



VIÐAUKI F

Urðunarstaður í Gufunesi: Mótvægisaðgerðir



MINNISBLAÐ

SKJALALYKILL

103538-MIN-028-V01

DAGS.

25.04.2025

SENDANDI

Andri Gunnarsson
Baldvin Einarsson
Benedikt Bjarnason
Stefán Geir Árnason

VERKHEITI

Sundabraut frumdrög

VERKKAUPI

Vegagerðin, Reykjavíkurborg

DREIFING

Helga Jóna Jónasdóttir
Stýrihópur Sundabraut

MÁLEFNI

Vegur yfir urðunarstaðinn á Gufunesi

Inngangur

Vegagerðin er að vinna frumdrög og umhverfismat fyrir Sundabraut. Hluti vegstæðisins liggur yfir gamlan urðunarstað á Gufunesi, ef veglínan fylgir gildandi aðalskipulagi. Þ.e. á um 900 m kafla frá stöð 1555 til 2455 sé miðað við veglínu í lausn SBG5.



MYND 1 Yfirlitsmynd af þeim hluta vegstæðis sem lendir ofan á gömlum urðunarstað á Gufunesi.

Í samskiptum við Umhverfisstofnun (nú Umhverfis- og orkustofnun) og Heilbrigðiseftirlit Reykjavíkur hafa komið upp áhyggjur varðandi það hvaða áhrif hefðbundin vegfylling hefði á núverandi jafnvægi í þeim efnum og úrgangi sem er urðarður á urðunarstaðnum.

Með tilliti til þessa er ákveðið að skoða aðra möguleika á þverun urðunarstaðarins, með lausnum sem myndu hafa lítil eða engin áhrif á jafnvægi urðunarstaðsins. Þessar lausnir eru:

- Fylling með léttum mössum
- Rifjalausn
- Mýrarbrú/lágbrú

Forsendur

Hönnunarforsendur

Evrópustaðlar, eftir því sem við á

Veghönnunarreglur (Vegagerðin)

Reglur um hönnun brúa (Vegagerðin)

Håndbok N-V220 Geoteknikk i vegbygging (2025)

Håndbok V221 Grunnforsterkning, fyllinger og skráningar (2014)

Forsendur fyrir kostnaðaráætlun

Við mat á kostnaði er stuðst við einingarverð úr nýlegum verkefnum. Einnig er notast við einingarverð úr tilboðum og kostnaðaráætlunum í nýframkvæmdir þar sem það á við. Helstu magntölur byggja á einföldum handútreikningum af hverju mannvirki og lausn á þessu stigi.

Hönnunarstig er skilgreint sem skilgreining skv. leiðbeiningum Vegagerðarinnar, LEI-3001.

Við gerð kostnaðaráætlunar er reiknað með eftirfarandi forsendum:

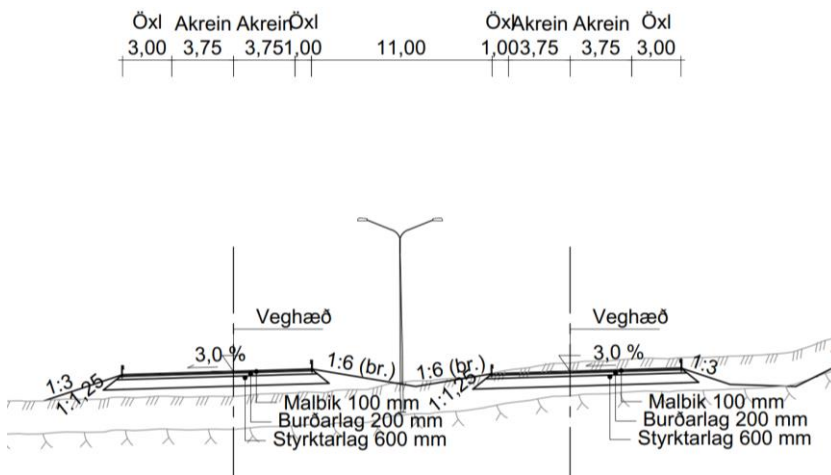
- Kostnaður við aðstöðu verktaka er áætlaður 7% af heildarkostnaði
- Einingarverð eru með vsk.
- Reiknað er með 40% ófyrirséðum kostnaði ofan á áætlaðan heildarkostnað. Þessi kostnaðarliður innifelur óvissu í magntöku, ótilgreindan kostnaði á framkvæmdastigi og aðra minni verkþætti sem ekki eru innifaldir í kostnaðarmati á þessu stigi
- Hönnun, umsjón og eftirlit er áætlað sem 18% af heildarkostnaði

Fyrir kostnað við hverja lausn eru líkleg efri og neðri mörk einnig skilgreind til að setja fram líklegt verðbil fyrir framkvæmdirnar. Skilgreining á efri og neðri mörkum er valin -30%/+85%.

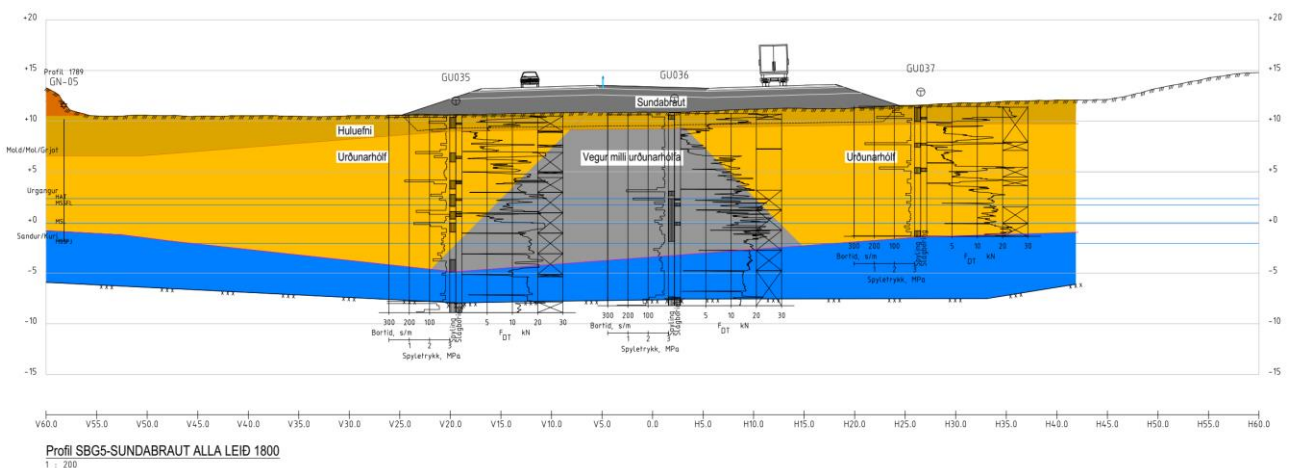
Grunnlausn

Sú grunnlausn sem lagt hefur verið upp með hingað til er eftirfarandi við hönnun Sundabrautar:

- Fyrst er vegstæðið fergt með yfirálagi, m.t.t. endanlegrar vegfyllingar og umferðarálags. Þannig yrði vænt sig framkallað til að fyrirbyggja sig á líftíma vegarins.
- Þegar búið er að framkalla sig er fering fjarlægð að hluta og vegur byggður upp á hefðbundinn hátt með fyllingu, styrktarlagi, burðarlagi og slitlagi.
- Hér að neðan má sjá kennisnið miðað við þessa hefðbundnu veguppbyggingu (mynd 2) og á mynd 3 má sjá dæmi um vegagerð yfir urðunarstaðinn, með hefðbundinni vegfyllingu á yfirborði.



MYND 2 Kennisnið miðað við hefðbundna veguppbyggingu.



MYND 3 Dæmi um vegagerð yfir urðunarstaðinn með hefðbundinni vegfyllingu á yfirborði.

Með þessari lausn yrðu mestu áhrifin á urðunarstaðinn á framkvæmdartíma þegar verið væri að þjappa honum saman. Eftir það yrðu hins vegar áhrif vegarins á urðunarstaðinn litlar sem engar.

Meðalkostnaður á lengdarmeter vegstæðis fyrir Sundabraut er um 1.000 Mkr/m.

TAFLA 1 Reiknaður verktakakostnaður með VSK, grunnlausn.

VERKÞÁTTUR	EINING	MAGN	EININGAVERÐ [kr./eining]	SAMTALS KOSTNAÐUR [MILLJÓNIR KR.]
Vegur, A-34 kennisnið	m	900	1.000.000.000	900
Ófyrirséð/ótilgreint, 40%	HT	-	-	360
Umsjón, hönnun og eftirlit, 18%	HT	-	-	230
			Samtals	1.490

Meðal kolefnisspor á hvern km vegstæðis fyrir Sundabraut er áætlað um 2.000 tonn CO₂-eq/km. Kolefnissporið af grunnlausn, miðað við 900 m langan veg, yrði því um 1.800 tonn CO₂-eq.

Léttir massar

Almennt um léttu massa

Það er þekkt lausn að nota létt fyllingarefni í uppbyggingu á vegum þar sem hætta er á sigi eða ef jarðlög eru viðkvæm gagnvart ytra álagi. Algengar útfærslur með léttum fyllingarefnum eru t.d.:

- EPS blokkir, 0,5 – 1,0 kN/m³
- Lettklinker (Léttklinker), 5,0-5,5 kN/m³
- Skumglass, 3,5-4,0 kN/m³

Möguleg útfærsla á léttum mössum fyrir Gufunes

Urðunarstaðurinn á Gufunesi eru með hululag sem er áætlað um 1,5-2,0 m á þykkt, byggt á borunum Vegagerðarinnar í urðunarstaðinn 2024. Það væri hægt að fjarlægja hululagið að hluta og byggja upp nýjan veg í staðinn sem hefði sömu þyngd og hululagið og myndi þar af leiðandi ekki valda ytra álagi á urðunarstaðinn.

Allar þessar þrjár leiðir hér að ofan voru skoðaðar gróflega og uppbygging með EPS blokkum er heppilegust þar sem slík lausn er léttust og því meiri möguleikar í uppbyggingu nýja vegarins m.t.t. hæðarlegu. Snið í st. 1800 er notað til viðmiðunar. Þar er hululag varfærnislega áætlað um 1,6 m þykkt.

TAFLA 2 Álag frá vegagerð yfir urðunarstaðinn með jarðvegsskiptum og léttum fyllingarefnum. Vegagerði í st. 1800 til viðmiðunar.

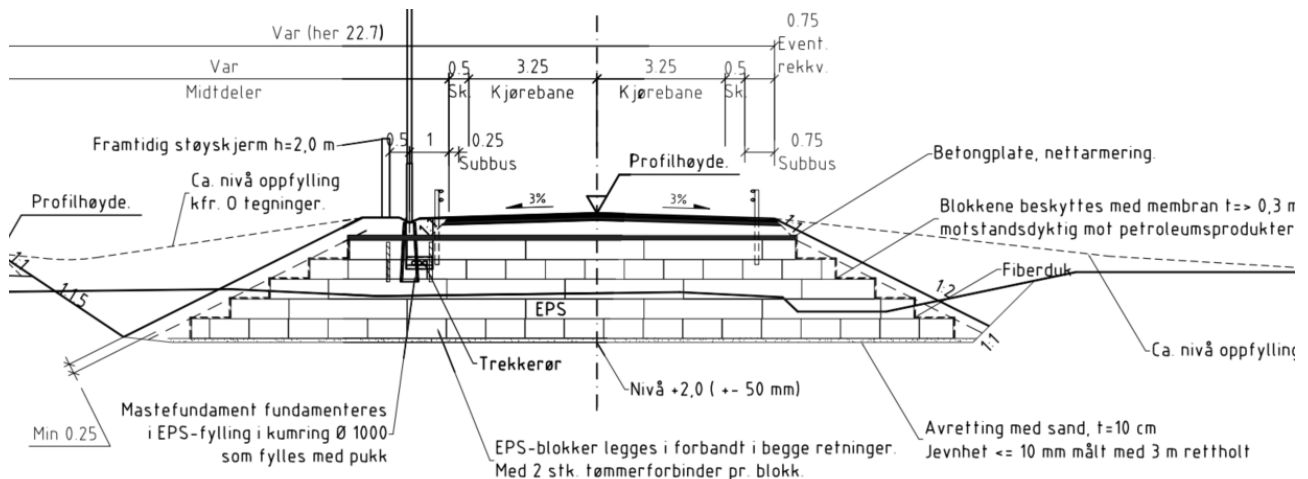
SNID ST. 1800	LETTKLINKER	SKUMGLASS	EPS
Huluefni túlkuð þykkt, m	1,6	1,6	1,6
Huluefni rúmþyngd, kN/m ³	18,0	18,0	18,0
Huluefni grafið út, m	-1,3	-1,3	-1,3
Álagslétting með úgreftri, kPa	-23,4	-23,4	-23,4
Yfirbygging þykkt, m	0,8	0,8	0,25
Yfirbygging rúmþyngd, kN/m ³	19,0	19,0	19,0
Álag yfirbygging, kPa	+15,2	+15,2	+4,8
Steypt plata þykkt, m	-	-	0,1
Steypa rúmþyngd, kN/m ³	-	-	25,0
Álag steyp plata, kPa	-	-	+2,5
Ný fylling þykkt, m	2,9	2,9	3,5
Fylling rúmþyngd, kN/m ³	5,0	3,5	0,5
Álag létt fylling, kPa	+14,5	+10,2	+1,8
Umferðarálag, kPa	+15	+15	+15
Álagsbreyting, kPa	+21,3	+17,0	-1,9

Útreikningar á álagi frá vegi með mismundandi gerðum af léttu fyllingarefni sýna að vegfylling með EPS skilar sér í minna álagi þegar á heildina er litið og tekið er tillit til umferðarálags, en fyllingar með skumglass og lettklinker valda álagsaukningu sem samsvarar um 1 m af jarðvegi.

Mögulega er þykkt huluefnis túlkuð of íhaldssamt frá borunum en fyrirbyggjandi upplýsingar um þykkt huluefnis gera ráð fyrir að hún sé um 3 m. Með auknum útgreftri á hululagi, ef það er 3 m, myndi álag frá vegagerð með

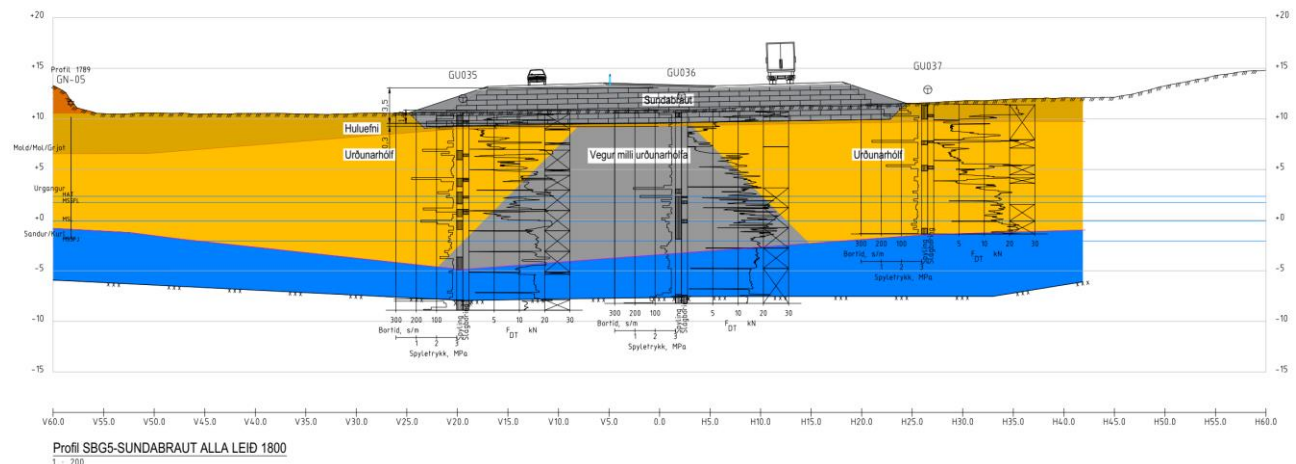
fyllingu af skumglass eða lettklinker minnka. Ef það væri t.d. hægt að fjarlægja 1 m meira af hululagi, um 2,6 m, þá væri lítil sem engin álagsaukning frá fyllingu með skumglass eða lettklinker.

Þar sem EPS er sú lausn sem myndar minnst álag á yfirborð, og hefur þar með minnstu áhrifin á urðunarstaðinn, þá er valið að skoða hana áfram sem valkost með léttum mössum. Lausn með EPS er hins vegar kostnaðarsamari en skumglass eða lettklinker og því æskilegt að skoða betur mögulega útfærslu á slíkum lausnum ef valið yrði að halda áfram með lausn með léttum mössum.



MYND 4 Dæmi um snið í veg, frá Noregi, sem er byggður upp með EPS fyllingu.

Það er skilgreind lausn með EPS skv. HB V221 þar sem reiknað er með 3 m þykkri fyllingu af 0,5 m þykkum EPS blokkum, og með 100 kPa þrýstistyrk. Jafnramt er reiknað með að halli fláa sé 1:2. Ofan á EPS blokkirnar kemur 10 cm steinsteypt plata með einfaldri sprungubendingu og þar ofan á 15 cm burðarlag og síðan slitlag. Dæmi um slíka vegagerð má sjá á mynd 4.



MYND 5 Dæmi um vegagerð yfir urðunarstaðinn með útgreftri og fyllingu úr EPS blokkum.

Af ofangreindu fást eftirfarandi magntölur í helstu verkþætti:

- Gröftur og förgun á hululagi: 80.000 m³
- EPS (100): 100.000 m³
- Steinsteypa, C35/45: 2.200 m³
- Járnalögn, slakbent: 220 tonn

- Mót: 360 m²
- Burðarlag (15 cm): 3.300 m³
- Slitlagsmalbik (2 lög): 19.800 m²

Eftirfarandi einingaverð með VSK. eru notuð til viðmiðunar:

- Gröftur og förgun á hululagi 10.000 kr./m³
- EPS (100) 3500 kr./m³
- Steinsteypa, C45: 85.000 kr./m³
- Járnalögn, B500C slakbent: 650.000 kr./tonn
- Mót: 30.000 kr./m²
- Burðarlag 7.500 kr./m³
- Slitlagsmalbik 12.000 kr./m²

Reiknaður verktakakostnaður miðað við forsendurnar hér að ofan er tekinn saman í töflunni hér að neðan.

TAFLA 3 Reiknaður verktakakostnaður með VSK. við lausn með EPS fyllingu.

VERKÞÁTTUR	EINING	MAGN	EININGAVERÐ [kr./eining]	SAMTALS KOSTNAÐUR [MILLJÓNIR KR.]
Aðstöðusköpun, 10%	HT	-	-	170
Gröftur og förgun - Hululag	m ³	80.000	10.000	800
EPS (100)	m ³	100.000	3.500	350
Steinsteypa, C35/40	m ³	2.200	85.000	190
Járnalögn, slakbent	tonn	220	650.000	145
Mót	m ²	360	30.000	11
Burðarlag (15 cm)	m ³	3.300	7.500	25
Slitlagsmalbik, 2 lög	m ²	19.800	12.000	240
Ófyrirséð/ótilgreint, 40%	HT	-	-	750
Umsjón, hönnun og eftirlit, 18%	HT	-	-	475
			Samtals	3.156

Samtals verktakakostnaður við lausnina reiknast því um 3,2 milljarðar króna með VSK fyrir lausn með vegi úr EPS blokkum. Stærstu kostnaðarliðirnir eru EPS blokkir sem og gröftur og förgun á hululagi.

Valin neðri/efri mörk kostnaðarmats m.v. -30% og + 85% eru þá 2,2 til 5,8 milljarðar króna með VSK fyrir lausnina.

Einnig var lagt mat á kolefnisspor lausnarinnar, sjá Mynd 7. Notast var við kolefnisreikninn LOKA (útg. 1.0), sem er þróaður af EFLU Verkfræðistofu fyrir Vegagerðina, en VegLCA frá Norsku vegagerðinni var notaður til að reikna kolefnisspor fyrir EPS. Notast er við framkvæmdastigið „Frumdrög“ sem þýðir -20% til 40% óvissa í útreikningunum.

Áætlað heildarkolefnisspor fyrir lausnina er 13 þúsund tonn CO₂-eq og vegur framleiðsla á EPS þar mest.

Helsta áskorunin við að nota EPS er breytileiki í urðunarstaðnum sem og gamlir vegir á milli urðunarhólfa. Sundabraut á EPS fyllingu mun ekki valda sigi en hins vegar er náttúrulegt sig vegna niðurbrots á efnum í urðunarstaðnum um 5-20 mm á ári og það má vænta þess að það ferli haldi áfram. Breytileiki í jarðveginum undir veginum getur leitt af sér mismunasig eftir veglínunni vegna náttúrulegs sigs og það er áskorun sem þyrfti að skoða betur og leysa á seinni hönnunarstigum.

Áhrif lausnar með EPS blokkum á urðunarstaðinn

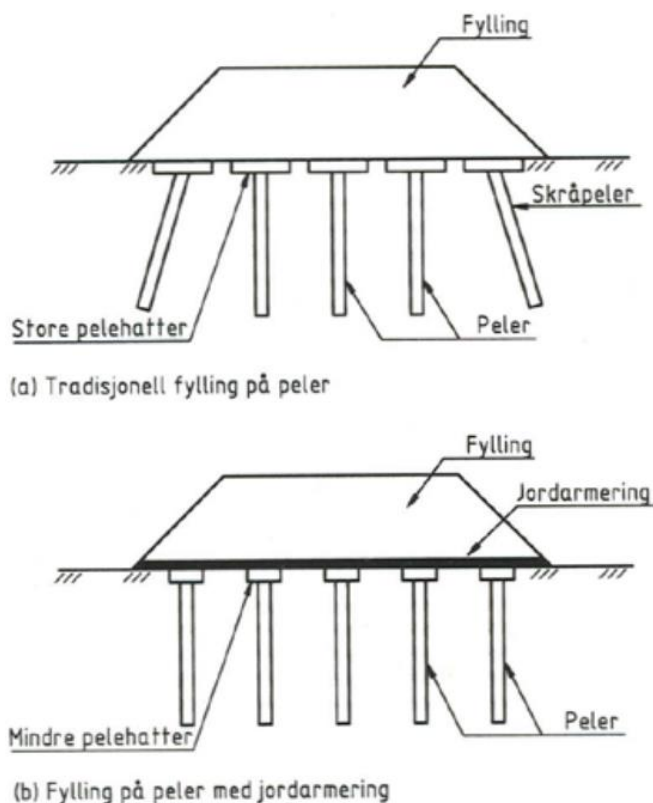
Ef hululagið er fjarlægt og léttir massar settir í staðinn, sem eru með sömu eða minni þyngd og hululagið, þá verður ekki aukið álag frá veginum á urðunarstaðinn. Það má í raun segja að urðunarstaðurinn verði ekki fyrir neinum áhrifum af slíkri lausn þar sem engin breyting verður á massajafnvægi á svæðinu.

Rifjalausn

Almennt um rifjalausn

Svokölluð „rifjalausn“ samanstendur af fyllingu sem er lögð út á staura sem bera álagið frá veginum niður í jarðveginn með hliðarburði eða endaberandi niður í klöpp. Venjulega eru staurar reknir niður með föstu millibili í stauraröð sem er hornrétt út frá veglínunni. Millibil á milli staura þvert á veginn og bil á milli stauraraða ákvarðast af hæð fyllingar, burðarþoli jarðvegs og gerð staura. Þyngdin á fyllingaefninu, veguppbyggingunni og umferðarálagið dreifist niður á stauraröðina með bogavirkni í fyllingarefninu (no. hvelvirkning), og færir því álagið að mestu af undirlaginu yfir á staurana.

Staurar í hverri röð eru þá annað hvort með steypa plötu á toppnum á hverjum staur eða samfellda plötu sem tengir alla staura saman í hverri röð, svokallað rif. Oft er einnig notast við jarðstyrkingarkerfi með þessari lausn til að minnka þörf fyrir steyptar plötur. Dæmi um þessa lausn er sýnt á myndinni hér að neðan.



MYND 6 Dæmi um rifjalausn þar sem fylling er lögð út á stauraraðir (heimild: SvV Håndbok V221).

Möguleg útfærsla á rifjalausn fyrir Gufunes

Rifjalausn fyrir veginn yfir öskuhaugana á Gufunesi var skoðuð lauslega. Helstu forsendur er gefnar hér að neðan og eru í samræmi við Reglur um hönnun brúa (útg. 2019), ÍST EN 1991 og 1997-1 og þjóðarviðauka við Evrópustaðlana:

- Umferðarálag, kennigildi: $q_k = 10 \text{ kPa}$
- Fylling, efniseiginleikar:
 - Skriðhorn $\phi_k = 39^\circ$
 - Rúmpyngd fyllingar $\gamma_{\text{fylling}} = 19 \text{ kN/m}^3$
 - Öryggi á skriðhorn $\gamma_{M;\phi} = 1,25$
- Fyllingarhæð: $H = 3 \text{ m}$
- Halli á fyllingarfláa: $\alpha = 1:1,5$
- Breidd vegstæðis: $B = 45 \text{ m}$
- Þekjuhutfall plötu: $D = 60\%$
- Forsteyptur staur, burðarþol: $R_{c;d} = 1300 \text{ kN (gerð P270/25 skv. Peleveledningen 2019)}$

Samkvæmt ofangreindum forsendum reiknast nauðsynlegt bil á milli staura 4,2 m. Því er valið að hafa 11 staura í hverri röð.

Sé gert ráð fyrir 4,2 m á milli stauraraða og að vegkaflinn sé um 900 m langur þarf samtals um 212 stauraraðir eða 2340 staura. Boranir í nágrenni við svæðið gefa til kynna að dýpi á klöpp sé um 10-15 m og því þurfa staurar líklega að vera a.m.k. 15 m langir.

Valin stærð steyptrar plötu/rif ofan á stauraraðir er 0,5 m að þykkt og 2,5 m breidd til að uppfylla skilyrði um 60% þekjuhutfall (60% af svæðinu undir fyllingunni skal vera þakið með rifjum/steypu). Hér er valið að nota þekjuhutfall fyrir undirlag án viðnámsjarðvegs skv. mynd 1-5-7 í HB V221 sem er óhagstætt tilfelli m.t.t. breiddar á hverri plötu. Tekið er fram að þekjuhutfallið sem var valið er mjög óhagstætt og miðast við að undirlagið sé mjög deigt.

Út frá þessu fæst að rúmmál steypu í hverri röð er 55 m^3 . Flatarmál móta er þá 44 m^2 í hverri röð. Reiknað er með járn magni sem samsvarar 150 kg/m^3 sem gefur um 10 tonn fyrir hverja plötu/stauraröð.

Af ofangreindu fást eftirfarandi magntölur í helstu verkþætti:

- Fylling 130.000 m^3
- Styrktarlag 11.000 m^3
- Burðarlag 2.000 m^3
- Slitlagsmalbik 19.800 m^2
- Staurar, P270/25: 35.100 m
- Steinsteypa, C45: 11.500 m^3
- Járnalögn, slakbent: 1.750 tonn
- Mót: 9.700 m^2

Eftirfarandi einingaverð með VSK. eru notuð til viðmiðunar:

- Fylling 4.500 kr./m^3
- Styrktarlag 4.900 kr./m^3
- Burðarlag 7.500 kr./m^3

- Slitlagsmalbik 12.000 kr./m²
- Staurar, P270/25: 50.000 kr./m
- Steinsteypa, C45: 85.000 kr./m³
- Járnalögn, B500C slakbent: 650.000 kr./tonn
- Mót: 35.000 kr./m²

Reiknaður verktakakostnaður miðað við forsendurnar hér að ofan er tekinn saman í töflunni hér að neðan.

TAFLA 4 Reiknaður verktakakostnaður með VSK. við rifjalausn.

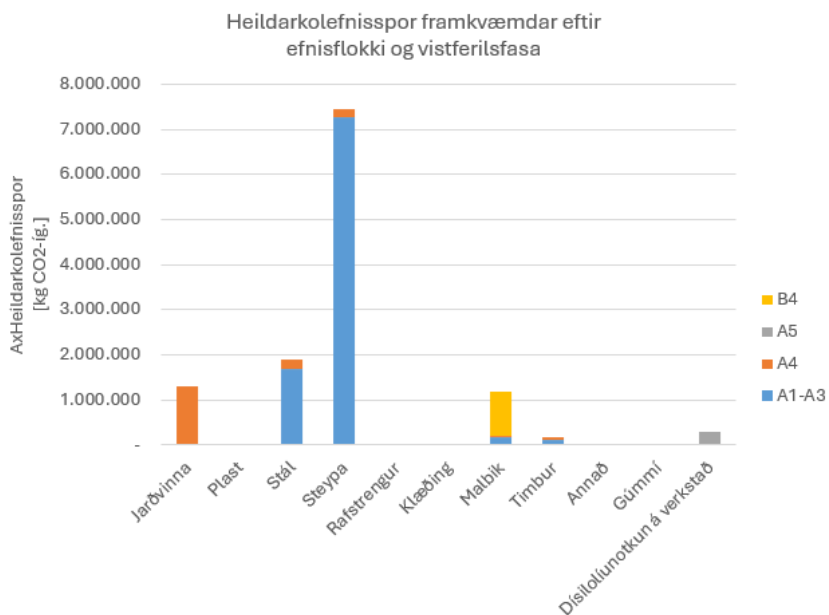
VERKÞÁTTUR	EINING	MAGN	EININGAVERÐ [kr./eining]	SAMTALS KOSTNAÐUR [MILLJÓNIR KR.]
Aðstöðusköpun, 7%	HT	-	-	350
Fylling	m ³	117.000	4.500	530
Styrktarlag (0,6 m)	m ³	13.500	4.900	66
Burðarlag (0,2 m)	m ³	2.600	7.500	20
Slitlagsmalbik, 2 lög	m ²	19.800	12.000	240
Staurar, P270/25	m	35.100	50.000	1.760
Steinsteypa, C35/40	m ³	11.500	85.000	975
Járnalögn, slakbent	tonn	1.750	650.000	1.115
Mót	m ²	9.700	35.000	340
Ófyrirséð/ótilgreint, 40%	HT	-	-	2145
Umsjón, hönnun og eftirlit, 18%	HT	-	-	1350
			Samtals	8.891

Samtals verktakakostnaður við lausnina reiknast því um 8,9 milljarðar króna með VSK fyrir rifjalausn. Stærstu kostnaðarliðirnir eru staurar og járnalögn.

Valin neðri/efri mörk kostnaðarmats m.v. -30% og + 85% eru þá 6,2 til 16,5 milljarðar króna með VSK fyrir lausnina.

Einnig var lagt mat á kolefnisspor lausnarinnar, sjá Mynd 7. Notast var við kolefnisreikninn LOKA (útg. 1.0), sem er þróaður af EFLU Verkfræðistofu fyrir Vegagerðina. Notast er við framkvæmdastigið „Frumdrög“ sem þýðir -20% til 40% óvissa í útreikningunum.

Áætlað heildarkolefnisspor fyrir lausnina er 12 þúsund tonn CO₂-eq og vegur steypan þar mest.



MYND 7 Heildarkolefnisspor fyrir rifjalausn eftir efnisflokki og vistferilsfasa.

Áhrif rifjalausnar á urðunarstaðinn

Rifjalausn krefst þessa að reknir séu niður yfir 2.300 staurar í vegstæðið. Þetta veldur töluverður raski á yfirborðinu vegna umferðar niðurrekstrarbúnaðar og steypuvinnu fyrir rif.

Þar sem reiknað er með að staurar þurfi að vera reknir niður á klöpp verður óumflýjanlega hreyft við allri þykktinni á urðunarstaðnum undir vegstæðinu. Við niðurrekstur ýtist efnið til og þjappast í kringum staurinn og eitthvað af efni getur ýst niður á við.

Áhrifasvæðið vegna þjöppunar er líklega af stærðargráðunni 2-5 sinnum breiddin á staurnum eða á 80-150 cm svæði út frá staur ef miðað er við að notast verði við staura með svokallað P270 þversnið, en það er ferkantaður staur, 27 cm á kant. Þá má einnig gera ráð fyrir að áhrifasvæðið sé hvað stærst næst yfirborði og niður á um 2-4 m dýpi (um 10-15 sinnum breiddin á staurnum).

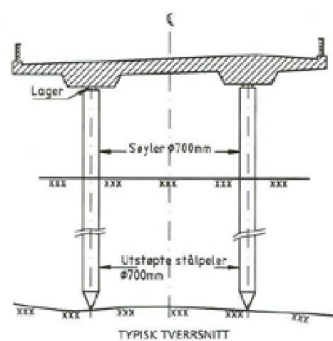
Sé valið að steypa rif beint ofan á núverandi yfirborð þarf aðeins að rétta af landið undir plötturnar. Þegar plötturnar eru steypar er hægt að leggja út fyllinguna í lögum frá endatipp og þarf því ekki að keyra beint á yfirborði hululagsins. Einnig mæti taka í burtu efsta hlutann af hululagi til að halda massajafnvægi.

Mýrarbrú/lágbrú

Almennt um mýrarbrú/lágbrú

Mýrarbrú eða lágbrú (no. Myrbru/lavbru) er lausn þar sem samfelld bita- eða plötubrú er byggð yfir t.d. mýri eða svæði þar sem ekki er hægt að byggja upp hefðbundinn veg vegna óhagstæðra jarðvegsaðstæðna. Yfirbygging brúarinnar er grunduð á staurnum sem eru færðir beint upp í brúardekkið. Um 80 ára reynsla er af notkun þessarar gerðar af brúm yfir mýrar og deig jarðlög í Noregi (sjá kafla 2.5 í handbók norsku Vegagerðarinnar, HB V221 – Grunnforsterkningar, fyllinger og skráningar).

Sömu hönnunarreglur og viðmið gilda um þessa gerð af brú eins og aðrar vegbrýr en megin munurinn er að sá að brúardekkið liggur lágt yfir landinu og steypist beint ofan á staura. Dæmi um mýrarbrú er sýnt á myndinni hér að neðan, Vikshaugen bru á vegi E6 í Østfold í Noregi.



Figur 2-5- 2 Lengde og tverrprofil av Vikshaugen bru.



Figur 2-5- 3 Myrbru (Vikshaugen bru på E6 i Østfold. (Foto: El Hadj Nouri)

MYND 8 Dæmi um mýrarbrú (heimild: HB V221).

Yfirbygging brúarinnar getur annað hvort verið slakbent eða eftirspennt staðsteypt plata. Forsteyptar lausnir gætu þó einnig verið hagkvæmar og þá sérstaklega m.t.t. styttingu byggingartíma. Staurar geta annað hvort verið forsteyptir járnbentir staurar eða stálrörsstaurar sem eru annað hvort reknir eða boraðir niður á klöpp.

Eftirfarandi atriði er mikilvægt að taka tillit til við hönnun mýrarbrúar:

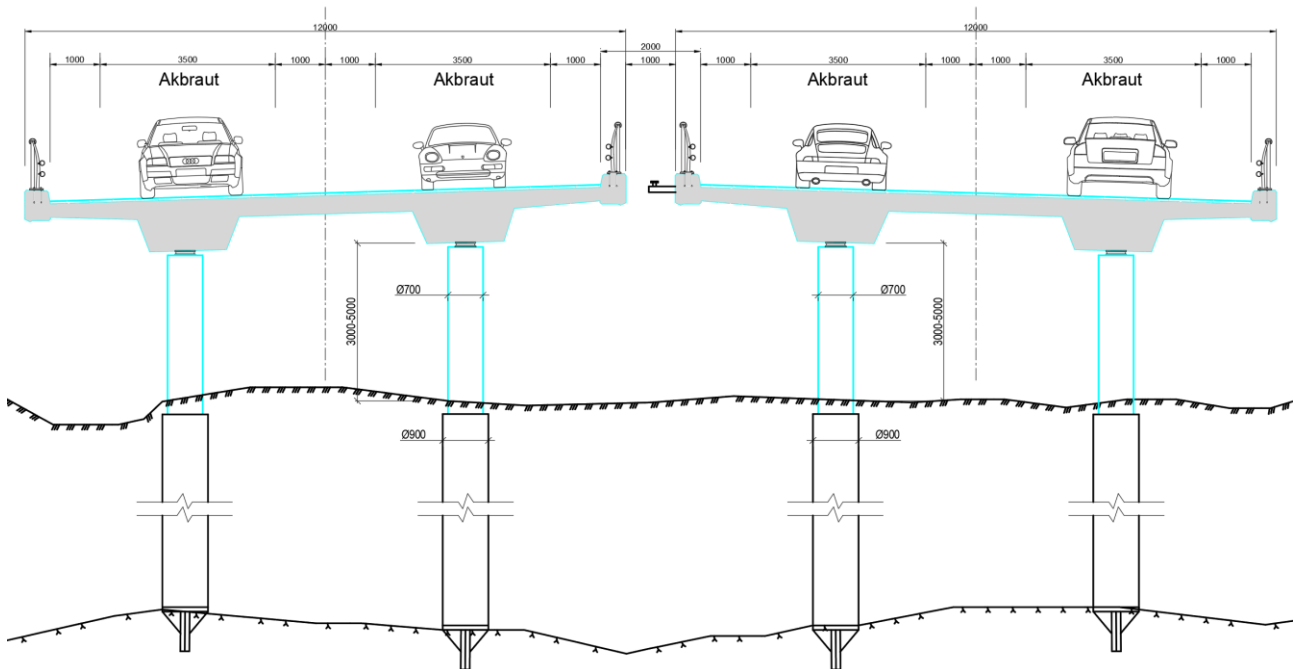
- Hæð brúardekks yfir landi
- Hliðarstuðningur við staura (kiknun í jarðvegi og staur)
- Gerð staura
- Upptaka láréttra krafta, þvert á brú og í langátt brúar
- Burðarþol undirlags fyrir niðurrekstrarbúnað

Líklegt haf á milli undirstöðuása er á milli 10-20 m en það fer að miklu leyti eftir því hversu hagstæðar grundunaraðstæður eru og hversu stóra staura er hægt að nota. Dæmigerð hæð undir brú er þá 2-5 m.

Í handbók V221 er tekið fram að oft sé hagstætt að niðurrekstur fari fram að vetri til þegar frost er í jörðu og burðarþol undirlagsins því hærra fyrir niðurrekstrarbúnað. Þá er mælt með að nota færri og stærri staura í stað fleiri og minni, bæði m.t.t. útlits en einnig burðarþols í staur (kiknun í staur og jarðvegi).

Möguleg útfærsla á mýrarbrú/lágbrú fyrir Gufunes

EFLA hefur teiknað upp grófa útfærslu á þversniði fyrir mýrarbrú og áætlað verktakakostnað við stærstu verkþættina. Tillaga að þversniði er sýnd á myndinni hér að neðan.



MYND 9 Tillaga að þversniði fyrir mýrarbrú yfir urðunarstaðinn á Gufunesi. Allar málsetningar í mm.

Brúin er sett í 5 m hæð yfir núverandi landi og gert ráð fyrir að staurar séu 15 m langir, endaberandi Ø914 mm stálrörsstaurar sem eru reknir niður á fastan botn. Reiknað er með að 4 staurar nægi í hvern ás og að haflengdir séu um 20 m að jafnaði sem gefur 46 undirstöðuása. Áætluð heildarlengd staura er því $4 \times 15 \text{ m} \times 46 = 2.760 \text{ m}$. Einnig er gert ráð fyrir að staurarnir séu fylltir með járnþentri steinsteypu. Stálrörin eru skorin í hæð við núverandi land, tæmdir af jarðefni/úrgangi, járnagrind látin síga ofan í og steipt í rörið upp að u.þ.b. 0,5 m undir núverandi landhæð. Staðsteypt Ø700 mm súla er svo látin halda áfram frá toppi stálrörsins upp í yfirbygginguna. Áætluð hæð steypu súlunnar er 5 m í kostnaðarmatinu.

Gert er ráð fyrir að brúardekkið sé staðsteypt og eftirspennt bitabrá með 250-350 mm þykkri plötu sem spannar milli tveggja bita. Tvær brýr yrðu byggðar, með tveimur akreinum í hvora akstursstefnuna. Flatarmál þversniðsins er $1,97 \text{ m}^2$ og því fæst að magn steypu í yfirbyggingu er $2 \times 1,97 \text{ m}^2 \times 900 \text{ m} = 3544 \text{ m}^3$. Mótafletir eru áætlaðir út frá þversniði brúarinnar og fjölda súlna. Einnig er gert ráð fyrir að legur þurfi á hverja súlu, að H2 vegrið sé á brúnni og að ofan á brúardekkið sé sett vatnsvarnarlag og slitlagsmalbik.

Af ofangreindu fást eftirfarandi magntölur í helstu verkþætti:

• Staurar, Ø914x16:	2.760	m
• Steinsteypa, C45:	5.240	m ³
• Járnalögn, B500C slakbent:	530	tonn
• Spennikaplar:	210	tonn
• Mót:	17.910	m ²
• Legur:	184	stk.
• Vegrið:	3.600	m

- Vatnsvarnarlag og slitlagsmalbik: 19.800 m²

Eftirfarandi einingaverð með VSK. eru notuð til viðmiðunar:

- Stálrörsstaurar, Ø914: 350.000 kr./m
- Steinsteypa, C45: 85.000 kr./m³
- Járnalögn, slakbent: 650.000 kr./tonn
- Spennikaplar: 3.000.000 kr/tonn
- Mót: 60.000 kr./m²
- Legur: 1.000.000 kr./stk.
- Vegrið: 130.000 kr./m
- Vatnsvarnarlag og slitlagsmalbik: 20.500 kr./ m²

Reiknaður verktakakostnaður miðað við forsendurnar hér að ofan er tekinn saman í töflunni hér að neðan.

TAFLA 5 Reiknaður verktakakostnaður með VSK. við mýrarbrú.

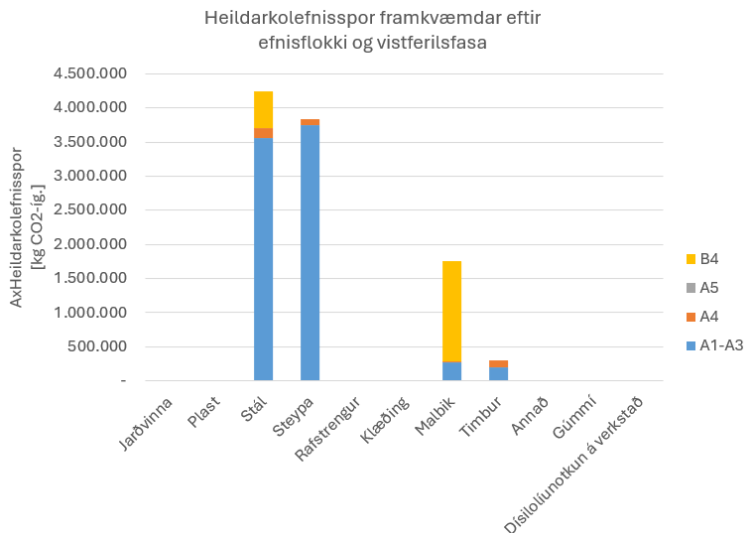
VERKÞÁTTUR	EINING	MAGN	EININGAVERÐ [kr./eining]	SAMTALS KOSTNAÐUR [MILLJÓNIR KR.]
Aðstöðusköpun, 7%	HT	-	-	315
Stálrörsstaurar, Ø914	m	2.760	350.000	970
Steinsteypa, C45	m ³	5.240	85.000	445
Járnalögn, slakbent	tonn	530	650.000	345
Spennikaplar	tonn	210	3.000.000	630
Mót	m ²	17.910	60.000	1.075
Legur	stk.	184	1.000.000	184
Vegrið	m	3.600	130.000	470
Vatnsvarnarlag og slitlagsmalbik	m ²	19.800	20.500	410
Ófyrirséð/ótilgreint, 40%	HT	-	-	1.935
Umsjón, hönnun og eftirlit, 18%	HT	-	-	870
			Samtals	7.650

Samtals verktakakostnaður við verkþættina reiknast því um 7,7 milljarðar króna með VSK fyrir mýrarbrú. Stærsti kostnaðarliðurinn er bundinn við verkþáttinn stálrörsstaurar og því mikilvægt að það fái hagkvæm hönnun á grundun brúarinnar.

Valin neðri/efri mörk kostnaðarmats m.v. -30% og + 85% eru þá 5,4 til 14,1 milljarðar króna með VSK fyrir lausnina.

Einnig var lagt mat á kolefnisspor lausnarinnar, sjá Mynd 10.

Áætlað heildarkolefnisspor fyrir mýrarbrú er um 10 þúsund tonn CO₂-eg og vegur þar mest stál og steypa þar á eftir.



MYND 10 Heildarkolefnisspor fyrir mýrarbrú eftir efnisflokki og vistferilsfasa.

Áhrif mýrarbrúar á urðunarstaðinn

Mýrarbrú krefst þess að það séu reknir eða boraðir séu niður um 2700 m af staurum niður í gegnum alla þykktina á haugnum. Þá þarf að tæma stálrörin af efninu til þess að geta komið fyrir járnalögn og steypu í staurana. Þetta þýðir að um 130 rúmmetrar af efni koma upp úr staurunum. Þessu efni sem kemur upp úr staurunum þarf að farga aftur á viðurkenndan hátt.

Umferð niðurrekstrarbúnaðar og vinnuumferðar vegna uppsteypu á yfirbyggingu brúarinnar veldur raski á yfirborðinu. Tæki sem bora eða reka niður staura af þeirri stærð sem verið er að skoða eru þung og því þarf að skoða vel álagsgreifingu og mögulegar aðgerðir vegna þess á framkvæmdartíma.

Áhrifasvæði vegna borunar eða reksturs á staurum er líklega svipað eða aðeins minna og fyrir rekna staura (sjá umfjöllun hér að ofan). Fyrir 900 mm staura getur áhrifasvæðið því verið 2-5 m út frá staur.

Það er hægt að nota boraða staura þar sem jarðvegurinn kemur upp úr staurnum, þá byggist ekki upp þrýstingur í jarðvegi umhverfis staurinn, andstætt við t.d. heila steypa staura sem eru reknir niður. Þessi aðferð er t.d. notuð þegar verið er að grunda mannvirki í lélegum jarðvegsaðstæðum þar sem ekki má hafa áhrif á jarðvegin. Engu að síður geta orðið staðbundin áhrif aðeins út fyrir staurinn eins og nefnt er hér að ofan.

Samanburður á lausnum

Allir valkostirnir eru metnir sem raunhæf lausn fyrir þverun urðunarstaðarins og þeir hafa ýmist lítil eða engin áhrif á urðunarstaðinn.

Samanburður allra lausna m.t.t. kostnaðar og kolefnisspors er settur fram í töflunni hér að neðan.

TAFLA 6: Samanburður á lausnum

SAMANBURÐUR Á MILLI VALKOSTA	GRUNNLAUSN	VEGUR Á EPS FYLLINGU	RIFJALOUSN	MÝRARBRÚ
Kolefnisspor [tonn CO ₂ -íg]	1.800	13.000	12.000	10.000
Áætlaður framkvæmdakostnaður [milljarðar kr]	1.490	3.200	8.891	7.650

