkosturinn.

Hönnunarforsendur gera ráð fyrir fjögurra akreina Suðurlandsvegi austur fyrir Selfoss með aðskildum akstursstefnum, þ.e. tvær akreinar í hvora átt. Á grundvelli umferðarspáa virðist ekki vera þörf á fjórum akreinum austan við Biskupstungnabraut á næstu áratugum þar sem stór hluti umferðar um Suðurlandsveg á upphafs- og endapunkt á Selfossi og líklegt að stór hluti umferðarinnar muni áfram nýta núverandi Ölfusárbrú sem tekin var í notkun 1945 og endurbyggð að hluta 1992. Ný brú mun hins vegar léttu af núverandi brú á þann hátt að mögulegt er að beina þungaumferð að nýrri brú, jafnframt verður á álagstímum um tvær leiðir að velja inn á Selfoss eða austur Suðurlandsveg.

Mögulegt er að áfangaskipta brúargerðinni á þann hátt að byggja í upphafi fyrir tvær eða þrjár akreinar auk göngu- og hjólastígs. Á þeim tímapunkti þegar umferðin hefur aukist það mikið að fjögurra akreina er þörf er mögulegt að breikka brúna eða þá byggja nýja brú til hliðar. Heildarbreidd fjögurra akreina brúar með aðskilnaði akstursstefna og gönguleið er um 24 m á meðan heildarbreidd sams konar tveggja akreina brúar er um 17 m. Flatarmál brúarinnar má því minnka um u.þ.b. 30% með því að fækka akreinum úr fjórum í tvær. Áætlaður sparnaður er um 700 milljónir kr. eða um 20% lægra en gert er ráð fyrir að fjögurra akreina stagbrú kosti.

Kosturinn við að byggja brú fyrir tvær akreinar í upphafi er að þá er upphaflega framkvæmdin um 20% ódýrari en ella og því mögulegt að fresta stofnkostnaði. Annar kostur er að hugsanlega verða aðrar forsendur varðandi skipulag og/eða umferð síðar. Þá er mögulegt að byggja nýja þverun með tveimur akreinum á öðrum stað, t.d. sunnan við Selfoss, og eru þá komnar þrjár þveranir Ölfusár við Selfoss. Ókosturinn er hins vegar sá að það að byggja brú við hliðina síðar er sá að það mun ekki líta sérstaklega vel út, hvort sem um er að ræða stagbrú eða bogabru.

Ef byggð er brú með þremur akreinum (2+1) í upphafi má minnka flatarmál brúarinnar í upphafi um u.þ.b. 17% og gera má ráð fyrir að sá valkostur spari um 300-400 milljónir kr. í stofnkostnaði. Sá möguleiki hefur þann kost að breikkun síðar kostar mun minna heldur en ef byggja þyrfti nýja brú til hliðar.

EFNISYFIRLIT

SAMANTEKT	I
EFNISYFIRLIT	III
MYNDASKRÁ	V
1 INNGANGUR	1
2 HELSTU FORSENDUR	2
2.1 FYRRI ATHUGANIR	2
2.2 JARÐFRÆÐI	3
2.3 VATNAFAR	5
2.4 VEGFLOKKUR OG ÞVERSNIÐ	8
2.5 HÖNNUNARSTAÐLAR	9
2.6 ÁLAGSFORSENDUR	10
2.6.1 UMFERÐ	10
2.6.2 JARÐSKJÁLFTAR	10
2.6.3 VINDUR	11
2.6.4 FLÓÐ	12
3 BRÝR Í VEGLÍNU 1	13
3.1 STAGBRÚ	13
3.1.1 TURN	14
3.1.2 UNDIRSTÖÐUR OG STÖPLAR	16
3.1.3 KAPLAR	17
3.1.4 BRÚARGÓLFID	19
3.1.5 REISING BRÚAR	20
3.2 BOGABRÝR	25
3.2.1 LÝSING BRÚAR	26
3.2.2 UNDIRSTÖÐUR OG STÖPLAR	27
3.2.3 REISING BRÚAR	28
3.2.4 HELSTU MAGNTÖLUR	31
4 BRÝR Í VEGLÍNU 2	32
4.1 STAGBRÚ	32
4.1.1 REISING BRÚAR	33
4.1.2 UNDIRSTÖÐUR OG STÖPLAR	34
4.1.3 HELSTU MAGNTÖLUR	34
4.2 BOGABRÚ	35
4.2.1 UNDIRSTÖÐUR OG STÖPLAR	36

4.2.2	REISING BRÚAR	36
4.2.3	HELSTU MAGNTÖLUR	37
5	KOSTNAÐUR	38
6	NIÐURSTÖÐUR.....	39
6.1	VEGLÍNA 1.....	39
6.2	VEGLÍNA 2.....	39
6.3	SAMANBURÐUR VEGLÍNA	40
6.4	ÁFANGASKIPTING	41
6.5	NÆSTU SKREF HÖNNUNAR.....	43
7	HEIMILDASKRÁ.....	44
VIÐAUKI 1 - KOSTNAÐARÁÆTLANIR.....		
VIÐAUKI 2 - TEIKNINGAR.....		
VIÐAUKI 3 - ÚTLITSMYNDIR		

MYNDASKRÁ

Mynd 2-1 Jarðlagasnið í brúarstæði um Efri Laugardælaeyju norðan Selfoss.	4
Mynd 2-2 Berglag og rauðleitur kargi á N-enda Laugardælaeyju (vinstri). Þétt, stuðlað berlag og undirliggjandi kargalag á NA-horni Efri Laugardælaeyju (hægri).	4
Mynd 2-3 Sprungur í nágrenni brúarstæðis við Selfoss (Páll Einarsson, 2009). Loftmynd frá Loftmyndum ehf.	5
Mynd 2-5 Reiknuð og mæld hæstu flóð áranna 1951-2007 fyrir vatnshæðarmæli 064 í Ölfusá við Selfoss. (Flóð íslenskra vatnsfalla – flóðagreining rennslisraða, skýrsla nr. 2009-001, Veðurstofa Íslands).	7
Mynd 2-6 Þversnið Suðurlandsvegar, almennt.	8
Mynd 2-7 Vegtegund B_{19} samkvæmt veghönnunarreglum Vegagerðarinnar.	8
Mynd 2-8 Vegtegund B_{12} samkvæmt veghönnunarreglum Vegagerðarinnar.	9
Mynd 3-1 Stagbrú við Efri Laugardælaeyju – langsnið.	13
Mynd 3-2 Brúarstæði í veglínu 1, grunnmynd.	13
Mynd 3-4 Stagbrú við Efri Laugardælaeyju séð frá austurbakka Ölfusár.	14
Mynd 3-5 Þversnið í turn. Þversnið í neðri hluta (til vinstri), þversnið í lóðréttan efri hluta (til hægri).	15
Mynd 3-6 Stagbrú við Efri Laugardælaeyju séð frá vesturbakka Ölfusár. Útfærslur á A-laga turn í langgátt brúar. Tveir stakir turnar (efri) og samtengdir (neðri).	16
Mynd 3-7 Dæmi um uppbygging kapals úr samsíða vírum, Freyssinet kapalkerfi.	18
Mynd 3-8 Til vinstri, dæmi um akkeri án stillimöguleika í turni (e. fixed end anchorage). Til hægri, dæmi um stillanlegt akkeri við brúargólf (e. adjustable end anchorage). VSL SSI 2000 Stay Cable System.	18
Mynd 3-9 Dæmi um akkeri með stillimöguleika (e. adjustable end anchorage). VSL SSI 2000 Stay Cable System.	19
Mynd 3-10 Möguleg útfærsla á aðkomu í Efri Laugardælaeyju á byggingartíma.	21
Mynd 3-11 Dæmi um mótakerfi fyrir turn af svipaðri stærð og við Ölfusá, River Suir brú í Waterford á Írlandi. Mynd og upplýsingar frá DOKA, Ireland.	22
Mynd 3-14 Bogabrá við Efri Laugardælaeyju, grunnmynd.	25
Mynd 3-15 Bogabrá við Efri Laugardælaeyju, séð frá austurbakka.	25
Mynd 4-1 Stagbrú við Laugardælaferju í veglínu 2, langsnið.	32
Mynd 4-2 Brúarstæði í veglínu 2, grunnmynd.	32
Mynd 4-3 Stagbrú við Laugardælaferju í veglínu 2, séð frá austurbakka Ölfusár.	32
Mynd 4-4 Bogabrá við Laugardælaferju í veglínu 2, langsnið.	35
Mynd 4-5 Bogabrá við Laugardælaferju í veglínu 2, grunnmynd.	35
Mynd 4-6 Bogabrá við Laugardælaferju í veglínu 2, séð frá austurbakka Ölfusár á Selfossi.	35
Mynd 4-7 Reising stálboga brúar á Mjóafjörð árið 2007.	37
Tafla 1 – Áætlaður heildarkostnaður fyrir mismunandi valkosti.	38

1 INNGANGUR

Í greinargerð þessari er fjallað um athugun á nýrri brú yfir Ölfusá norðan við Selfoss.

Athugunin er svokölluð frumdrög skv. skilgreiningu Vegagerðarinnar á hönnunarferli vega og brúa og hefur verið unnin samhliða frumdrögum og mati á umhverfisáhrifum vegna tvöföldunar Suðurlandsvegar á milli Hveragerðis og Selfoss.

Tveir valkostir hafa verið skoðaðir við færslu Suðurlandsvegar norður fyrir Selfoss. Veglína 1 liggur um Efri Laugardælaeyju og veglína 2 liggur um 400 m norðar, nálægt gamla ferjustað Laugardælaferju. Veglína 1 er í samræmi við forsendur skipulagsáætlana á svæðinu á meðan veglína 2 vísar nokkuð frá þeim. Veglína 2 hefur verið til skoðunar þar sem nokkur óvissa var um grundunaraðstæður á austurbakka Ölfusár til móts við Efri Laugardælaeyju ásamt því að hægt er að komast af með nokkuð styttri brú í veglínu 2.

Skoðaðar voru tvær brúargerðir í hvoru brúarstæði, þ.e. annars vegar stagbrú og hins vegar stálbogabrú.

Að verkinu unnu aðallega Guðmundur Valur Guðmundsson sem var verkefnisstjóri, Baldvin Einarsson og Magnús Arason.

Verkið var unnið í samvinnu við Vegagerðina og voru Einar Hafliðason, Svanur G. Bjarnason og Erlingur F. Jensson fulltrúar Vegagerðarinnar.

2 HELSTU FORSENDUR

2.1 Fyrri athuganir

Áður hefur Vegagerðin fjallað um brúarstæði á Ölfusá. Árið 2004 birtist umfjöllun Jóns Helgasonar og Einars Hafliðasonar í framkvæmdafréttum Vegagerðarinnar (31.tbl/04), *Hringvegur, þverun Ölfusár norðan Selfoss – Forathugun á veglínunum*. Þar voru bornar saman veglínur annars vegar um Laugardælaeyju í samræmi við núverandi skipulag og ný veglína sem þverar Ölfusá við gamla ferjustæðið við Laugardælaferju samsíða háspennulínunni Búrfellslínu 2. Á þeim tíma var um að ræða tveggja akreina veg í vegflokki B1.

Áætlaður var kostnaður við brýr á grundvelli jarðfræðirannsókna frá ágúst 2004 þar sem boraðar voru 8 holur með loftbor og 4 holur með kjarnabor. Það var metið sem svo að aðstæður til grundunar brúar á austurbakka Ölfusár fyrir veglínu um Laugardælaeyju væru mjög óhagstæðar þar sem mikil óvissa var með þykkt hraun- og setlaga. Áhrif þykktar set- og hraunlaga á mögnun jarðskjálftaáhrifa eru veruleg eins og staðfest var með mælingum við Þjórsárbrú í Suðurlandsskjálftum árið 2000. Aðstæður til grundunar voru því metnar sem óhagstæðar.

Við veglínu 1 um Efri Laugardælaeyju var áætlað að brú gæti verið 280-300 m að lengd og myndi kosta um 700-800 milljónir kr.

Við veglínu 2 um gamla ferjustaðinn við Laugardælaferju var gert ráð fyrir um 160 m langri brú og að brú í einu hafi myndi kosta um 450-500 milljónir kr. en brú í þremur höfum með milliundirstöður í farvegi Ölfusár myndi kosta um 350-400 milljónir kr.

Nýbygging vegar um veglínu 2 um gamla ferjustaðinn við Laugardælaferju var um 1,6 km lengri en fyrir veglínu 1 og var kostnaður án lýsingar metinn um 80 milljónir kr.

Niðurstaða samanburðar á kostnaði var sú að veglína 2 væri um 200-350 milljónum kr. ódýrari en veglína 1.

Í september 2007 fjallaði brúadeild Vegagerðarinnar um nýja brú á Ölfusá í skýrslunni, *Brú á Ölfusá norðan Selfoss - Frumathugun á brúagerð um Laugardælaeyju*.

Þar var gengið út frá vegtegund A, þ.e. tvær akreinar í hvora átt, alls fjórar akreinar. Þessi athugun byggði á sömu jarðfræðiathugunum frá ágúst 2004 þar sem þykkt hraun- og setlaga var nokkuð óviss á austurbakka Ölfusár við Efri Laugardælaeyju. Þar var metinn kostnaður fyrir nokkra valkosti,

- Valkostur 1.1 – Hagstæðustu grundunaraðstæður, þ.e. hægt að byggja undirstöður í ánni ásamt grundun ofan á hraunlögum á austurbakka, tvær eftirspenntar steiptar brýr í þremur höfum, 94 m og 126 m langar. Áætlaður kostnaður 1540 milljónir kr.
- Valkostur 1.2 – Óhagstæðustu grundunaraðstæður, þ.e. ekki hægt að tryggja undirstöður í ánni. Bogi með 94 m haflengd með innspenntum boga

að vestan verðu, 126 m löng bogabrá með togbandi að austan verðu. Áætlaður kostnaður um 2.560 milljónir kr.

- Valkostur 2 – Samfelld brú yfir allan farveg Ölfusár og Efri Laugardælaeyju. 270 m löng skástagbrú og var kostnaður við hana metinn sem 2.400 milljónir kr.

2.2 Jarðfræði

Í ágúst 2004 kannaði Vegagerðin jarðlög fyrir væntanlegt brúarstæði, alls voru boraðar 8 holur með loftbor og 4 holur með kjarnabor. Ekki var staðfest þykkt set- og hraunlaga við austurbakka Ölfusár við Efri Laugardælaeyju en borunin þá sýndi fram á setlög undir hraunlögum en erfiðleikar við borun í setlögum olli því að borun var hætt áður en þykkt þeirra var staðfest. Þá reyndist Þjórsárhraunið vera 5,2 m þykkt og þykkt setlags þar undir a.m.k. 3,5 m, en ekki var borað niður í undirliggjandi berggrunn og því var þykkt setlagsins óviss. (sjá, *Greinargerð um boranir við Ölfusá sem fóru fram í ágúst 2004 – Hersir Gíslason, jarðfræðideild, 4.október 2004.*)

Í nóvember 2008 gerði verkfræðistofan Efla jarðfræðirannsókn á brúarstæði um Efri Laugardælaeyju, sjá minnisblað frá 8.desember 2008. (*Stefán Geir Árnason, Hringvegur, Selfoss-Hveragerði, Rannsóknaboranir fyrir brú á Ölfusá norðan Selfoss*). Helsti tilgangur var að bæta við upplýsingum um þykkt Þjórsárhrauns á austurbakkanum og að afla upplýsinga um gerð og dýpi niður á eldri berggrunn. Jafnframt var siglt út í Efri Laugardælaeyju og jarðlög á yfirborði kortlögð. Alls voru boraðar tvær holur þar sem borað var með Odex-loftbor í gegnum hraun- og setlög og fóðring rekin niður samhliða þar til komið var niður í eldri berggrunninn. Þá var skipt yfir í kjarnaborun og borað með þeirri aðferð í grágrýtisberggrunninn til að afla upplýsinga um gerð hans.

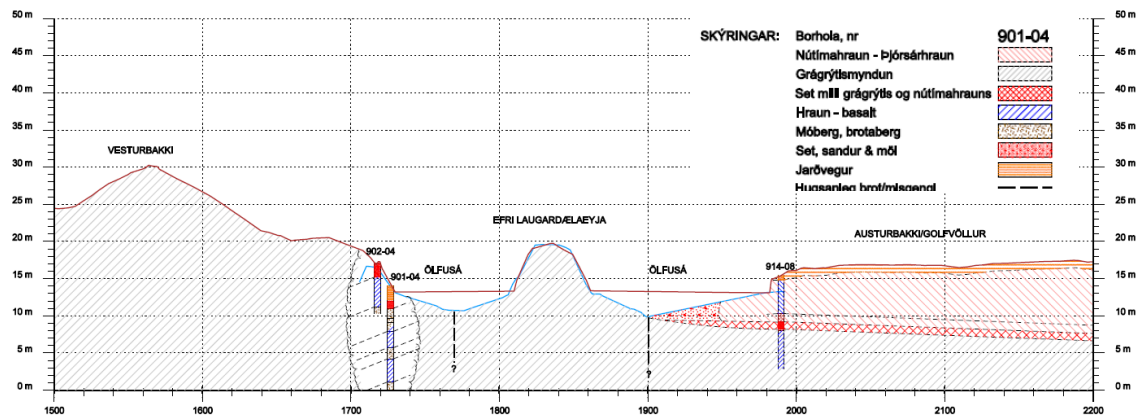
Niðurstaða borana 2008 var sú að þykkt Þjórsárhrauns á austurbakka Ölfusár gegnt Efri Laugardælaeyju er á bilinu 3,9-5,6 m. Undir hrauninu er setlag og er þykkt þess, eins og hún kemur fram í borholum < 1,0 - >3,5 m og virðist þykktin vera minnst syðst en aukast til norðurs. Undir setinu er grágrýtisberggrunnur og er hann á 6,2-7,4 m dýpi í borholum frá 2008.

Athugun á Efri Laugardælaeyju leiddi í ljós að bergið þar tilheyrir grágrýtisberggrunninum. Jarðlagaskipan þar samanstendur í meginráttum af frekar þéttum basaltlögum og hörðum og samlímdu rauðleitum kargalögum. Strik og halli jarðlaga var ekki mælt nákvæmlega en almennt virðist jarðlögum halla til N-NV.

Talið er mögulegt að grunda brú við þessar aðstæður á austurbakka Ölfusár á eldri grágrýtisberggrunni sem er á um 6-7 m dýpi frá yfirborði. Hraun- og setlög yrðu þá grafin burtu í því skyni að lágmarka mögnunaráhrif lagskiptingarinnar á jarðskjálftasvörun brúarinnar. Einnig væri mögulegt að grunda endastöpla á austurbakkanum á staurum sem væru boraðir í gegnum hraun- og setlög.

Ekki hafa farið fram neinar boranir í Efri Laugardælaeyju en jarðlög á yfirborði hafa verið kortlögð og leiddi sú athugun í ljós að bergið þar tilheyrir eldri grágrýtisberggrunni og samanstendur af tiltölulega þéttum basaltlögum og hörðum

og samlímdum kargalögum. Aðstæður til grundunar brúar á á Efri Laugardælaeyju ættu því að vera tiltölulega hagstæðar. Það er því talið að nægilegar upplýsingar liggi fyrir varðandi jarðfræði brúarstæða við Efri Laugardælaeyju og við Laugardælaferju þannig að hægt sé að meta þær til kostnaðar á sama grunni. Frekari athuganir eða boranir þyrfti að gera á Efri Laugardælaeyju síðar til að staðfesta burðarhæfi eyjunnar.



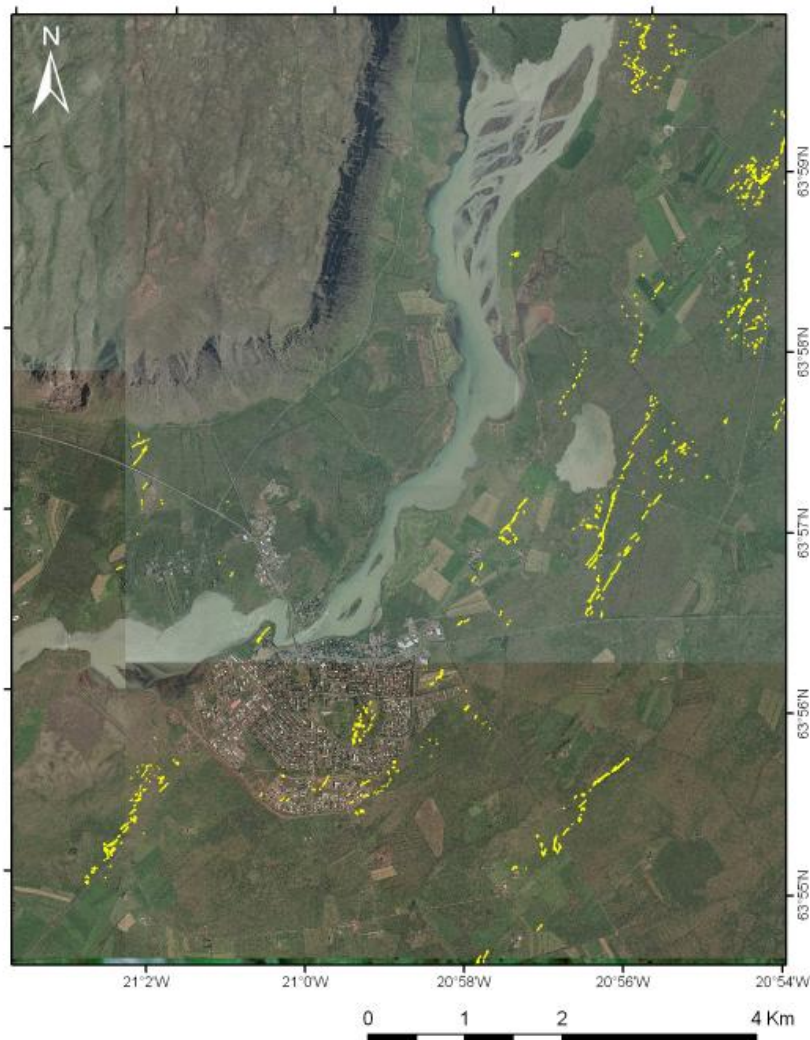
Mynd 2-1 Jarðlagasnið í brúarstæði um Efri Laugardælaeyju norðan Selfoss.



Mynd 2-2 Berglag og rauðleitur kargi á N-enda Laugardælaeyju (vinstri). Þétt, stuðlað berglag og undirliggjandi kargalag á NA-horni Efri Laugardælaeyju (hægri).

Páll Einarsson hefur tekið saman greinargerð um jarðskjálfta og sprunguhreyfingar við brúarstæðið. Þar kemur m.a. fram að ekki er hægt að útiloka að virkar jarðskjálftasprungur séu í farvegi Ölfusár. Brúin er jafnframt staðsett mjög nálægt upptökum Suðurlandsskjálfta og er mjög líklegt að brúin verði fyrir skjálfta af stærðinni 6,5-7 stig á Richter með upptök í næsta nágrenni. Meðal annars mynduðust miklar sprungur við Laugardæli í stærsta jarðskjálfta sem vitað er um á Íslandi þann 14.ágúst 1784 og má telja líklegt að þar um liggi upptakamisgengi þess skjálfta.

Á mynd 2-3 má sjá kort sem sýnir sprungur sem virkar hafa verið á nútíma, þ.e. síðustu 10.000 árum. Ekki eru þó allar sprungur þekktar eða sýnilegar á yfirborði og því nauðsynlegt að gera ráðstafanir til frekari rannsókna þegar búið verður að velja endanlegt brúarstæði, þ.e. hugsanlega gætu sprungur komið í ljós þegar laus jarðlög eru fjarlægð.



Mynd 2-3 Sprungur í nágrenni brúarstæðis við Selfoss (Páll Einarsson, 2009). Loftmynd frá Loftmyndum ehf.

2.3 Vatnafar

Í skýrslu Veðurstofu Íslands um flóð og flóðagreiningu rennslisraða íslenskra vatnsfalla (*Flóð íslenskra vatnsfalla – flóðagreining rennslisraða, skýrsla nr.2009-001, Veðurstofa Íslands*) er eftirfarandi lýsing á Ölfusá.

Ölfusá hefur öll tegunda einkenni íslenskra fallvatna enda rennur í hana víða að. Mikil flóð koma í ána, en mest verða þó vetrarflóðin (nóvember-febrúar). Þau eru einnig tíðust. Vetrarflóðin verða jafnstór og raun ber vitni, því oft leysir snjó af láglendi við skamma hlýnun eða í kjölfar rigninga. Þetta ferli spilar oft saman við ístruflanir í ánni. Þá myndast krapastíflur eða hrannir sem hleypa upp vatnsstöðunni. Árið 1948 voru mælingar ekki

hafnar, en þá í mars kom stórflóð í ána. Mynd var tekin af Tryggvaskála umflotnum vatni. ... Í flóðinu 1960 flæddi Ölfusá inn í kjallara húsa á Selfossi. Í janúar 1961 hlóðst upp krapastífla. Um miðjan mánuðinn hlánaði og við áganginn af vatninu brotnuðu síma- og rafmagnsstaurar í Arnarbælishverfinu. Í flóðinu 1962 flæddi inn í mörg hús. Þegar stórflóðið skall á í febrúarlok 1968 var mikil hrönn í Ölfusá neðan við Selfoss. Vatnið flaut inn í 35 hús á Selfossi. Upp úr miðjum desember 2006 voru mikil flóð á suðurlandi í kjölfar hlýnunar og rigninga. Hæsta rennslismæling á lykli er straumsjármæling, sem gaf rennsli 1760 m³/s við vatnshæð 537 cm. Hún var gerð 21. desember 2006.

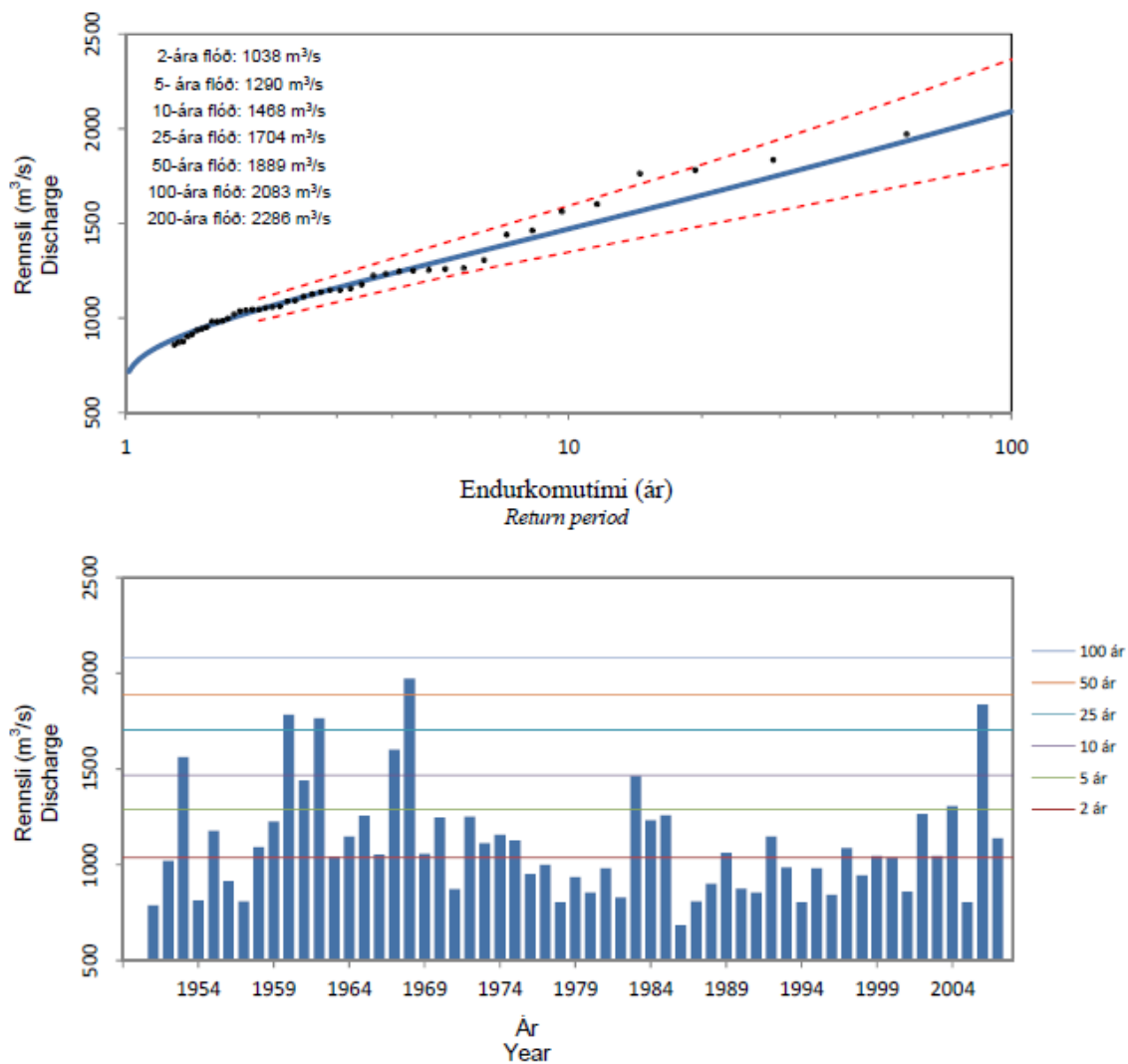
(Flóð íslenskra vatnsfalla – flóðagreining rennslisraða, skýrsla nr. 2009-001, Veðurstofa Íslands)

Verkfræðistofa Suðurlands fylgdist með vatnshæðum í Ölfusá fyrir sveitarfélagið í aðdraganda og meðan flóð stóð yfir þann 21. desember 2006. Á mynd 2-4 má sjá vatnshæð ofan við ferjustæði við hámarksrennsli, þ.e. 1760 m³/s. Mæld vatnshæð reyndist vera 16,4 m í hæðarkerfi Selfoss eða um 16,8 m í landshæðarkerfi. Til móts við Neðri Laugardælaeyju við Árveg reyndist vatnshæð við hámarksrennsli vera um 15,2 m í hæðarkerfi Selfoss eða um 15,6 m í landshæðarkerfi. (Verkfræðistofa Suðurlands, Flóð í Ölfusá við Selfoss 21. desember 2006).



Mynd 2-4 Ofan við ferjustæði (á golfvelli austan ár) við hámarksrennsli þann 21. desember 2006. Grímsklettur sést hinum megin við ána. Tekið úr skýrslu Verkfræðistofu Suðurlands, Flóð í Ölfusá við Selfoss, 21. desember 2006.

Reiknuð og mæld hæstu flóð árána 1951-2007 Calculated and measured maximum floods



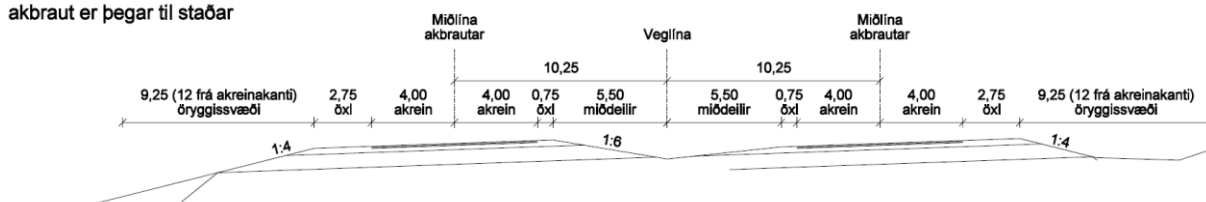
Mynd 2-5 Reiknuð og mæld hæstu flóð árána 1951-2007 fyrir vatnshæðarmæli 064 í Ölfusá við Selfoss. (Flóð íslenskra vatnsfalla – flóðagreining rennslisraða, skýrsla nr. 2009-001, Veðurstofa Íslands).

2.4 Vegflokkur og þversnið

Hönnunarforsendur Suðurlandsvegjar samkvæmt frumdrögum sem lokið var við í júlí 2010 gera ráð fyrir að hann sé vegur í flokki A₃₄. Alls eru það fjórar 4 m breiðar akreinar, tvær í hvora átt, með 11 m breiðum miðdeili á milli akbrauta. Ytri axlir eru 2,75 m en innri axlir 0,75 m.

Almennt fyrir Hringveginn

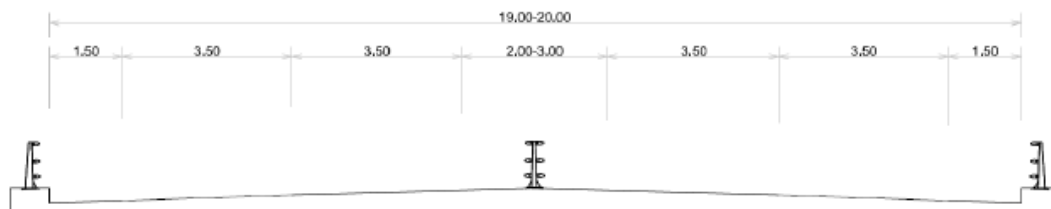
Stærsti hlutinn af annarri hvorri akbraut er þegar til staðar



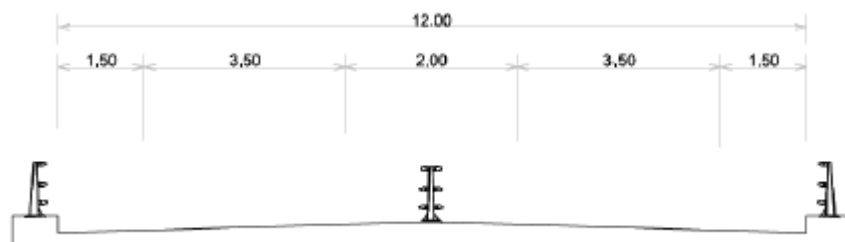
Mynd 2-6 Þversnið Suðurlandsvegjar

Æskilegt er að þrengja brúarþversnið eins og hægt er til að fá fram hagkvæmni. Jafnframt verður stór hluti umferðarinnar áfram um núverandi Ölfusárbrú og því er það ekki umferðarmagn sem krefst fjögurra akreina yfir nýja brú á Ölfusá. Hins vegar þarf að taka tillit til aðskilnaðar umferðarstefna til að auka umferðaröryggi nýrrar leiðar. Í veghönnunarreglum Vegagerðarinnar er þversnið af gerð B með tveimur til fjórum akreinum og a.m.k. 2 m miðdeili til að hindra að öfumenn fari yfir á öfugan vegarhelming. Þversnið vegar á brú skal almennt miða við óskerta breidd aðliggjandi vegar og er breidd milli bríka fyrir vegtegund B₁₂, 12,0 m fyrir tvær akreinar og fyrir vegtegund B₁₉, 19,0 m fyrir fjórar akreinar.

Ef fjórar akreinar eru gerðar í upphafi getur þversnið verið af gerð B₁₉ með 2-3 m breiðum miðdeili, 3,5 m breiðum akreinum og 1,5 m breiðum öxlum eins og sést á mynd 2-7. Ef einungis tvær akreinar eru gerðar í upphafi getur þversnið verið af gerð B₁₂ eins og sést á mynd 2-8.



Mynd 2-7 Vegtegund B₁₉ samkvæmt veghönnunarreglum Vegagerðarinnar.



Mynd 2-8 Vegtegund B_{12} samkvæmt veghönnunarreglum Vegagerðarinnar.

Ný brú á Ölfusá er staðsett nærri útvistarsvæði Selfyssinga í Hellisskógi og því er gert ráð fyrir göngu- og hjólaleið yfir brúna, allt að 3,0 m breiðum sameiginlegum hjóla- og göngustíg.

2.5 Hönnunarstaðlar

Brúin er hönnuð samkvæmt gildandi íslenskum álags- og hönnunarstöðlum ásamt viðeigandi íslenskum þjóðarskjölum, ÍST EN 1990-1999.

ÍST EN 1990

ÍST EN 1991 – Álag á burðarvirki

ÍST EN 1992 – Hönnun steinsteypuvirkja

ÍST EN 1993 – Hönnun stálvirkja

ÍST EN 1994 – Hönnun samverkandi stál og steinsteypuvirkja

ÍST EN 1997 – Jarðtækni og undirstöður

ÍST EN 1998 – Jarðskjálftahönnun

2.6 Álagsforsendur

2.6.1 Umferð

Umferðarálag er í samræmi við ÍST EN 1991-2. Miðað er við að nota minnkunarstuðullinn $\alpha_{Q1} = 0,8$ í samræmi við íslenskt þjóðarskjal. Þar sem akstursstefnur eru aðskildar með vegriði í miðdeili þá gerir staðallinn ráð fyrir því að skipta brúnni í tvær akbrautir, sem hvor um sig hefur akrein nr. 1. Umferðarálag á akrein 1 samkvæmt staðlinum er flatarálag $q_k = 9 \text{ kN/m}^2$ og tvíása öxull með heildarþunga 600 kN.

Álagslíkön í EN 1991-2 eru einungis gild fyrir lengd áhrifslínu upp að 200 m. Ný brú á Ölfusá er allt að 310 m löng með löngum áhrifslínum sem geta verið allt að 310 m langar. Álagslíkön samkvæmt EN 1991-2 eru því orðin mjög íhaldssöm fyrir svo langar áhrifslínur og skynsamlegt væri að reyna að minnka álagið. Það er m.a. mögulegt með því að skilgreina sérstakt umferðarálag fyrir nýja Ölfusárbrú byggð á upplýsingum um samsetningu umferðar. Líklegt er að það leiði til hagkvæmni án þess þó að það komi niður á áreiðanleika og öryggi mannvirkisins.

2.6.2 Jarðskjálftar

Ekki hafa verið skilgreindar sérstakar hönnunarforsendur jarðskjálfta fyrir nýja brú á Ölfusá en sú vinna er fyrirhuguð og verður unnin af Bjarna Bessasyni prófessor við verkfræðideild Háskóla Íslands.

Gert er ráð fyrir að skilgreina svörunarróf jarðskjálfta sem tekur tilit til nærsviðsáhrifa jarðskjálfta ásamt tilheyrandi tímaröðum sem hægt er nota við hönnun.

Jafnframt er gert ráð fyrir að skilgreina tvenns konar hönnunarjarðskjálfta í samræmi við jarðskjálftastaðalinn ÍST EN 1998-2:2005, þ.e. stærri atburð sem brúin þarf að standa án þess að hrynja (e. *no collapse requirement*) og minni atburð sem brúin þarf að þola án skemmda (e. *damage limitation requirement*).

Gert er ráð fyrir að notaður sé mikilvægisstuðullinn $\gamma_1 = 1,3$ eins og mælt er með í staðlinum fyrir mikilvægar brýr sem eru taldar nauðsynlegar fyrir samgöngur stuttu eftir jarðskjálfta.

Fyrir stagbrýr og bogabrýr með togbandi er ekki um að ræða að hægt sé að eyða orku jarðskjálftans með því að flotliðir myndist í brúnni þar sem um háa áslæga krafta er um að ræða í burðarvirkinu. Brúin mun því hegða sér línulega í jarðskjálfta og því er mælt með að hegðunarstuðullinn (e. *behavior factor*) sé $q = 1$. Jafnframt er gert ráð fyrir að einangra brúna að einhverju leyti með blýgúmmilegum og/eða dempurum til að minnka áhrif jarðskjálftans.

Í nýjum þjóðarviðauka fyrir Eurocode 8 er gert ráð fyrir að grunnhröðun jarðskjálfta á Selfossi og nágrenni sé $a_g = 0,5g$ og er miðað við það þangað til frekari skilgreiningar liggja fyrir.

Forsendur jarðskjálftaálagsins þarf að skilgreina áður en lagt verður í frekari hönnun.

Gert verður ráð fyrir því við hönnun brúarinnar að hún þveri misgengi í farvegi Ölfusár og því má búast við að hún verði fyrir skúfhreyfingu á undirstöðum. Gert er ráð fyrir að fyrir brú með austlæga stefnu geti eystri undirstaða færst um allt að 1-2 m til suðurs miðað við vestari undirstöðu.

Við verkfræðideild Háskóla Íslands hafa verið skrifaðar tvær meistararitgerðir þar sem að niðurstöður geta gefið viðbótarupplýsingar um forsendur jarðskjálftahönnunar fyrir nýja Ölfusárbrú. Annars vegar er ritgerð um nærsviðsáhrif jarðskjálfta í Suðurlandsskjálftum 2000 og 2008 á nýja Þjórsárbrú sem tekin var í notkun árið 2003. Hins vegar er ritgerð um hönnun stagbrúar sem tekur mið af mismunahreyfingum og er sniðin sérstaklega að nýrri brú á Ölfusá.

2.6.3 Vindur

Evrópskur álagsstaðall um vindálag, EN 1991-1-4:2005 á eingöngu við um hefðbundnar brýr en á ekki við um stagbrýr eða bogabrýr. Fyrir slíkar brýr verður að taka tillit til mögulegra dýnámískra vindáhrifa, bæði fyrir brúargólf, kapla og hengistangir.

Samkvæmt íslensku þjóðarskjali sem fylgir EN 1991-1-4:2005 skal reikna með grunnmeðalvindhraða sem er $v_{b,0} = 35,5$ m/s í 10 m hæð yfir jörðu. Ef miðað er við þann grunnvindhraða og formstuðla fyrir turn og kapla samkvæmt EN 1991-1-4 þá er líklegt að jarðskjálftaálag sé ráðandi lárétt álag fyrir turn í stagbrú.

Ekki er líklegt að brúargólf stagbrúar og/eða bogabrúar sé viðkvæmt fyrir sveiflum vegna vindálags, til þess er haflengdin ekki nægilega mikil. Með rétttri formun á bríkum brúargólfsins og að gætt sé að eigintíðni lóðréttis sveifluforms og eigintíðni vindu sveifluforms séu nægilega vel aðskildar, ætti brúargólfið ekki að vera viðkvæmt fyrir sveiflum. Kaplar og hengistangir geta aftur á móti verið viðkvæm fyrir dýnámískum vindáhrifum (t.d. *vortex shedding*). Gert er ráð fyrir að ráðstafanir verði gerðar vegna dempunar fyrir lengstu stögin. Samkvæmt upplýsingum frá framleiðendum gæti kostnaður við dempun staga verið um 10% af heildarkostnaði við stögin. Mikilvægt er því að þekkja vel forsendur vindálagsins á staðnum.

Mælt er með því að gerðar verði mælingar í nágrenni brúarstæðisins til að geta metið tíðni vindátta og mismunandi vindhraða, þannig er unnt að spá fyrir um dýnámísku vindáhrifin og taka tillit til þeirra áður en brúin er byggð og þannig ná fram hagkvæmni. Breytingar eftir á eru gjarnan mjög kostnaðarsamar. Næsta sjálfvirka veðurstöð er við Suðurlandsveg undir Ingólfsfjalli en ólíklegt er að hún sé nægilega lýsandi fyrir aðstæður við Ölfusá sökum staðbundinna vindáhrifa við Ingólfsfjallið auk fjarlægðar frá brúarstæðinu.

Álagsflétta samkvæmt EN 1990 gerir ráð fyrir að vindur verki með umferðarálagi í brotástandi með hlutstuðlinum $\psi_0 = 0,6$, þ.e. $\psi_0 F_{wk}$ en þó að hámarki F_w^* , þar sem F_w^* er reiknað miðað við grunngildi vindhraða $v_{b,0} = 23$ m/s. Ef brúarþversniðið er ekki prófað í vindgangatilraunum er lagt til í staðlinum að nota stuðullinn $c_{f,z} = \pm 0,9$. Lóðréttur þáttur vindálagsins er því um það bil $w_{z,k} = 51$ kN/m fyrir 24 m breiða brú. Þegar vindur verkar með umferðarálagi þá er það um 32 kN/m. Til samanburðar er jafndreifða umferðarálagið samkvæmt LM1 (Load Model 1) um

80-90 kN/m. Með tilraunum í vindgöngum væri hægt að áætla formstuðla fyrir brúargólfið með tilliti til vindu, lárétts álags og lóðrétts álags. Líklegt er að það gæti leitt til hagkvæmari hönnunar. Hins vegar er mjög líklegt að sökum hás jarðskjálftaálags á Selfossi séu jarðskjálftar ráðandi lárétt álag fyrir brúargólfið og turn, það ber þó að taka fram að fyrir hönnunarjarðskjálfta er ekki reiknað umferðarálag með í álagsfléttu samkvæmt evrópskum jarðskjálftastaðli.

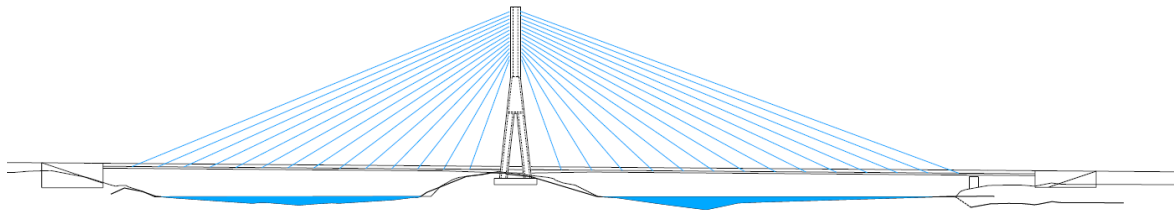
2.6.4 Flóð

Ekki er gert ráð fyrir að undirstöður brúarinnar standi í farvegi Ölfusár og þarf því ekki að gera ráð fyrir sérstöku hönnunarálagi vegna flóða.

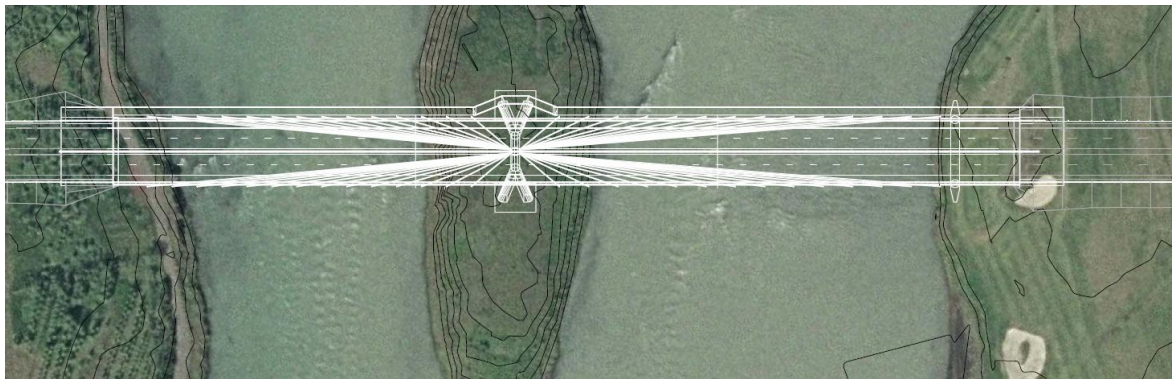
3 BRÝR Í VEGLÍNU 1

3.1 Stagbrú

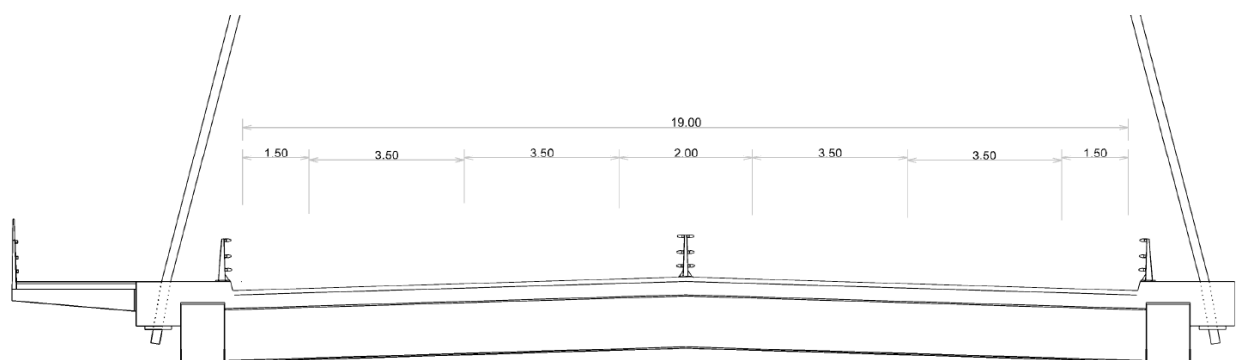
Stagbrú sem var frumhönnuð um Efri Laugardælaeyju má sjá á teikningu 02.



Mynd 3-1 Stagbrú við Efri Laugardælaeyju – langsnið.



Mynd 3-2 Brúarstæði í veglínu 1, grunnmynd.



Mynd 3-3 Stagbrú við Efri Laugardælaeyju – Þversnið 2+2 akrein auk gangbrautar, heildarbreidd 24 m.



Mynd 3-4 Stagbrú við Efri Laugardælaeyju séð frá austurbakka Ölfusár.

Heildarlengd brúarinnar er 305 m í þremur höfum, 135 m löngu hafi yfir vestari kvísl Ölfusár, 155 m löngu hafi yfir eystri kvísl Ölfusár og 25 m löngu landhafi á austurbakkanum. Heildarbreidd brúarinnar er um 24 m miðað við fjögurra akreina veg með 2 m breiðum miðdeili ásamt 3 m breiðum göngu- og hjólastíg. Akbrautin svífur yfir Efri Laugardælaeyju í um 2 m hæð yfir núverandi yfirborði eyjunnar.

3.1.1 Turn

Einkennandi fyrir brúna er turninn á Efri Laugardælaeyju sem er steypur turn með A-formi í langátt brúarinnar og svokallað öfugt Y (e. *inverted Y*) í þveráttina. Turninn í eyjunni þarf að vera nokkuð efnismikill til að tryggja stöðugleika brúarinnar. Hann verður fyrir verulegu ósamhverfu álagi vegna eiginþunga þar sem brúarhöfin sitthvoru megin eru mislöng, ekki er heldur gert ráð fyrir að stögin séu leidd í jörð eins og gjarnan er gert til að tryggja stöðugleika og lágmarka beygjuvægi í turninum. Það var ekki talið heppilegt vegna hættu á mismunahreyfingum milli árbakkanna vegna virks misgengis í farvegi Ölfusár. Það þýðir að turninn þarf að taka upp allar mismunahreyfingar með beygjuvægi og þar með verður hann nokkuð efnismikill, reynt er að lágmarka það með því að forma turninn sem A í langáttina. Á þann hátt er mögulegt að gera turninn stífari og þannig minnka formbreytingar í turni og brúargólfi.

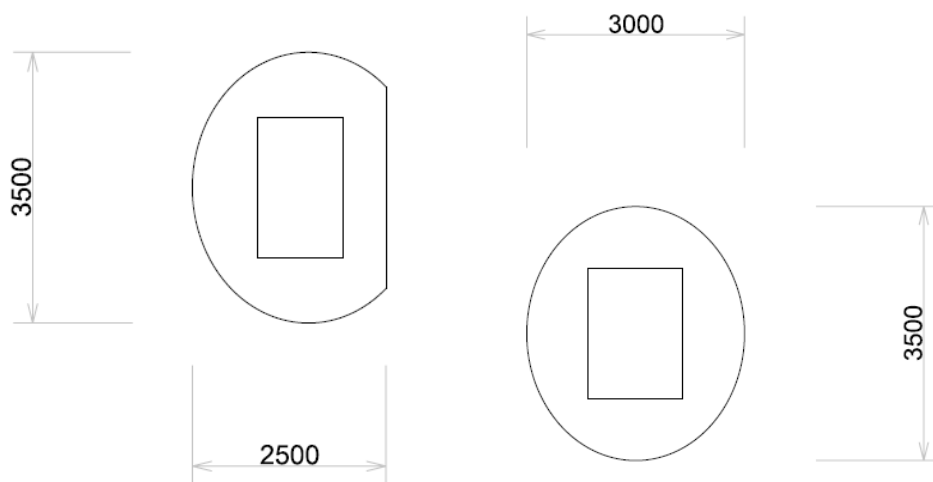
Turninn er holur að innan, mögulega klæddur með stálplötu að innanverðu í toppnum. Veggþykkt í turninum er breytileg eða frá um 50 cm upp í um 80 cm. Stálplatan flytur krafta milli stagpara sitt hvoru megin við turninn ásamt því að virka sem mót að innanverðu í toppnum. Gera þarf ráð fyrir að aðgengi þurfi að vera í turninn til að geta sinnt viðhaldi og eftirliti með kapalakkerum í turninum og þarf að hafa nægilegt rými til þess.

Gert er ráð fyrir að steypa í turn sé hástyrkleikasteypa af gerð C50/60 með þrýstistyrk að lágmarki $f_{ck} = 50$ MPa.

Mismunandi turngerðir hafa ólíka hegðun í jarðskjálfta og ekki sjálfgefið á þessu stigi hvert sé heppilegasta formið. Nánari greiningu á því þarf að gera þegar skilgreining á jarðskjálftaálaginu liggur fyrir. Nokkrir möguleikar eru fyrir turngerð, þ.e. A-laga turn, öfugt Y, tveir lóðréttir turnar, H-turn og stakur turn í miðju.

Stakur turn í miðju er góður valkostur að mörgu leyti, útlitslega er hann mjög stílhreinn. Hann þarf þó að vera nokkuð efnismikill til að geta tekið beygju um báða ása, sérstaklega þar sem að ekki er gert ráð fyrir að staga brúargólfið niður við endana. Það þýðir að miðeyjan þyrfti að öllum líkindum að vera nokkuð breiðari en 3 m til að skapa rými fyrir turninn ásamt öryggissvæðum, þá þarf brúargólfið að vera breiðara og þar með verður þessi valkostur ekki hagkvæmur og alls ekki ef um einungis 2 akreinar er að ræða. Ef brúargólfinu er haldið upp í miðjunni þarf langbitinn einnig að vera mjög vindustífur sem er mögulegt með stórum lokuðum kassabita úr stáli, mögulega verða þá jarðskjálftaáhrifin nokkuð meiri þar sem að tvö kapalplön gefa meiri láréttan stífleika heldur en einungis eitt kapalplan í miðju. Stakur turn í miðju þykir því ekki vera heppilegur kostur fyrir þessa brú, mögulegt er þó að frekari hagkvæmniathugun leiði annað í ljós.

Turninn verður mjög áberandi og því mikilvægt að útlit hans sé ekki of klossað. Því er lagt til að þversnið turnsins sé bogaformað að utanverðu til að fá mýkri línur og hefur það verulega góð áhrif á útlit turnsins.



Mynd 3-5 Þversnið í turn. Þversnið í neðri hluta (til vinstri), þversnið í lóðréttan efri hluta (til hægri).

A-laga turn í langátt hefur nokkuð sérstakt útlit. Skoðaðir voru tveir möguleikar á þeirri útfærslu, annars vegar að hafa leggina samtengda sem öfugt Y, einnig að hafa tvo lóðréttar turna sem ekki eru tengdir. Útlitslega geta samtengdir A-laga leggir verið nokkuð flóknir eins og sést á mynd 3-6. Tveir stakir A-laga turnar eru aftur á móti mun stílhreinni. Einhver munur er þó á hegðun þessara turnforma í jarðskjálfta sem ekki hefur verið metið hér. Hins vegar eru tveir stakir lóðréttir turnar nokkuð auðveldari í reisingu heldur en Y-laga turn með hallandi leggjum.



Mynd 3-6 Stagbrú við Efri Laugardælaeyju séð frá vesturbakka Ölfusár. Útfærslur á A-laga turn í langátt brúar. Tveir stakir turnar (efri) og samtengdir (neðri).

3.1.2 Undirstöður og stöplar

Undirstöður turnsins í Efri Laugardælaeyju eru grundaðar á klöpp. Gert er ráð fyrir að fjarlægja laus jarðlög og að platti undir hvorum fót turnsins sé um 14x10 m og um 1,5 m á þykkt. Plattarnir eru tengdir saman með a.m.k. tveimur bitum. Gert er ráð fyrir að bergakkeri með nokkuð þéttu millibili verði notuð til að binda undirstöðuplatta við klöppina og til að tryggja stöðugleika klapparinnar.

Undirstöður millistöps og endastöps á austurbakka Ölfusár eru grundaðar á þjöppuðum fyllingum sem liggja á eldri grágrýtisberggrunni. Núverandi laus jarðlög eru fjarlægð, hraunlag er jafnframt fjarlæggt til að koma í veg fyrir mögnun á jarðskjálftaáhrifum. Alls er um að ræða ca. 10000 m³ af efni sem gert er ráð fyrir að losa og fjarlægja. Hraunlögin sem losuð er má síðan nota sem fyllingarefni undir stöplana.

Undirstöður endastöpsuls á vesturbakkanum eru grundaðar á klöpp, laus jarðlög eru fjarlægð.

3.1.3 Kaplar

Uppröðun kapla í stagbrú hefur ráðandi áhrif á dreifingu krafta milli turns og brúargólfs. Kaplarnir raðast upp með föstu millibili í turninum og tengjast brúargólfinu með um 10 m millibili, hornið er því breytilegt og er frá 69° fyrir kapla næst turninum og niður í 23° fyrir lengsta kapalinn sem tengist brúargólfinu næst landstöplinum. Gert er ráð fyrir að kaplarnir liggi í tveimur plönum og tengjast brúargólfinu í hliðum þess, annar valkostur væri að hafa kapla í einu plani sem tengjast í miðju brúarinnar. Jafnmargir kaplar eru í báðum höfum, eða 28 kaplar hvoru megin í tveimur plönum eins og áður sagði. Stystu kaplarnir eru um 41 m langir og þeir lengstu um 154 m. Með því að hafa kaplana með tiltölulega þéttu millibili (9-10m) er hver kapall smærri í sniðum sem þýðir að auðveldara er að skipta þeim út í framtíðinni ásamt því að mögulegt er að hafa brúargólfið léttara.

Reiknað er með að kaplarnir séu gerðir úr samsíða 15 mm vírum (Parallel Strands) og hafa kaplarnir mismunandi fjölda víra eftir því hvert álagið er og er fjöldi þeirra á bilinu 27 til 37. Hver vír er með tæringarvörn og utan um þá alla er sérstök hlífðarkápa eins og má sjá á mynd 3-7. Í turninum er gert ráð fyrir föstum akkerum (án stillimöguleika) en við brúargólfið er gert ráð fyrir akkerum þar sem hægt er að stilla lengd víranna. Hver vír er dreginn í og strekktur sérstaklega og þarf því ekki fyrirferðamikinn eða þungan búnað við uppsetningu kaplanna. Leitað var upplýsinga um kapalkerfi frá ólíkum framleiðendum, VSL International og Freyssinet.

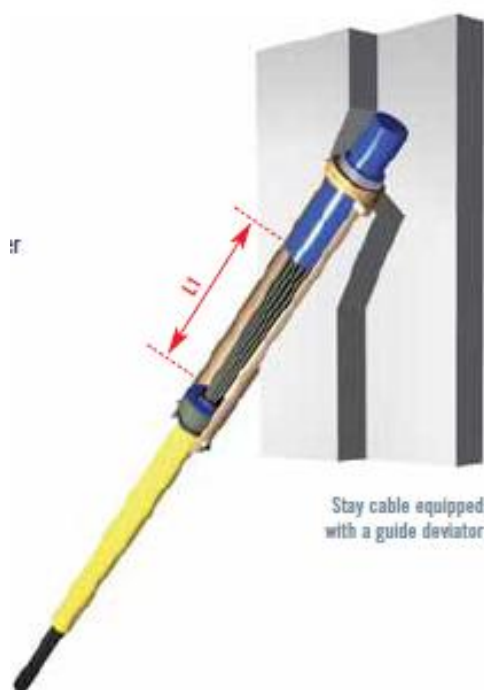
Einnig var skoðað hvort hagkvæmt væri að nota hefðbundnari kapla, svipaða þeim og eru í hengibrúm hérna á Íslandi, þ.e. svokallaðir „Locked Coil Strands“, sem eru úr heitgalvanhúðuðum vírum þar sem einstakir þræðir læsast saman. Ókosturinn við þá gerð er að áslægur stífleiki þeirra er ekki eins mikill og fyrir samsíða víra, þ.e. þeir hafa fjaðurstuðul um 160-170 GPa á móti um 195 GPa fyrir samsíða víra. Jafnframt þarf að strekkja allan kapalinn í einu lagi og þarf því verulega sérhæfðan og fyrirferðamikinn búnað við uppsetningu kapalsins. Á móti kemur að læstir kaplar eru ódýrari sé litið framhjá kostnaði við uppsetningu.

Langir kaplar geta verið viðkvæmir fyrir sveiflum vegna vinds og rigningar og má gera ráð fyrir að ráðstafanir þurfi að gera varðandi dempun fyrir lengstu kaplana. Kápa utan um kaplana er gjarnan með ribbum sem eru spíralformaðar eftir endilöngum kaplinum. Tilgangur þeirra er að minnka hættu á titringi vegna vinds og rigningar og er form þeirra valið þannig að það valdi sem minnstu viðbótar vindálagi á kaplana. Dæmi um slíkar ribbur má sjá á mynd 3-7.

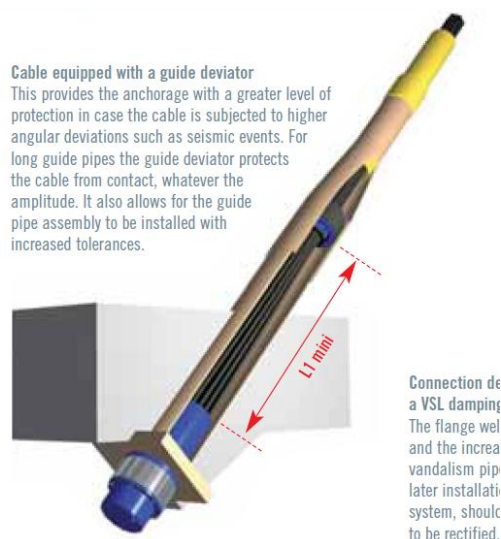


Bundle of Freyssinet Monostrand
in a co-extruded HDPE sheath
with double helical fillets

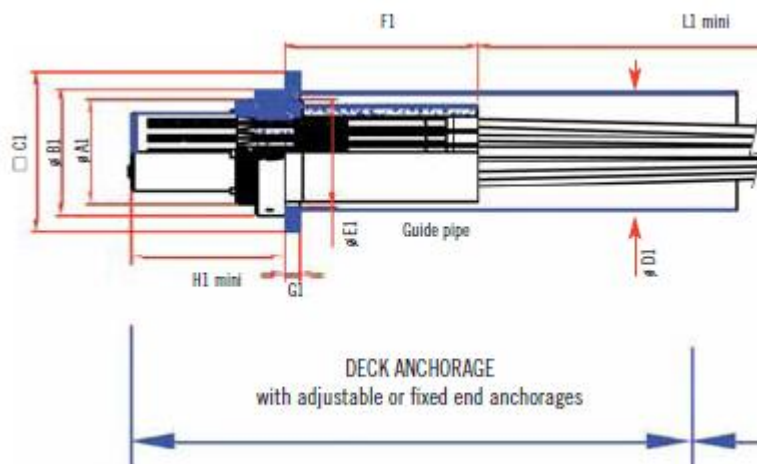
Mynd 3-7 Dæmi um uppbygging kapals úr samsíða vírum, Freyssinet kapalkerfi.



Cable equipped with a guide deviator
This provides the anchorage with a greater level of protection in case the cable is subjected to higher angular deviations such as seismic events. For long guide pipes the guide deviator protects the cable from contact, whatever the amplitude. It also allows for the guide pipe assembly to be installed with increased tolerances.



Mynd 3-8 Til vinstri, dæmi um akkeri án stillimöguleika í turni (e. fixed end anchorage). Til hægri, dæmi um stillanlegt akkeri við brúargólf (e. adjustable end anchorage). VSL SSI 2000 Stay Cable System



Mynd 3-9 Dæmi um akkeri með stillimöguleika (e. adjustable end anchorage). VSL SSI 2000 Stay Cable System.

3.1.4 Brúargólfið

Brúargólfið er samverkandi burðarvirki úr stálbitum og steypu gólfi. Miðað er við lokaða plötubita fyrir lang- og þverbíta eins og sést á mynd 3-3. Langbitarnir eru með breytilegri hæð, um 1,8 m næst ásetu við turninn og niður í um 1,3 m í um 30m fjarlægð frá turninum. Breidd langbitanna er um 0,8 m og steypa platan er um 30 cm þykk. Mögulega verður steypa platan lítillega þykkari í vestari hafinu til að lágmarka mismunaálag á turninn. Þverbítarnir eru um 1,1 m á hæð og um 0,6 m á breidd fyrir fjögurra akreina brú og eru þeir þá um 19 m langir. Gert er ráð fyrir að öll samskeyti séu soðin svo og tengingar þver- og langbita. Fjarlægð milli þverbíta er um 4 m að jafnaði. Gert er ráð fyrir að steypa platan verði byggð upp úr forsteypum einingum sem spanna milli stálbita og gólfið síðan staðsteypt ofan á á hefðbundinn hátt.

Brúargólfið er frábrugðið nýlegum samverkandi brúm sem byggðar hafa verið á síðustu árum, s.s. brýr á Þjórsá og Mjóafjörð, á þann hátt að háir áslægir þrýstikraftar eru í gólfinu vegna lárétts þátts staganna. Áslægi krafturinn byggist upp jafnt og þétt eftir því sem brúin er byggð og því er nokkuð flókið tímaháð álag að verka á samverkandi þversniðið. Það þarf að skoða mjög ítarlega á síðari stigum hönnunar. Til að lágmarka skriðáhrif í steypunni er lagt til að nota steypu með háum þrýstistyrk, þ.e. $f_{ck} = 50 \text{ MPa}$ að lágmarki, og gæti verið í flokki C50/60. Það hefur mikla kosti varðandi tímaháða eiginleika steypunnar auk hærri þrýstistyrks.

Valið var að nota samverkandi burðarvirki úr stáli og steypu til að hafa brúargólfið eins létt og mögulegt er og á þann hátt að lágmarka jarðskjálftaáráun á brúna. Sú aðferð hefur gefist vel fyrir stærri brýr á Íslandi síðustu árin, s.s. brýr á Þjórsá, Fnjóská, Jökulsá á Brú og yfir Hróteyarsund í Mjóafirði. Mögulegt er að steypu þversnið með steypum langbita geti verið hagkvæmara hér við Ölfusá, sérstaklega þar sem að gengisþróun á innfluttu stáli hefur verið mjög óhagstæð

síðasta árið, líklegt er þó að þyngra þversnið valdi því að stög og turn þurfi að vera efnismeiri. En eins og áður segir þá gefur þyngra þversnið meiri jarðskjálftaáraun á mannvirkið. Enn léttara brúargólf væri hægt að byggja úr stáli eingöngu, þ.e. í stað steyptrar plötu væri gólfið úr stáli en ekki var talið líklegt að það væri hagkvæmt.

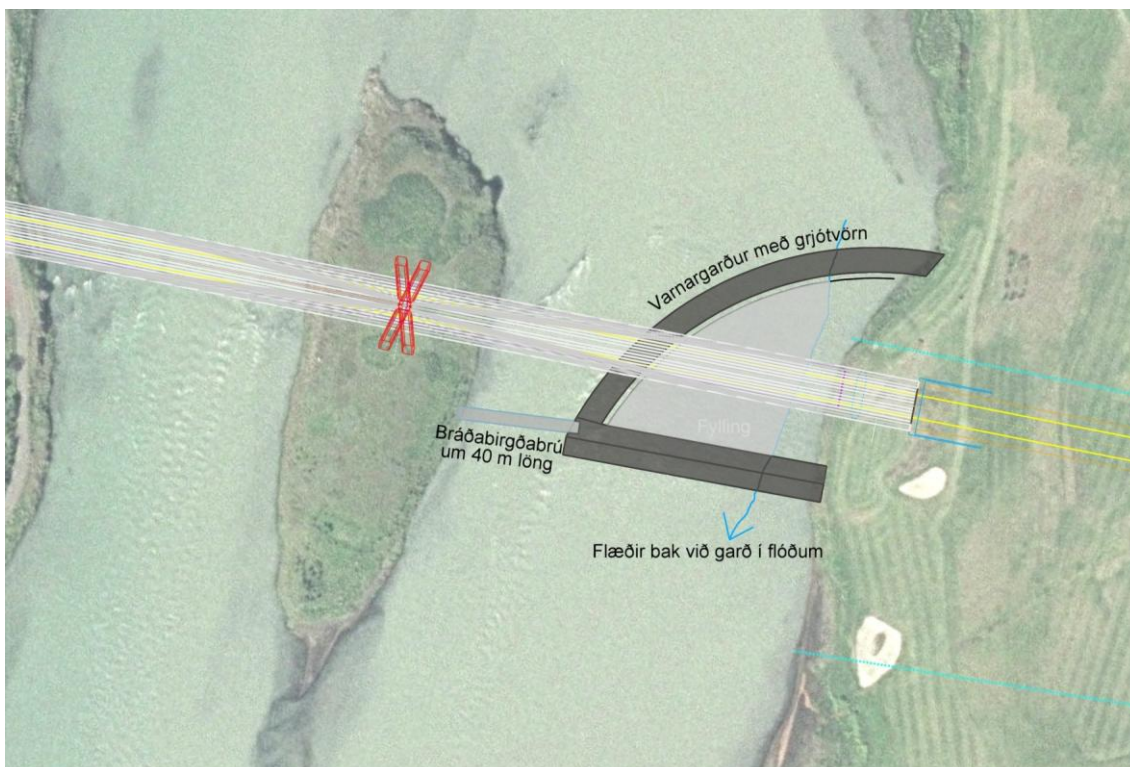
Aðrir möguleikar sem vert er að huga að á næstu hönnunarstigum er að nota opin þversnið, annað hvort I-plötubita og/eða opinn kassabita. Slík þversnið eru að öllum líkindum einfaldari í smíði og hafa ákveðna kosti varðandi uppsetningu stálverkjanna. Séu deili útfærð vel þá á að vera hægt að lágmarka kostnað vegna viðhalds síðar. Einnig hefur stál af gerðinni S460 orðið algengara í notkun á síðustu árum og samkvæmt lauslegri athugun virðist vera lítill kostnaðarmunur á S460 og S355 stáli.

Gert er ráð fyrir að brúnni sé haldið fastri í langátt við turninn, að minnsta kosti á framkvæmdatíma. Á endastöplum er komið fyrir blýgúmmílegum og hugsanlega dempurum til að lágmarka jarðskjálftaáraun og miðar það að því að stýra hreyfingum brúarinnar í jarðskjálfta. Nægilegt rými verði fyrir brúna til að hreyfast við endastöpla og taka upp mögulegar mismunahreyfingar í jarðskjálfta.

3.1.5 Reising brúar

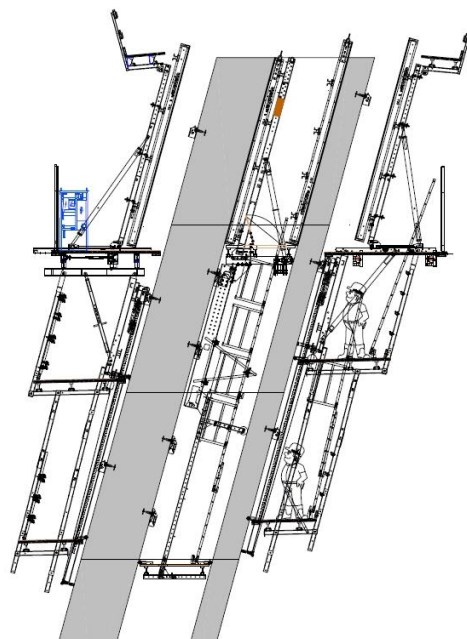
Erfiðasti og áhættumesti hluti brúarsmíðinnar er að tryggja aðkomu út í Efri Laugardælaeyju. Ekki er talið ráðlegt að fylla alveg upp í annan hvorn farveg Ölfusár vegna flóðahættu en búast má við 1000 m³/s flóði nokkrum sinnum á ári. Bæði getur það skapað tjón á byggingarefni og ekki síst aukið flóðahættu á Selfossi og í Flóa.

Lagt er til að gerð verði um 80 m löng fylling út í eystri farveg Ölfusár á grynningar sem þar eru, þá verði byggð um 40 m löng bráðabirgðabrú yfir dýpsta álinn til að brúa út í eyjuna. Gera má ráð fyrir að þetta ástand vari í um 2 ár. Mögulega útfærslu á fyllingum, varnargarði og bráðabirgðabrú má sjá á mynd 3-10.



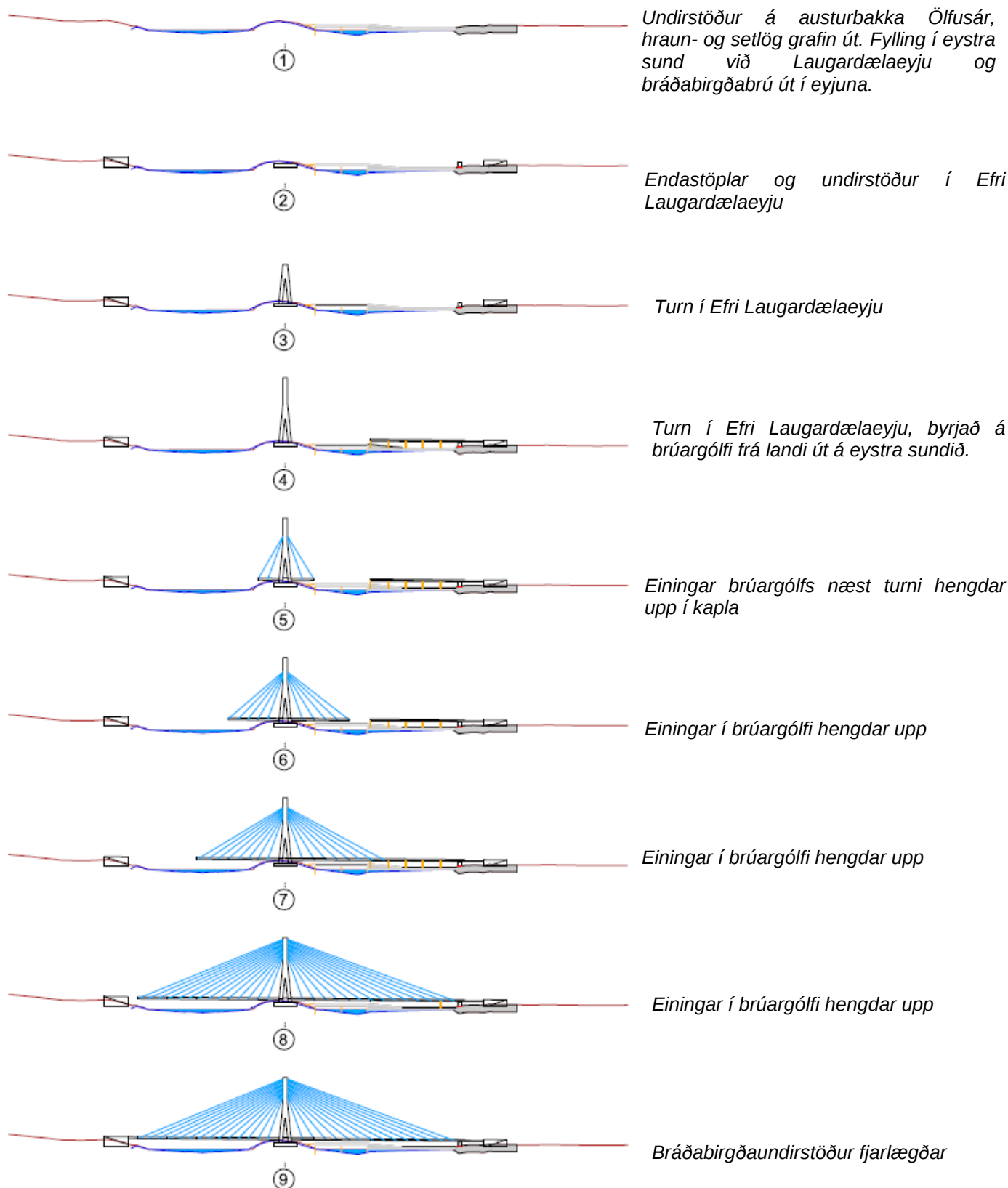
Mynd 3-10 Möguleg útfærsla á aðkomu í Efri Laugardælaeyju á byggingartíma.

Turninn er byggður með sérhæfðum einingamótum og vinnupöllum. Steyptur um 3-4 m hár hluti í einu og má gera ráð fyrir að hver áfangi taki að hámarki 1 viku. Fyrir um 60 m háan turn má því gera ráð fyrir um ca. 15-20 áföngum. Með því að gera ráð fyrir aukatíma fyrir áfanga þar sem fætur turnsins mætast, má því gera ráð fyrir um 6-8 mánaða verktíma fyrir byggingu turnsins.



Mynd 3-11 Dæmi um mótakerfi fyrir turn af svipaðri stærð og við Ölfusá, River Suir brú í Waterford á Írlandi. Mynd og upplýsingar frá DOKA, Ireland.

Stálbitar í brúargólfi eru síðan hengdir upp í kaplana út frá turninum, mögulega þarf bráðabirgðakapla næst turninum en annars halda varanlegir kaplar uppi brúargólfinu á verktímanum. Uppsetning og strekking kaplanna er að jafnaði ekki ráðandi þáttur í verktímanum heldur það hversu hratt brúargólfið er byggt, þ.e. stálbitar, forsteyptar einingar og staðsteypt gólfplata. Sé gert ráð fyrir um 2 vikum fyrir hverja 10 m langa einingu er mögulegt að reisa brúargólfið á um 60 vikum eða um 14 mánuðum. Með undirbúningi, byggingu bráðabirgðabrúar ásamt frágangi og yfirborðsmeðhöndlun stálverkja má því gera ráð fyrir að verktíminn sé að lágmarki um 2,5 ár og er þá ekki tekið tillit til áhrifa flóða í Ölfusá á framkvæmdina. Líklegur verktími gæti verið því verið um 3 til 3,5 ár.



Mynd 3-12 Stagbrú við Efri Laugardælaeyju, tillaga að reisingu

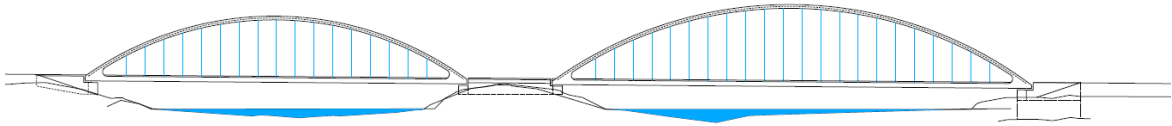
Helstu magntölur

Helstu magntölur í stagbrúnni eru eftirfarandi:

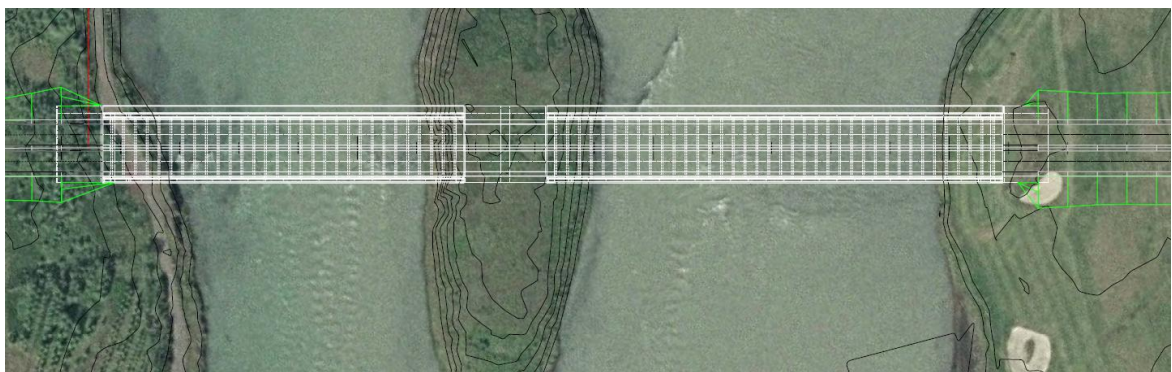
Mót	6.300 m ²	
Steypa	3.950 m ³	
Járnbending	380 tonn	
Stál í brúargólf	1.500 tonn	
Þverbitar	740 tonn	
Langbitar	760 tonn	
Kapalvír (þvermál 15,7mm)	180.000 m (210 tonn af stáli)	

3.2 Bogabrýr

Bogabrýr sem voru frumhannaðar á Efri Laugardælaeyju má sjá á teikningu 03.



Mynd 3-13 Bogabrú við Efri Laugardælaeyju, langsnið.

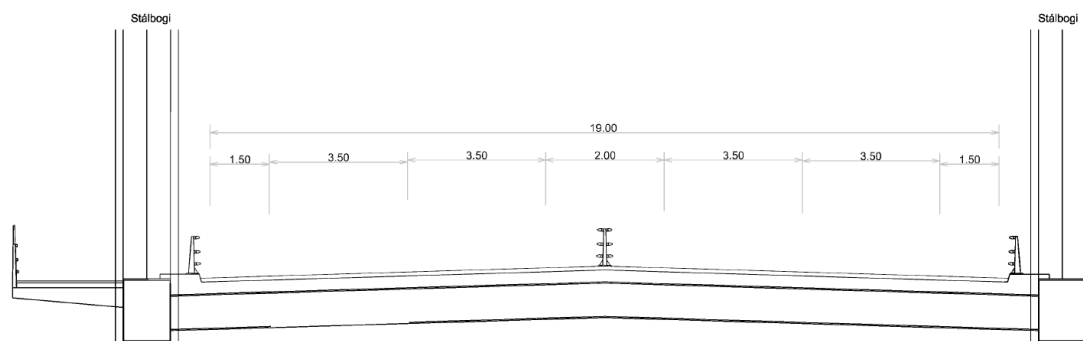


Mynd 3-14 Bogabrú við Efri Laugardælaeyju, grunnmynd.



Mynd 3-15 Bogabrú við Efri Laugardælaeyju, séð frá austurbakka.

.



Mynd 3-16 Bogabrá við Efri Laugardælaeyju, þversnið 2+2 akreinar auk gangbrautar, heildarbreidd um 24 m.

Um er að ræða tvær sjálfstæðar bogabryr með togbandi. Bogabrá yfir vestari farveg Ölfusár er 125 m löng en bogabrá yfir eystri farveginn er 155 m löng. Á Efri Laugardælaeyju er um 30 m langur lágur stöpull sem tekur við bogabránum.

Heildarbreidd brúarinnar er um 24 m miðað við fjögurra akreina veg með 2 m breiðum miðdeili ásamt 3 m breiðum göngu- og hjólastíg. Akbrautin svífur yfir Efri Laugardælaeyju í um 2 m hæð yfir núverandi yfirborði eyjunnar.

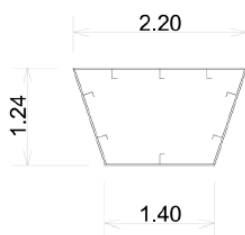
3.2.1 Lýsing brúar

Bogabryr á Ölfusá eru með togbandi, sambærilegt burðarform og eldri Þjórsárbrú frá 1949, þær standa þannig sjálfstætt og eru því ekki viðkvæmar fyrir mismunahreyfingum milli bakka.

Brýrnar tvær eru með sams konar burðarkerfi ásamt því að hlutfall hæðar og haflengdar bogans er það sama til að brýrnar falli vel hvor að annarri.

Lóðréttir stálbogar í tveimur plönum halda uppi brúargólfinu í köntum þess með lóðréttum hengistöngum. Stálbogarnir standa einir og sér og eru ekki tengdir saman nema í gegnum brúargólfið. Fyrir fjögurra akreina brú er ekki góður kostur að halla bogunum og tengja þá saman, líkt og fyrir stálbogabrá í Mjóafirði, þar sem þá myndu bogarnir þurfa að vera mun hærri en þeir eru fyrirhugaðir nú. Því er lagt upp með hér að hafa bogana ótengda, jafnframt gefur það mjög skemmtilegt útlit, sér í lagi þar sem um tvær brýr er að ræða. Ef tveggja akreina brú er gerð í upphafi er mögulegt að tengja saman bogana.

Erfiðasti hluti byggingar brúarinnar er að reisa stálbogana yfir Ölfusánni. Um er að ræða hreinan stálboga úr soðnum kassalega plötubitum, plöturnar eru stífaðir í langáttina en þverstífur eru einungis í upphengipunktum hengistanga. Lagt er upp með að þversniðið sé trapisulaga, dæmi um þversnið má sjá á mynd 3-17. Þversniðið er 1,25 m á hæð og breiddin er frá 1,40 til 2,20 m. Fyrir lengri brúna, 150 m haflengd, er gert ráð fyrir að 10 m löng bogaeining geti vegið um 18 tonn.



Mynd 3-17 Bogabrú við Efri Laugardælaeyju, þversnið í stálboga

Hengistangirnar eru liðtengdar við brúargólfið og stálbogann. Valið var að hafa hengistangir lóðréttar, það auðveldar uppsetningu og reisingu brúarinnar í samanburði við skástangir, aftur á móti er mögulegt að minnka beygjuvægi í brúargólfi og stálboga með skástöngum. Vert er að skoða það betur á síðari hönnunarstigum, hvort hagkvæmni í uppsetningu vegi upp á móti betri kraftdreifingu.

Brúargólfið er byggt upp á sams konar hátt og fyrir stagbrúnna þó svo að álag á það sé töluvert öðruvísi. Langbitar og steypa platan virkar sem togband sem tekur upp lárétta kraftþáttinn frá stálbogunum. Gert er ráð fyrir að langbitar séu um 1,7 m á hæð og um 1,2 m breiðir. Nokkuð minni bita þarf fyrir styttri brúna.

Byggingaraðferðin skiptir verulegu máli við stærðarákvörðun þversniðsins og það hvernig togkraftur í langbitunum byggist upp. Jafnframt hefur það áhrif á spennudreifingu í samverkandi þversniði, þ.e. hve stór hluti eiginþungaálagsins er tekinn upp eingöngu í stálbitum og hve stór hluti í samverkandi sniði. Hér hefur verið miðað við S355 stál í langbitum. Þar sem áslægir togkraftar í þversniðinu eru verulega stórir getur verið hagkvæmt að nota S460 stál í langbita, einnig gæti verið mögulegt að hafa spennikapla í steypa hluta þversniðsins til að minnka togspennur í þversniðinu.

3.2.2 Undirstöður og stöplar

Undirstöður endastöpsuls á austurbakka Ölfusár eru grundaðar á þjöppuðum fyllingum sem liggja á eldri grágrýtisberggrunni. Núverandi laus jarðlög eru fjarlægð, hraunlag er jafnframt fjarlægt til að koma í veg fyrir mögnun á jarðskjálftaáhrifum. Alls er um að ræða ca. 10000 m³ af efni sem gert er ráð fyrir að fjarlægja og rippa upp. Hraunlögin sem losuð er má síðan nota sem fyllingarefni undir stöplana. Einnig er mögulegt að steypir endastöplar séu lengdir og nái alla leið niður á eldri grágrýtisberggrunninn.

Stöpull í Efri Laugardælaeyju er grundaður á klöpp, laust efni er fjarlægt ofan af eyjunni í brúarstæðinu og jafnað til. Millistöpull er lágur og er hæð hans álíka og akbrautarhæð.

3.2.3 Reising brúar

Nokkrar aðferðir eru mögulegar við reisingu bogabráarinnar. Áhættumesti þátturinn er eins og fyrir stagbrúnnu að tryggja aðkomu út í Efri Laugardælaeyju á framkvæmdatímanum og er alltaf nauðsynlegt að þrengja farveg Ölfusár til að reisa brúna. Sams konar aðkomu þarf og er lýst hér framar, þ.e. með fyllingum og bráðabirgðabré eins og sést á mynd 3-10. Valkostir við reisingu boganna eru m.a.:

1. Fylla út í eystri farveg Ölfusár að hluta og byggja bráðabirgðabré til að tryggja aðkomu í eyjuna. Stálvirki, bogi og bitar, byggð á fyllingu eins langt og fyllingin nær, stálbogarnir eru studdir með bráðabirgðaundirstöðum og sitja á langbitunum. Síðustu bitaeiningar eru híðar út og lokið við gerð lang- og þverbíta. Þá eru síðustu bogaeiningarnar híðar út og studdar af langbitunum, togband ekki enn orðið virkt. Hengistangir eru þá settar upp og brúargólfið stept. Þá er hægt að fjarlægja undirstuðning undir stálbita og bráðabirgðabré og er þá togbandið orðið virkt. Fyllingar og grjótvörn eru þá flutt yfir í vestari farveginn og sömu aðferð beitt við reisingu síðari brúarinnar.

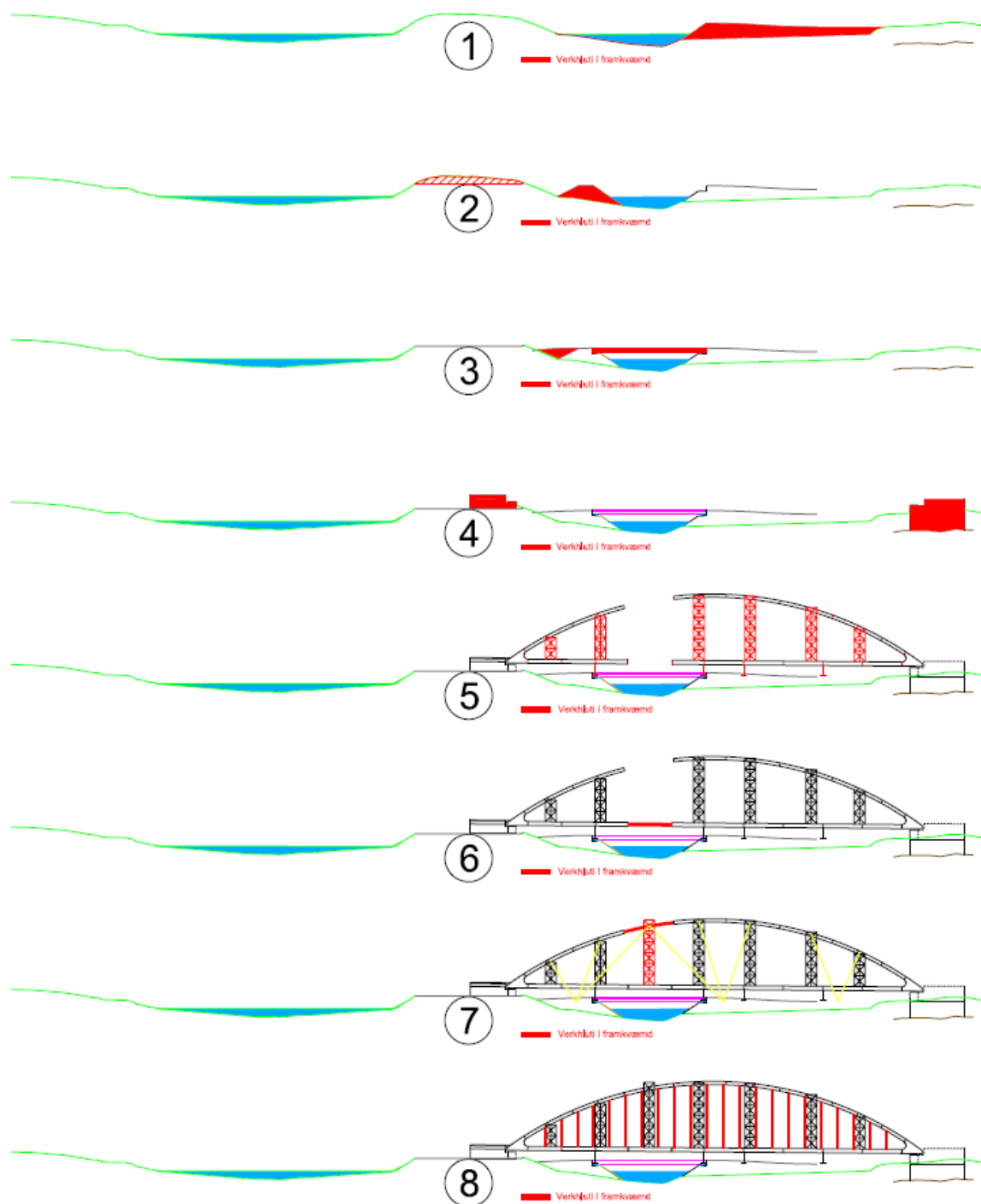
Þessi aðferð hefur þann ókost að töluvert rask er í farvegi Ölfusár ásamt því að treysta þarf á að fyllingar og grjótvörn standist flóð á meðan þær styðja undir brúargólfið. Einnig þarf verulega stóra krana til að hífa inn síðustu einingarnar.

2. Brúin er sett saman á fyllingu við sitt hvorn brúarenda í landi. Stálbogi og stálbitar í gólfi þannig að togband verði virkt. Fyllt verður út í farveg Ölfusár að hluta, skilin eftir einhver breidd, sett verður upp braut og brúin tjökkuð í heilu lagi yfir á ásetu í eyjunni. Einhverjar bráðabirgða þrýstistangir þarf til að minnka formbreytingar bogans þegar hann verður útkragandi yfir farveginn. Þegar stálvirki eru komin yfir er hægt að raða upp forsteyptum einingum og steypa brúargólfið.

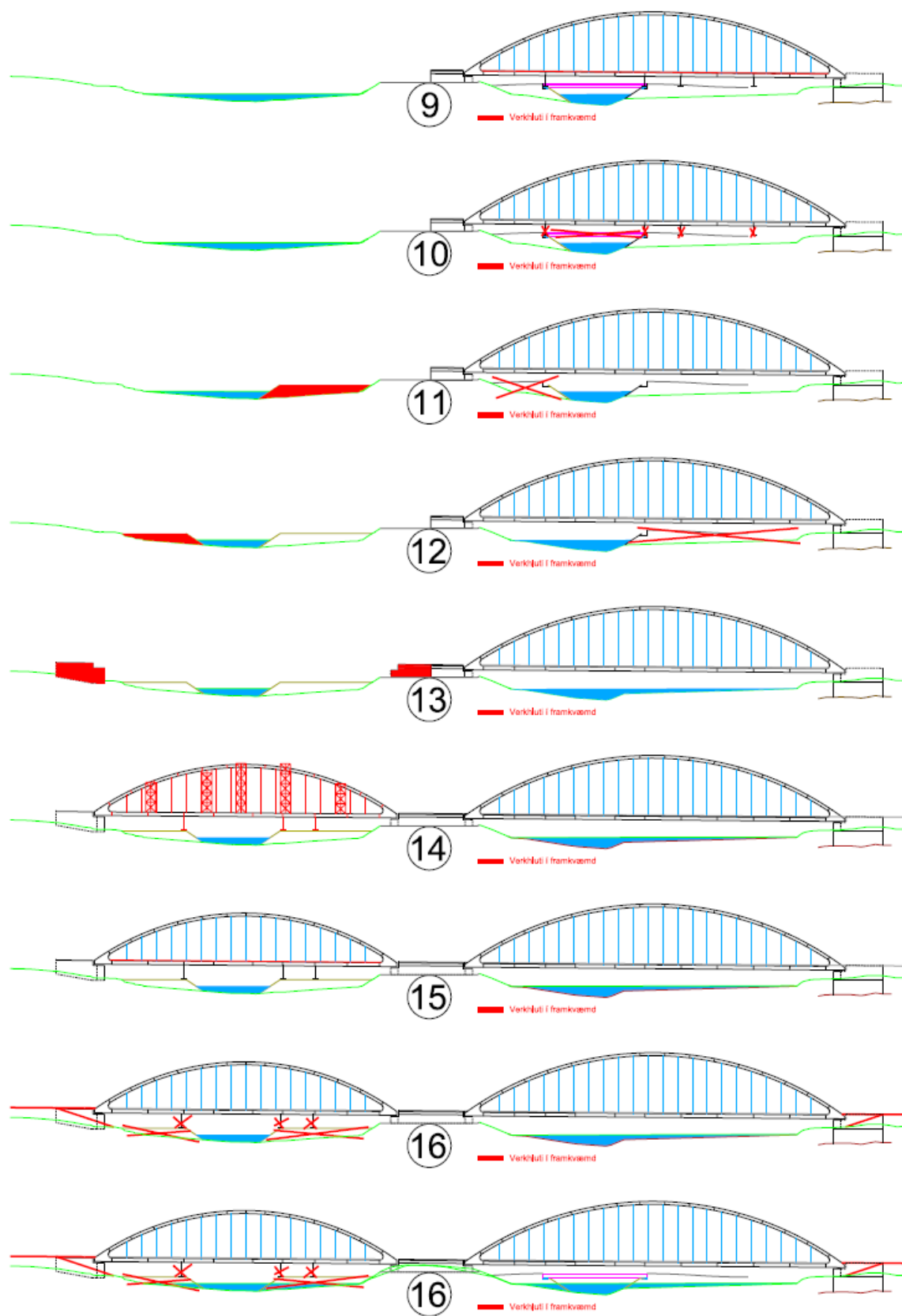
Þessi aðferð hefur þann kost að hún tekur tiltölulega stuttan tíma í vinnu yfir ána og því ekki eins viðkvæm fyrir truflunum og tjóni vegna flóða ásamt því að samsetningin fer fram á landi við góðar aðstæður. Ókosturinn er m.a. að mjög sérhæfð tæki þarf til að tjakka brúna.

3. Brúin er byggð fram í einingum sem híðar eru út. Reisa þarf stífingarturna í eyjunni og báðum endum til að hengja einingar upp í. Þessi aðferð er svipuð og nr. 1 nema að í stað þess að styðja bogana ofan á langbitana á byggingartímanum þá eru þeir stagaðir aftur í stífingarturna.

Ókosturinn við þessa aðferð er að byggingartíminn er að öllum líkindum nokkuð langur, um er að ræða þungar einingar og því getur hver eining ekki verið mjög löng.



Mynd 3-18 Bogabrá við Efri Laugardælaeyju, tillaga að reisingu (skref 1-8)



Mynd 3-19 Bogabrá við Efri Laugardælaeyju, tillaga að reisingu (skref 9-16)

3.2.4 Helstu magntölur

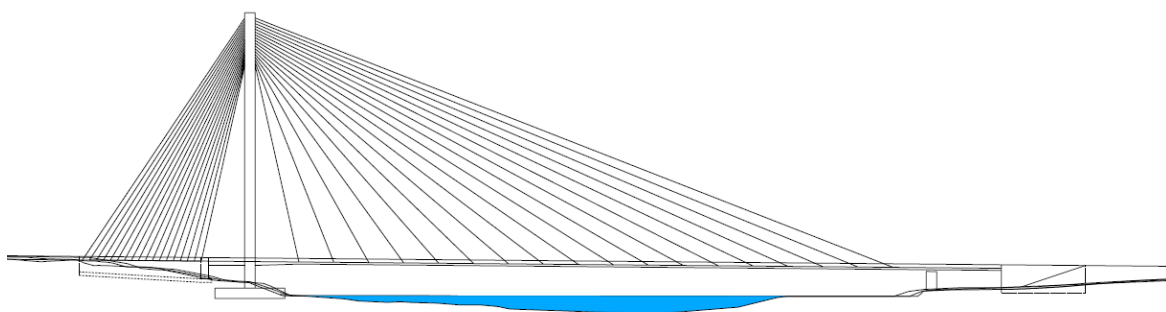
Helstu magntölur fyrir bogabryrnnar eru eftirfarandi:

Mót	2.700 m ²
Steypa	2.500 m ³
Járnbending	230 tonn
Stál í brúargólf	1.560 tonn
Þverbitar	670 tonn
Langbitar	890 tonn
Stál í stálboga	1.160 tonn
Hengistangir	45 tonn

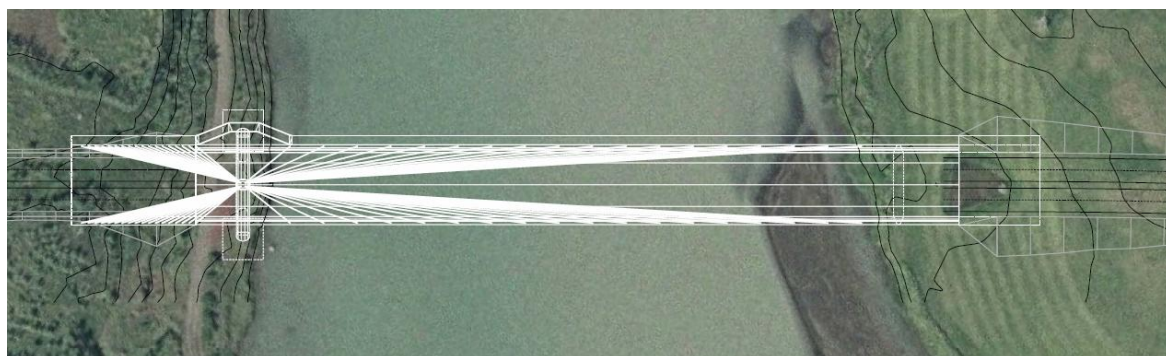
4 BRÝR Í Veglínu 2

4.1 Stagbrú

Stagbrú í veglínu neðan við gamla ferjustæði Laugardælaferju má sjá á teikningu 04.



Mynd 4-1 Stagbrú við Laugardælaferju í veglínu 2, langsnið



Mynd 4-2 Brúarstæði í veglínu 2, grunnmynd.



Mynd 4-3 Stagbrú við Laugardælaferju í veglínu 2, séð frá austurbakka Ölfusár.

Heildarlengd brúarinnar er 227 m í þremur höfum og spannar brúin farveg Ölfusár í einu hafi, stutt 12 m endahaf er milli turns og endastöps á vesturbakka til að skapa rými fyrir umferð undir brúna, jafnframt er 20 m endahaf á austurbakkanum á milli millisúlna og endastöps. Stakur, Y-laga turn er á vesturbakkanum sem akkeraður er til baka í steiptan endastöpsul sem er um 37 m langur. Akbrautin svífur yfir Ölfusá í um 9,5 m hæð og frí hæð undir brú er því tæplega 8 m.

Heildarbreidd brúarinnar er sú sama og í veglínu 1 eða um 24 m miðað við fjögurra akreina veg með 2 m breiðum miðdeili ásamt 3 m breiðum göngu- og hjólastíg.

Burðarkerfi brúarinnar er það sama og lýst er fyrir stagbrú í veglínu 1, þ.e. brúargólfið er úr samverkandi burðarvirki, stálbitar með steyptri plötu.

Það sem er frábrugðið við stagbrú um Efri Laugardælaeyju í veglínu 1 er að turninn er akkeraður í endastöpsul og verður þannig stöðugri og hagkvæmari, hann verður fyrir minna mismunaálagi og getur verið nokkuð léttari. Alls eru 38 kaplar sem halda uppi aðalhafinu í tveimur plönum og tengjast brúargólfinu með um 10 m millibili, jafnmargir kaplar eru í bakhafinu en eru mun þéttar, eða með um 2 m á milli akkera. Mögulegt væri að hafa færri kapla í bakhafinu, það hefur lítillaga áhrif á útlit brúarinnar en mætti skoða betur hvort að sé hagkvæmt.

Gert er ráð fyrir í frumhönnun að þyngd endastöpsulsins sé nægileg til að taka við þeim kröftum sem þarf til að stífa turninn af fyrir eiginþungaálagi og hluta umferðarálags, því er gert ráð fyrir nokkuð þykkri samfelldri botnplötu í stöplinum. Með því móti er brúin orðin nokkuð sjálfstæð eining og því ekki eins viðkvæm fyrir mismunahreyfingum. Til viðbótar er gert ráð fyrir bergakkerum sem grautuð eru ofan í klöppina og geta tekið upp hluta af umferðarálaginu. Brúin stendur því sjálfstæð og stöðugleiki turnsins fyrir eiginþungaálagi er ekki háður bergakkerunum. Eigi að treysta á bergakkerin til að stífa turninn af gagnvart umferðarálaginu er nauðsynlegt að hægt sé að fylgjast með þeim og skoða ástand þeirra á líftíma brúarinnar.

Brúin er föst í langátt við endastöpsul á vesturbakkanum en hefur hreyfímöguleika í langátt í endastöpli á austurbakka, gera má ráð fyrir að þensluraufar þurfi þar. Það sama gildir varðandi jarðskjálftaeinangrun og fyrir stagbrú í veglínu 1, stýra þarf hreyfingum brúarinnar og hún þarf að hafa nægilegt rými til að hreyfast við áseturnar.

4.1.1 Reising brúar

Reising stagbrúar í veglínu 2 er mun auðveldari en fyrir veglínu 1. Mögulegt er að reisa brúna alveg óháð Ölfusá og flóða. Steiptur turn og endastöpull á vesturbakka eru reistir í upphafi. Þegar smíði turnsins er lokið er brúargólfið hengt út í áföngum, t.d. 10 m einingar í einu. Fyrst stálbitar, þá forsteiptar einingar og loks staðsteiptur hluti brúarplötunnar. Kaplar í endanlegu virki eru nýttir í að hengja upp brúargólfið á byggingartímanum, mögulega þarf einhverja bráðbirgðakapla í fyrstu áfangana.

Verktími fyrir turninn er líklega sambærilegur og fyrir stagbrú yfir Efri Laugardælaeyju eða um 6-8 mánuðir. Þrátt fyrir að þessi turn sé nokkuð hærri þá

er hann líklega einfaldari í smíði. Brúargólfið er einfaldara í smíði en fyrir neðri leiðina þar sem ekki þarf að reisa það í báðar áttir út frá turni heldur einungis til austurs. Þá er ekki um ósamhverfu að ræða í eiginþungaálagi sem gerir framkvæmdina mun einfaldari. Ef gert er ráð fyrir sama verkhraða eða um 2 vikum í hvern 10 m áfanga þá tekur reising brúargólfsins um 40 vikur eða um 8-10 mánuði. Heildarverktími með undirbúningi, frágangi og yfirborðsmeðhöndlun stálverkja gæti því verið um 2 ár, eða líklega hálfu til einu ári styttra en fyrir stagbrú í veglínu 1 ásamt því að vera mun áhættuminni.

4.1.2 Undirstöður og stöplar

Undirstöður turnsins á vesturbakka Ölfusár eru grundaðar á klöpp, laus jarðlög eru fjarlægð og er undirstöðuplatti undir hvorum fót turnsins um 14x10 m og um 1,5m á þykkt. Plattarnir eru tengdir saman með a.m.k. tveimur bitum. Gert er ráð fyrir að bergakkeri með nokkuð þéttu millibili verði notuð til að binda undirstöðuplatta við klöppina og til að tryggja klöppina.

Undirstöður millisúlna og endastöpsuls á austurbakka Ölfusár eru grundaðar á klöpp sem er hluti af eldri grágrýtisberggrunni, laus jarðlög eru fjarlægð.

Undirstöður endastöpsuls og turnakkeris á vesturbakkanum eru grundaðar á klöpp, laus jarðlög eru fjarlægð og gera þarf sérstaka athugun á mögulegum jarðskjálftasprungum. Endastöpullinn er um 37 m langur og um 27 m breiður.

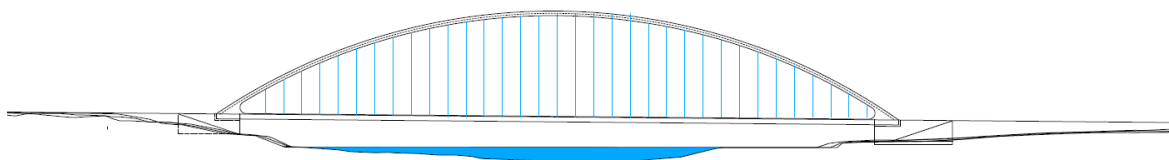
4.1.3 Helstu magntölur

Helstu magntölur í stagbrúnni eru eftirfarandi:

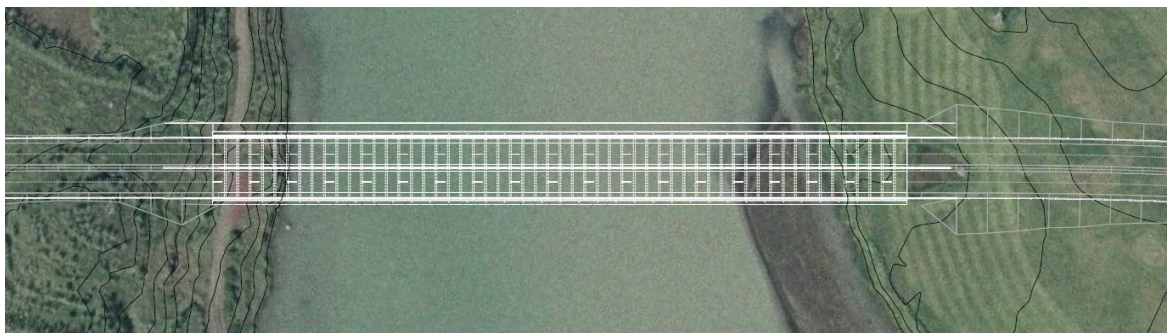
Mót	8.800 m ²
Steypa	5.900 m ³
Járnbending	530 tonn
Stál í brúargólf	1.120 tonn
Þverbitar	550 tonn
Langbitar	570 tonn

4.2 Bogabrá

Bogabrá í veglínu 2 neðan við gamla ferjustæði Laugardælaferju má sjá á teikningu 05.



Mynd 4-4 Bogabrá við Laugardælaferju í veglínu 2, langsnið.



Mynd 4-5 Bogabrá við Laugardælaferju í veglínu 2, grunnmynd.



Mynd 4-6 Bogabrá við Laugardælaferju í veglínu 2, séð frá austurbakka Ölfusár á Selfossi.

Um er að ræða bogabré með togbandi. Haflengd bogans er 209 m milli endastöpla en heildarlengd brúargólfsins er um 225 m. Boginn rís hæst um 34 m upp fyrir akbrautina. Brúargólfinu er haldið uppi með lóðréttum hengistöngum sem eru með um 6 m millibili, alls 33 stangir í hvorum kanti.

Heildarbreidd brúarinnar er um 24 m miðað við fjögurra akreina veg með 2 m breiðum miðdeili ásamt 3 m breiðum göngu- og hjólastíg. Brúin er í um 8,5 m hæð yfir vatnsborði Ölfusár.

Gert er ráð fyrir að nægilegt rými sé til að aka undir brúna á hvorum bakka eins og sjá má á hliðarmyndinni.

Um er að ræða samskonar burðarkerfi og fyrir bogabré í veglínu 1 og er því lýst í kafla 3-2 hér á undan.

Erfiðasti hluti byggingar brúarinnar er að reisa stálbogana yfir Ölfusánni. Um er að ræða hreinan stálboga úr soðnum kassalega plötubitum, plöturnar eru stífaðir í langáttina en þverstífur eru einungis í upphengipunktum hengistanga. Lagt er upp með að þversniðið sé trapisulaga, það er 1,6 m á hæð og breiddin er frá 1,40 til 2,20 m. Gera má ráð fyrir að 7 m löng bogaeining vegi um 18 tonn.

Langbitar brúarinnar eru um 2000 mm háir og um 1200 mm breiðir. Bitaflangar er 80 mm þykkir og kroppplötur 30 mm.

Þverbitar eru soðnir kassabitar, um 1100 mm háir og 600 mm breiðir, lengd bitanna er um 19 m.

Hengistangir eru úr hástyrkleikastáli S460 og er þvermál þeirra M76.

4.2.1 Undirstöður og stöplar

Endastöpull á austurbakka Ölfusár er grundaður á þétta samlímdu brotabergi. Núverandi laus jarðlög eru fjarlægð, þykkt þeirra er um 1-2 m. Þar undir er samliamt og nokkuð sterkt brotaberg samkvæmt jarðkönnun frá 2004 þar sem borað var með loftbor nálægt undirstöðunni. Endastöpull á austurbakka er rúmlega 7 m hár og um 25 m langur.

Endastöpull á vesturbakka Ölfusár er grundaður á klöpp. Þar er sprungin basaltklöpp og móberg/brotaberg í yfirborði eins og kemur fram í jarðkönnun frá 2004. Endastöpullinn er um 7 m hár við frambrún en lækkar eftir því sem vegurinn mætir landi og er um 4 m hár við endann.

4.2.2 Reising brúar

Reising bogabréar í veglínu 2 er mun erfiðari heldur en reising stagbrúar á sama stað. Erfitt er að koma fyrir fyllingum í farvegi Ölfusár í brúarstæðinu til að geta byggt bogabré á sama hátt og bogabré í veglínu 1 og er lýst í kafla 3.2. Þar er einnig lýst valkostum sem eiga við hér. Bogabré í veglínu 2 er nokkuð lengri og þyngri og þannig erfiðari framkvæmda. Mögulegt er að þrengja lítillega að farvegi Ölfusár frá hvorum bakka sem hefur þó nokkra áhættu í för með sér. Þannig mætti hífa út einingar í boga og gólf frá hvorum bakka, byggja reisingarturna og staga útkrögun bogans í turnana. Hver eining getur ekki verið mjög löng þar sem þyngd bogans er um 2500 kg/m og þyngd langbita svipuð. Svipaðri aðferð var beitt, t.d.

við brú á Mjóafirði eins og sést á mynd 4-7, þar voru bogaeiningar þó töluvert léttari (um 700 kg/m) og haflengdin mun styttri (107 m).



Mynd 4-7 Reising stálboga brúar á Mjóafjörð árið 2007.

4.2.3 Helstu magntölur

Helstu magntölur fyrir bogabruna eru:

Mót	3.760 m ²
Steypa	2.500 m ³
Járnbending	245 tonn
Stál í brúargólf	1.190 tonn
Þverbitar	550 tonn
Langbitar	640 tonn
Stál í stálboga	1.150 tonn
Hengistangir	50 tonn

5 KOSTNAÐUR

Gerð hefur verið sundurliðuð kostnaðaráætlun byggð á einingaverðum úr sambærilegum verkum. Leitað var tilboðsverða í sérstaka verkliði hjá framleiðendum kapla (VSL, Freyssinet og Bridon) og hengistanga (Macalloy, Bridon). Einnig var leitað verðhugmynda í stálvirki þar sem um var að ræða mun meira magn heldur en í öðrum brúm sem nýlegar hafa verið byggðar, s.s. brú á Mjóafirði og brú á Þjórsá.

Gert er ráð fyrir allt að 15% ófyrirséðum kostnaði í þeim áætlunum sem kynntar eru hér. Einnig er innifalið í þeim 15% álag vegna hönnunar, umsjónar og eftirlits.

Í viðauka 2 má sjá sundurliðaðar kostnaðaráætlanir fyrir mismunandi valkosti.

Í töflu 1 hér fyrir neðan má sjá áætlaðan heildarkostnað fyrir mismunandi valkosti.

Tafla 1 – Áætlaður heildarkostnaður fyrir mismunandi valkosti.

Neðri leið um Efri Laugardælaeyju (Veglína 1)		
	2+2 akreinar	1+1 akrein
Stagbrú	3.420 milljónir kr.	2.840 milljónir kr
Bogabré	4.050 milljónir kr.	3.420 milljónir kr.
Efri leið um Laugardælaferju (Veglína 2)		
Stagbrú	3.010 milljónir kr.	2.450 milljónir kr
Bogabré	3.480 milljónir kr.	2.900 milljónir kr.

Þróun gengis íslensku krónunnar getur hefur töluverð áhrif á kostnaðinn. Verð í stög og stagbúnað eru tengd evru og er miðað við í áætluninni 1 Euro = 180 ISK. Verðtilboð í stálvirki voru tengd dollara og er miðað við 1 US\$ = 125 ISK.

Þá getur þróun stálverðs á heimsmarkaði haft töluverð áhrif þar sem stálverðið er mjög stór þáttur af áætluðum kostnaði fyrir brýrnar. Mikið flökt hefur verið á stálverði undanfarin ár og var það nálægt tvöfalt hærra árið 2008 en það var núna í lok árs 2009.

Áhrif lengri byggingartíma og áhættusamari framkvæmdar fyrir brýr í veglínu 1 hafa ekki verið metin sérstaklega í kostnaðaráætlun.

6 NIÐURSTÖÐUR

Ný brú á Ölfusá verður ein af stærstu brúm á Íslandi, hvort sem það er mælt sem flatarmál akbrautar, lengd eða haflengd. Heildarflatarmál akbrautar er frá 5.600 til 7400 m² og brúin því stærri en Borgarfjarðarbrú sem hefur flatarmál akbrautar rúmlega 4.600 m² til samanburðar. Brúin yrði með lengstu brúm landsins, álíka löng og brýr á Kúðafliót (302 m) og Lagarfliót (301 m) en lítillega styttri en nýleg brú á Gígjukvísl (336 m). Um er að ræða lengsta brúarhaf landsins, frá 150 til 208 m, eftir því hvaða valkostur verður ofan á.

Endanlegar forsendur jarðskjálftaálags liggja ekki fyrir að svo stöddu. Mögulegt er að það geti haft nokkur áhrif á kostnað við þær brýr sem lýst er hér.

6.1 Veglína 1

Í veglínu 1 við Efri Laugardælaeyju er stagbrú með einum turni staðsettum í eyjunni talinn vera ódýrari kostur en bogabrú. Stagbrú með fjórum akreinum auk gönguleiðar kostar um 3.500 milljónir kr. á meðan tvær bogabrýr á hvorn farveg Ölfusár kosta um 4.000 milljónir kr. Um er að ræða nokkuð áhættusama framkvæmd þar sem þrengja þarf að farvegi Ölfusár á byggingartímanum ásamt því að byggja bráðabirgðabrú yfir í Efri Laugardælaeyju til að tryggja aðgengi á byggingartímanum. Gæta þarf sérstaklega að flóðahættu á framkvæmdatímanum og að flóð valdi ekki tjóni á brúarmannvirkjum í byggingu.

Stagbrú yfir Efri Laugardælaeyju verður tignarlegt mannvirki og töluvert áberandi með um 60 m háum turni. Brúin verður ein stærsta brú á Íslandi og sú fyrsta sinnar tegundar. Brúarstæðið er einstaklega tilkomumikið með eyjunni út í miðju og með ósamhverfum hliðarhöfum verður um nokkuð óhefðbundna stagbrú að ræða og eru ekki margar slíkar til í heiminum. Bogabrýr yfir Ölfusá við Efri Laugardælaeyju mynda skemmtilegt par í góðu samræmi hvor við aðra, þær eru látlausari heldur en stagbrúin en engu að síður einstakar að útliti og gerð hér á landi.

Á grundvelli kostnaðar er lagt til að stagbrú sé fyrsti valkostur fyrir veglínu 1.

6.2 Veglína 2

Í veglínu 2 við gamla ferjustæði Laugardælaferju er stagbrú mun heppilegri kostur en bogabrú. Stagbrú með fjórum akreinum auk gönguleiðar kostar um 3.050 milljónir kr. og er nokkuð ódýrari en bogabrú sem kostar um 3.200 milljónir kr. Stagbrúin er þar að auki töluvert auðveldari í byggingu. Haflengd bogabráar er orðin um 210 m og þar með komin upp að hagkvæmnimörkum bogabráa. Miðað hefur verið við að þrengja ekki að farvegi Ölfusár á þessum stað í því skyni að skapa ekki aukna flóðahættu og eða auka hættu á myndum ísstíflna sem þekkt er

að myndist ofan við ferjustæðið. Stagbrúin snertir ekki farveg Ölfusár að neinu leyti og er því mjög ákjósanlegur og áhættulítill kostur.

Stagbrú við ferjustæði Laugardælaferju er hefðbundin stagbrú með turni á vesturbakka Ölfusár. Brúin verður líkt og stagbrú í veglínu 1, ein stærsta brú á Íslandi og sú fyrsta sinnar tegundar. 70 m hár turninn verður mjög áberandi og mikilvægt að vanda vel til útlitsmótunar. Bogabré yfir Ölfusá við ferjustæði Laugardælaferju er stórt og mikið mannvirki, boginn verður mjög áberandi og um stærstu bogabré landsins verður að ræða með meira en tvöfalt lengri haflengd en bogabré yfir Hróteyarsund í Mjóafirði.

Á grundvelli kostnaðar og mun áhættuminni og einfaldari framkvæmdar er lagt til að stagbrú sé fyrsti valkostur fyrir veglínu 2.

6.3 Samanburður veglína

Brýr í veglínu 2 samræmast ekki skipulagsáætlunum á svæðinu og stendur nú yfir mat á umhverfisáhrifum framkvæmdarinnar þar sem m.a. verður tekist á um þau atriði. Ekki verður nánar fjallað um það hér.

Brýr í veglínu 2 við gamla ferjustæði Laugardælaferju eru ódýrari fyrir veglínu 1 fyrst og fremst vegna styttri brúa, einfaldari framkvæmdar og styttri framkvæmdatíma. Munurinn er um 450 milljónir kr. fyrir hagkvæmustu kosti á hvorri leið. Á móti kemur kostnaðarauki vegna lengri vegalagningar í veglínu 2 sem er um 50 milljónir kr.

Brúargerð í veglínu 1 er nokkuð áhættusamari þar sem þrengja þarf að farvegi Ölfusár með fyllingum hluta verktímans ásamt því að byggja bráðabirgðabré yfir í Efri Laugardælaeyju. Á meðan er mögulegt að reisa stagbrú í veglínu 2 án þess að eiga við farveg Ölfusár. Jafnframt er byggingartími brúar í veglínu 1 um hálfu til einu ári lengri en fyrir brú í veglínu 2.

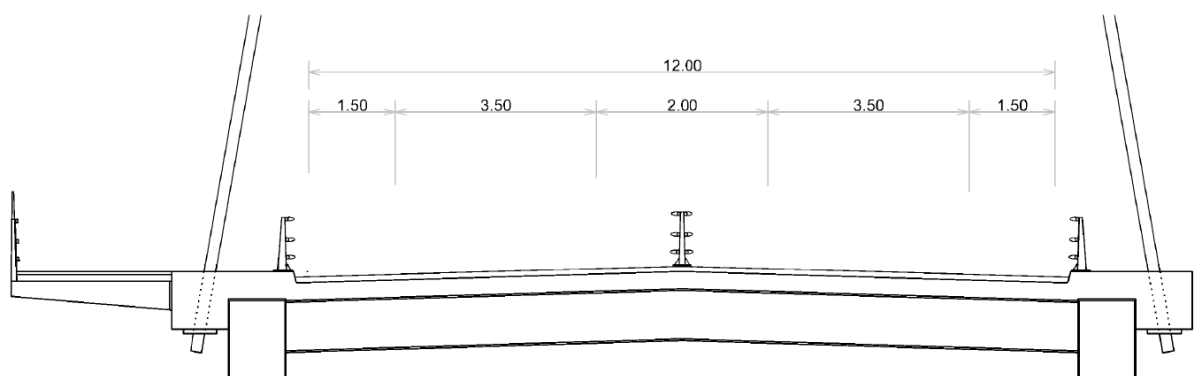
Sé litið framhjá skipulagsforsendum varðandi staðsetningu brúarstæðis er það metið sem svo að stagbrú í veglínu 2 sé hagkvæmasti og áhættuminnsti valkosturinn sem kynntur hefur verið hér.

6.4 Áfangaskipting

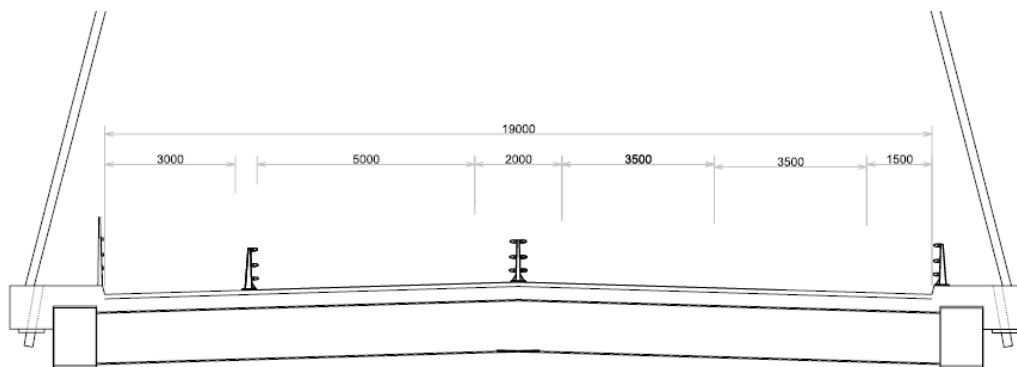
Umferðarspár fyrir tvöföldun Suðurlandsvegar gera ráð fyrir að meginstraumur umferðarinnar muni áfram fara um núverandi Ölfusárbrú sem byggð var árið 1945. Ný brú mun hins vegar léttast af núverandi brú á þann hátt að þungaumferð mun líklega verða beint að nýrri brú. Einnig verður á álagstímum um tvær leiðir að velja inn á Selfoss sem er mikil breyting frá því sem nú er, sérstaklega þegar tekið er tillit til þess að um þrönga gönguleið er að ræða á núverandi Ölfusárbrú þar sem gangandi vegfarendur eru mjög nálægt umferð og gönguleiðin er ekki aðskilin frá umferðinni með vegriði.

Í stað þess að byggja fjórar akreinar í upphafi eru nokkrir möguleikar til áfangaskiptingar.

1. Hægt er að byggja brú með tveimur akreinum og gönguleið í upphafi (breidd 17 m). Þegar þörf verður á er hægt að byggja:
 - a) aðra brú við hliðina þegar þörf verður á (breidd 13 m).
 - b) nýja þverun sunnan Selfoss.
2. Hægt að byggja brú með þremur akreinum (2+1) og gönguleið í upphafi (breidd 20 m). Gönguleið er breytt í akrein og færð utan á brú ef fjögurra akreina (2+2) verður þörf.



Mynd 6-1 Stagbrú – Þversnið 1+1 akrein auk gangbrautar, heildarbreidd 17,5 m.



Mynd 6-2 Stagbrú – Þversnið 2+1 akreina auk gangbrautar, heildarbreidd 21 m.

Heildarbreidd fjögurra akreina brúar með aðskilnaði akstursstefna og gönguleið er um 24 m á meðan heildarbreidd sams konar tveggja akreina brúar er um 17 m. Flatarmál brúarinnar má því minnka um u.þ.b. 30% með því að fækka akreinum úr fjórum í tvær. Áætlaður sparnaður er um 700 milljónir kr. eða um 20% lægra en gert er ráð fyrir að fjögurra akreina stagbrú kosti.

Kosturinn við að byggja brú fyrir tvær akreinar í upphafi er að þá er upphaflega framkvæmdin um 20% ódýrari en ella. Annar kostur er að hugsanlega verða aðrar forsendur varðandi skipulag og/eða umferð síðar. Þá er mögulegt að byggja nýja þverun með tveimur akreinum á öðrum stað, t.d. sunnan við Selfoss, og eru þá komnar þrjár þveranir Ölfusár við Selfoss. Ókosturinn er hins vegar sá að það að byggja brú við hliðina síðar er sá að það mun ekki líta sérstaklega vel út, hvort sem um er að ræða stagbrú eða bogabrá.

Ef byggð er brú með þremur akreinum (2+1) í upphafi má minnka flatarmál brúarinnar í upphafi um u.þ.b. 17% og gera má ráð fyrir að sá valkostur spari um 300-400 milljónir kr. í stofnkostnaði. Sá möguleiki hefur þann kost að breikkun síðar kostar mun minna heldur en ef byggja þyrfti nýja brú til hliðar.

6.5 Næstu skref hönnunar

Hér eru tilgreind helstu atriði sem þarf að huga að í næstu skrefum hönnunar.

- Val á veglínu.
- Val á þversniði, fjöldi akreina.
- Skilgreining hönnunarforsendna með tilliti til jarðskjálftaálags.
- Skilgreina vindálagsforsendur, líklegt er að setja þurfi upp mælistöð fyrir vindálag í grennd við brúarstæðið.
- Umferðarálag, endurskoða forsendur
- Jarðfræðiathugun og boranir í Efri Laugardælaeyju ef veglína 1 verður fyrir valinu.
- Forsendur um flóð á byggingartíma. Skoða þarf nánar útfærslu á aðkomu í Efri Laugardælaeyju á byggingartíma með tilliti til flóða í Ölfusá og áhættu í framkvæmdinni.
- Skoða nánar hagkvæmni mismunandi burðarkerfa, t.d. mismunandi turnform með tilliti til jarðskjálftaáráunar, önnur þversnið í brúargólfi, t.d. steipt eða eftirspennt steipt þversnið.

7 HEIMILDASKRÁ

1. Jón Helgason og Einar Hafliðason. *Hringvegur, þverun Ölfusár norðan Selfoss – Forathugun á veglínunum*. Framkvæmdafréttir Vegagerðarinnar, 31.tbl/2004.
2. Brúadeild Vegagerðarinnar. *Brú á Ölfusá norðan Selfoss - Frumathugun á brúagerð um Laugardælaeyju*. 2007.
3. Vegagerðin. *Greinargerð um boranir við Ölfusá sem fóru fram í ágúst 2004 – Hersir Gíslason, jarðfræðideild, 4.október 2004*
4. Efla hf. Minnisblað - Stefán Geir Árnason, *Hringvegur, Selfoss-Hveragerði, Rannsóknaboranir fyrir brú á Ölfusá norðan Selfoss*. Nóvember 2008.
5. Páll Einarsson. *Um jarðskjálfta og sprunguhreyfingar í nágrenni við nýtt brúarstæði á Ölfusá við Selfoss*. Mars 2009.
6. Hilmar B. Hröðmarsson, Njáll F. Reynisson og Ólafur Freyr Gíslason. *Flóð íslenskra vatnsfalla – flóðagreining rennslisraða*. Skýrsla nr.2009-001, Veðurstofa Íslands.
7. Verkfræðistofa Suðurlands. *Flóð í Ölfusá við Selfoss 21.desember 2006*.

VIÐAUKI 1 - KOSTNAÐARÁÆTLANIR

Sundurliðaðar kostnaðaráætlanir

- Brú á Efri Laugardælaeyju, stagbrú 2+2
- Brú á Efri Laugardælaeyju, stagbrú 1+1+gangbraut
- Brú á Efri Laugardælaeyju, 2 bogabryr
- Brú á Efri Laugardælaeyju, 2 bogabryr 1+1
- Brú á Efri leið (veglína 2), bogabryr
- Brú á Efri leið (veglína 2), stagbrú
- Brú á Efri leið (veglína 2), stagbrú 1+1

VIÐAUKI 2 - TEIKNINGAR

1a – Yfirlitsmynd – Veglína 1

1b – Yfirlitsmynd – Veglína 2

2 - Bogabrá um Efri Laugardælaeyju (veglína 1) – hliðarmynd og grunnmynd

3 - Stagbrú um Efri Laugardælaeyju (veglína 1) – hliðarmynd og grunnmynd

4 - Bogabrá neðan Laugardælaferju (veglína 2) – hliðarmynd og grunnmynd

5 - Stagbrú neðan Laugardælaferju (veglína 2) – hliðarmynd og grunnmynd

6 - Bogabrá, þversnið og deili

7 - Stagbrú, þversnið og deili

8– Rannsóknaborun við Efri Laugardælaeyju – Grunnmynd

9 – Rannsóknaborun við Efri Laugardælaeyju – Jarðlagasnið

VIÐAUKI 3 - ÚTLITSMYNDIR