



## Greinargerð

### Tvöföldun Hvalfjarðarganga. Samanburður mismunandi gangaleiða

#### 1. Inngangur

Mannvit hefur í samvinnu við forstöðumann jarðgangadeildar Vegagerðarinnar, Gísla Eiríksson, skoðað og borið saman nokkra valkosti fyrir tvöföldun Hvalfjarðarganga, sem hér er lýst í þessari greinargerð. Tilgangur þessa verkefnis nú er að skoða hvaða möguleikar eru raunhæfir í því efni og hvernig þeir uppfylla reglur og markmið, slysatíðni og hagkvæmni. Ekki er reynt að svara því hvenær þarf að tvöfalda göngin.

Í júlí 2008 kom út skýrsla um undirbúning að gerð Hvalfjarðarganga II<sup>1</sup>. Skýrslan lýsir forhönnun ganga II og í tillögum um hönnunarviðmið er tekið mið af norska veggangastaðlinum, sem þá var í gildi, útgáfu 2006. Vegna ýmissa breytinga sem gerðar hafa verið á viðmiðunarstöðlum fyrir veggöng, frá því forhönnunin ganga II var gerð, er talið nauðsynlegt nú að skoða nokkra aðra möguleika á tvöföldun ganganna. Kröfur hafa aukist og meta þarf út frá áhættumati og kostnaði hvort rétt sé að styðjast áfram við forhönnun ganga II, sem kynnt var 2008, eða leggja til aðra lausn.

Árið 2017 var meðalárdagsumferð (ÁDU) um Hvalfjarðargöng nálægt 7.000 ökutæki/dag. Umferðin hefur aukist mikið undanfarin ár og er ljóst að fyrr en seinna þarf önnur göng. Sé eingöngu miðað við flutningsgetu ganganna og viðmiðunarstaðla hvað það varðar þyrfti ekki ný göng fyrr en umferð er komin yfir 12.000 til 20.000 ökutæki að meðaltali á dag. Hins vegar setur skortur á flóttamöguleikum umferðarmagni skorður, en samkvæmt ákvæðum í Evróputilskipun 2004/54/EB, sem sett er fram í reglugerð nr. 992 um öryggiskröfur fyrir jarðgöng<sup>2</sup>, þarf að vera neyðarútgangur til staðar þegar meðalumferð er meiri en 4.000 ökutæki á dag/akrein fyrir jarðgöng styttri en 10 km. Þetta er sérstök undanþága sem Ísland og Noregur fengu frá Evróputilskipuninni, sem setur mörkin við 2.000 ökutæki/akrein.

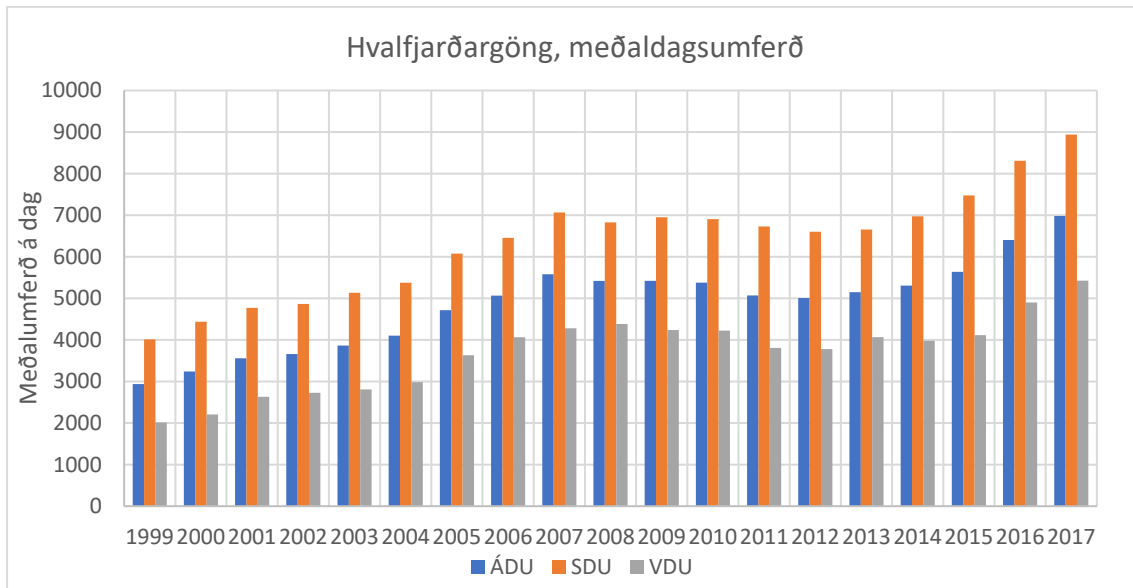
#### 2. Umferðarsaga

Þann 11. júlí á þessu ári (2018) verða 20 ár liðin frá því Hvalfjarðargöng voru opnuð fyrir umferð. Umferð um göngin jókst jafnt og þétt fyrstu árin frá því að vera tæplega 2.950 ÁDU árið 1999 upp í tæplega 5.600 ÁDU 2007. Umferð um göngin stóð í stað og minnkaði næstu ár þar á eftir og fór lægst í um 5.000 ÁDU árið 2012. Frá 2012 og einkum nú hin síðari ár hefur aukning umferðar í gegnum Hvalfjarðargöng verið mikil og var komin í tæp 7.000 ÁDU í lok árs 2017. Meðalumferð í Hvalfjarðargöngum frá árinu 1999 til 2017 er sýnd á mynd 1.

Ef allt tímabilið frá 1999 til 2017 er tekið hefur meðalaukning umferðar verið um 4,9% á ári.

<sup>1</sup> Hvalfjarðargöng II. Skýrsla um undirbúning að gerð nýrra ganga um Hvalfjörð. Hnit verkfræðistofa, Jarðfræðistofan, Mannvit verkfræðistofa og RTS verkfræðistofa. Unnið fyrir Spöl, júlí 2008.

<sup>2</sup> Reglugerð um öryggiskröfur fyrir jarðgöng, nr. 992. Samgönguráðuneytið, 23. október 2007.



Mynd 1. Meðalumferð, ÁDU, SDU og VDU, í Hvalfjarðargöngum 1999 til 2017. <sup>3</sup>

### 3. Forhönnun 2008 og breyttar reglur

Í forhönnun ganga II, sem lýst er í undirbúningsskýrslu um tvöföldun Hvalfjarðarganga, er lagt til að göng II verði austan við og meðfram núverandi göngum og að mesti halli ganganna verði mest 7%, sem var hámarkshalli í þá gildandi útgáfu af norska veggangastaðlinum, 2006 útgáfan.

Lagt var til að hafa neðsta hluta ganganna 5 metrum hærra en göng I með þeim rökum að það myndi stytta göngin og veða þar með upp að hluta lengdaraukningu vegna hallamunar. Það væri í lagi vegna meiri vitneskju um jarðfræði á gangaleiðinni en var til staðar þegar göng I voru grafin. Mismunandi hæðarlega og halli ganganna leiddi hins vegar til þess að hluti tengiganga milli ganga I og II (neyðarútgangar) yrði að vera í hálfgerðum stigahúsum. Þetta var ekki góð lausn og vart í samræmi við leiðbeiningar um góða neyðarútganga þó ekki hafi verið gerðar sérstakar kröfur um neyðarútganga í norsku gangahandbókinni á þessum tíma.

Í núgildandi veggangastaðli norsku vegagerðarinnar, útgáfa 2016, er hámarkshalli tilgreindur 5% bæði fyrir akbrautir og tengigöng (neyðargöng) milli samhliða ganga. Hvort tveggja er breyting frá 2006 útgáfu staðalsins.

Varðandi hámarkshalla ganga þá gildir það fyrst og fremst fyrir ný göng en norska vegagerðin hefur leyft meiri halla í undantekningartilfellum og þá með því fororði að landfræðilega sé illmögulegt að koma því við að hafa hallann  $\leq 5\%$ , en þá þarf að skoða hvert einstakt tilvik sérstaklega með m.a. áhættugreiningu. Sem dæmi þá hefur norska „vegdirktoratet“ t.d. samþykkt nýlega (2016) allt að 8% veghalla í veggöngum (Nordøyveggöngin með áætlað um 1200 ADU).

Auk breytinga á halla ganga var veggsteypa eða leiðiveggur ekki krafa fyrir göng í gangaflokki A-D í 2006 útgáfu veggangastaðalsins en er í dag. Þá hafa komið inn ýmsar kröfur um öflugri vatnslæðingar og meiri styrkingar en gert var í fyrri útgáfum. Nú er t.d. lármarksþykkt sprautusteypu til styrkingar 80 mm, þar sem áður var leyft 40 – 60 mm.

<sup>3</sup> Vegagerðin, <http://www.vegagerdin.is/upplýsingar-og-utgafa/umferdin/umfthjodvegum>.

Varðandi upphengjur og festingar er fastar kveðið á um ryðfrítt stál, að ákveðinni gerð, fyrir allar festingar og stálumgjarðir búnaðar í neðansjávangöngum og fyrir festibolta fyrir vatnslæðingar er einnig aukin krafa um ryðvörn eða notkunar ryðfrírra bolta. Þá eru auknar kröfur um neyðarbúnað ganganna, flóttaljós o.fl.

Ljóst er því að endurskoða þarf forhönnun ganga II með hliðsjón af nýjust útgáfum staðla.

#### 4. Neyðarútgangar

Eins og fram kemur hér að framan er það fyrst og fremst skortur á neyðarútgöngum sem kallar á tvöföldun Hvalfjarðarganga. Í reglugerð 992/2007 segir í grein 2.3.6 í Viðauka I um öryggisráðstafanir segir „í nýjum jarðgöngum þar sem umferðarþungi er meiri en 2 000 ökutæki á akrein skulu vera neyðarútgangar“. Í grein 2.3.7 á sama viðauka segir að „í jarðgöngum sem fyrir eru og eru lengri en 1 000 metrar og þar sem umferðarþungi er meiri en 2 000 ökutæki á akrein skal meta hagkvæmni og skilvirkni þess að koma fyrir nýjum neyðarútgöngum.“ Í 15. grein Reglugerðar 992/2007, sem er sérstök undanþága, segir . „ Heimilt er að víkja frá kröfum greinar 2.3.6. í I. viðauka fyrir jarðgöng allt að 10 km að heildarlengd þar sem umferð er allt að 4000 ökutæki að meðaltali á dag á akrein.“

Þetta hefur verið túlkað þannig að þegar umferð í Hvalfjarðargöngum er komin í 8.000 ADU þurfi að vera til staðar neyðarútgangar og einfaldasta leiðin sé að grafa önnur samhliða göng með tengigöngum (neyðargöngum) milli ganga. Þá fæst einnig aukið öryggi með skiptingu gagnstæðrar umferðar í sitthvor göngin.

Í grein 2.3.3 eru gefin dæmi um neyðarútganga sem eru:

- útgangar sem liggja beint út úr jarðgöngum,
- tengirör milli gangaröra í jarðgöngum,
- útgangar sem liggja að neyðarrými
- skýli þar sem eru undankomuleiðir sem eru aðskildar frá gangarörum í jarðgöngunum

Í Reglugerð 992/2007, segir í grein 2.3.7 segir að „ekki skal byggja skýli sem ekki hafa útgang sem liggur að undankomuleiðum sem liggja út.“ Þarna virðist vera gerður greinamunur á „skýli“ og „neyðarrými“. Þó ekki sé skilgreindur munur á þessu tvennu má álykta sem svo að neyðarrými séu útbúin neyðarbúnaði en skýli ekki. Þar sem ákvæði eru ekki skýr má draga þá ályktun að rými sé fyrir faglegt mat.

Neyðarrými án útgangs eru nú komin mjög til álita, sem ígildi neyðarútgangs, og er í skoðun hjá Norðmönnum. Í göngum í Stokkhólmi, Nordra länken, má finna neyðarútganga milli ganga í mismunandi hæð með stiga en við báða enda stiga er rými, merkt sem neyðarrými, þar sem hægt er að dvelja. Þó allir komist ekki um stiga er því möguleiki að dvelja í neyðarrými þar til viðkomandi er sóttur. Litið er því svo á að hægt sé að hafa þrenns konar „neyðarútganga“.

1. Tengigöng á milli ganga með < 5% halla, sem þá eru eingöngu flóttagöng án neyðarbúnaðar.
2. Neyðarrými með erfiðum útgangi (stiga) þar sem hægt er að sækja fólk sem ekki getur gengið stiga.
3. Neyðarrými án útgangs, útbúið með neyðarbúnaði, þar sem fólk getur dvalið tímabundið uns það er sótt. Neyðarrými eru t.d. komin upp í Norðfjarðargöngum.

Dæmi um þessa mismunandi neyðarútganga eru sýnd á teikningu 6, aftast í þessari greinargerð.

## 5. Aðrar gangaleiðir til skoðunar

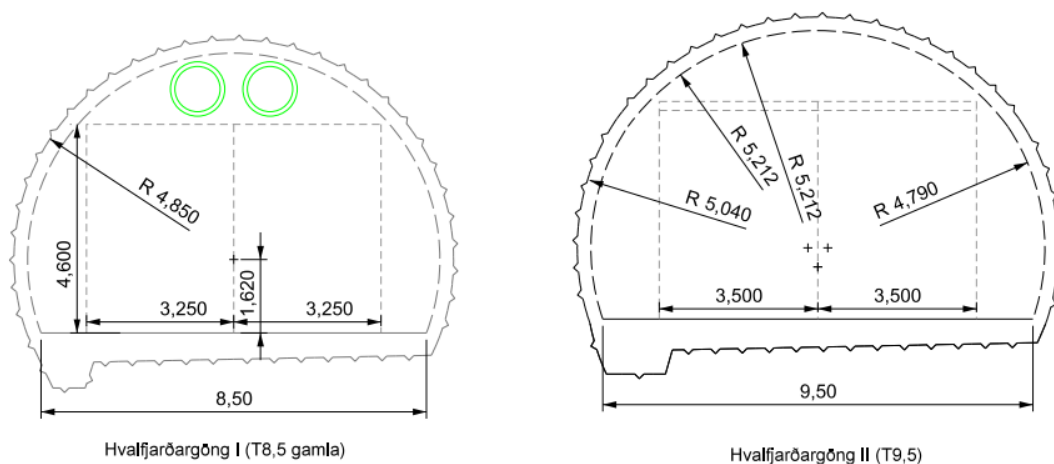
Augljóst er að göng með mest 5% halla verða ekki lögð samhliða núverandi göngum alla leið, því vegna hallamunar yrðu þau um 1,6 km lengri miðað við að munnar séu í sömu hæð og botn lægst í -165 m.y.s. Lega ganga II yrði því að vera með löngum sveig út frá núverandi göngum ef gangamunnar yrðu á svipuðum stað. Lengri göng eru dýrari og akstursleiðir verða lengri og kostnaður við akstur eykst, en á móti þessu kemur að vísu lægri slysatíðni eins og nánar verður vikið að síðar.

Ákveðið var samt að skoða og bera saman þann möguleika ásamt nýjum göngum alveg samhliða núverandi göngum í hæð og plani og nýjum göngum með 5% halla en með munnaop til austurs norðan fjarðar. Þessi síðastnefndu göng yrðu með umferð í báðar áttir og gömlu göngin yrðu áfram í rekstri fyrir leiðina til Akraness. Þessar gangaleiðir eru kallaðar hér eftir gangaleiðir 2 til 5, en gangaleið 1 er frumhönnun frá 2008 með mest 7% halla.

Til að lágmarka kostnað eru tengigöng sett milli ganga ef fjarlægð er < 200 m en annars neyðarrými. Ef fjarlægð milli gagna er < 200 m, en hæðarmunur er meiri en sem nemur 5% halla milli ganganna, er gert ráð fyrir neyðarrými við göngin og tröppugangi þar í milli. Þá er miðað við neyðargögn/neyðarrými með 500 m millibili, sem er hámarkið samkvæmt reglugerð 992/2007 en ekki 250 m sem er ákvæðið í norska veggangastaðlinum. Nánar hér:

**Gangaleið 1:** Sama gangaleið í hæð og plani og lögð var til í frumhönnun 2008, með fáeinum viðbótum vegna aukinna krafna sem hafa komið fram í síðari útgáfum af norska veggangastaðlinum. Ný göng væru austan núverandi ganga með stærra þversniði en núverandi göng eða 9,5 m breiðu þversniði í veghæð (T9,5), sjá mynd 2, og mesti halli yrði 7%. Bogaradíus er aukinn lítilega miðað við frumhönnun 2008, í minnst R500, og botni ekki lyft eins mikið eða í aðeins í -162 m y.s. sem gefur aðeins meiri bergþekju. Breidd akbrautar yrði 3,5 m í stað 3,25 m í núverandi göngum, sjá mynd 2.

Viðbætur við 2008 frumhönnun eru ýmis búnaður, sem krafa er um í dag, auk steypst vegleiðara út við vegg í gegnum göngin og auknar styrkingar. Í stað tengiganga með 250 m millibili eru tengigöng sett með 500 m millibili.



Mynd 2. Þversnið Hvalfjarðarganga, núverandi T8,5 og í nýjum göngum T9,5.



Gangaleið 2: Ný göng vestan við núverandi göng í sömu hæð og plani og núverandi göng. Halli því áfram 8,1% að norðanverðu eins og í núverandi göngum. Þversnið T9,5 eins og fyrir leið 1 og útskot með 500 m millibili og tengigöng (flóttagöng) 500 m millibili. Lágmarks bogaradíus í plani er R500 eins og fyrir tillögu 1. Fjöldi neyðarganga yrði 11 og öll að gerð 1, sbr. kafla um neyðarútganga hér framar í þessari greinargerð. Lengd yrði eitthvað mismunandi en í heildina um 430 m.

Fyrir þessa tillögu varð að skoða sérstaklega landfræðilegar aðstæður á munnasvæðum, þ.e. hvort nægt rými sé fyrir nýja munna sjávar megin núverandi ganga. Þá var forsenda að munni ganga væri a.m.k. 6 m y.s. eins og núverandi gangamunni, sem lengir vegskála umfram gangaleið 1. Aðeins var skoðaður möguleiki á göngum vestan megin núverandi ganga, en göng samsíða núverandi göngum, í hæð og plani, austan megin er líka valkostur. Spurningin er hvort betra er að nota núverandi göng til að aka upp eða niður í norðurenda, sem yrði að skoða betur.

Ókostur er mikill halli vegganga, sem eykur hættu á ofhitnun véla og bremsa sem þá eykur hættu á sjálfíkveikju og bruna. Ástæða fyrir að Norðmenn hafa sett ákvæði um 5% hámarkshalla er einmitt vegna þessa.

Kostur þessarar lausnar að auðveldlega má tengja göng I og göng II saman með tiltölulega stuttum tengigöngum eða neyðargöngum (25 - 30m) og ákvæði um 5% hámarkshalla tengiganga er uppfyllt. Ekki þarf að útbúa sérstök neyðarrými í tengigöngum og það nægir að hólfa tengigöng í brunaheld hólfi.

Rétt að fram komi að ekki er hægt með góðu móti að minnka hallann í 7% að norðanverðu fyrir göng II ef þau eru höfð vestan megin ganga I, nema færa munna ganganna norðan megin mun lengra til vesturs.

Gangaleið 3: Göng með mest 5% halla austan núverandi ganga. Þversnið T9,5 og útskot með 500 m millibili. Gert er ráð fyrir tengigöngum (flóttagöngum) milli ganga I og ganga II með um 500 m millibili. Fyrir þessa tillögu yrðu tengingar milli ganga I og II langar ef munnar eru á svipuðum stað og því er hagkvæmara að byggja aðeins neyðarrými án útgangs milli ganganna, á hluta gangaleiðar, í stað tengiganga. Heildarfjöldi neyðarganga yrði 14 sem skiptist til helminga í gerð 1, með samtals um 470 m heildarlengd, og gerð 2.

Talið er að nægt rými sé fyrir nýja munna land megin núverandi ganga, sem væri á svipuðum stað og gert var ráð fyrir í frumhönnun frá 2008, en vegskáli yrði eitthvað lengri vegna minni halla.

Kostur þessarar lausnar er að uppfyllt er ákvæði um 5% hámarkshalli.

Ókostur er að til að uppfylla ákvæði um hámarkshalla þarf að lengja göngin og tengigöng (neyðargöng) yrðu sums staðar mjög löng milli ganga I og II, ef munnar verða á svipuðum stað og núverandi gangamunnar, og því lagt til neyðarrými í stað neyðarganga á um helmingi gangaleiðar.

Gangaleið 4: Göng með mest 5% halla vestan núverandi ganga, í stað austan megin eins og fyrir gangaleið 3. Þversnið T9,5 og útskot með 500 m millibili. Eins og fyrir gangaleið 3 er gert er ráð fyrir tengigöngum (neyðargöngum) milli ganga I og ganga II með um 500 m millibili. Fyrir þessa tillögu varð að skoða sérstaklega hvort nægt rými væri fyrir munna sjávar megin við núverandi göng eins og fyrir gangaleið 2.

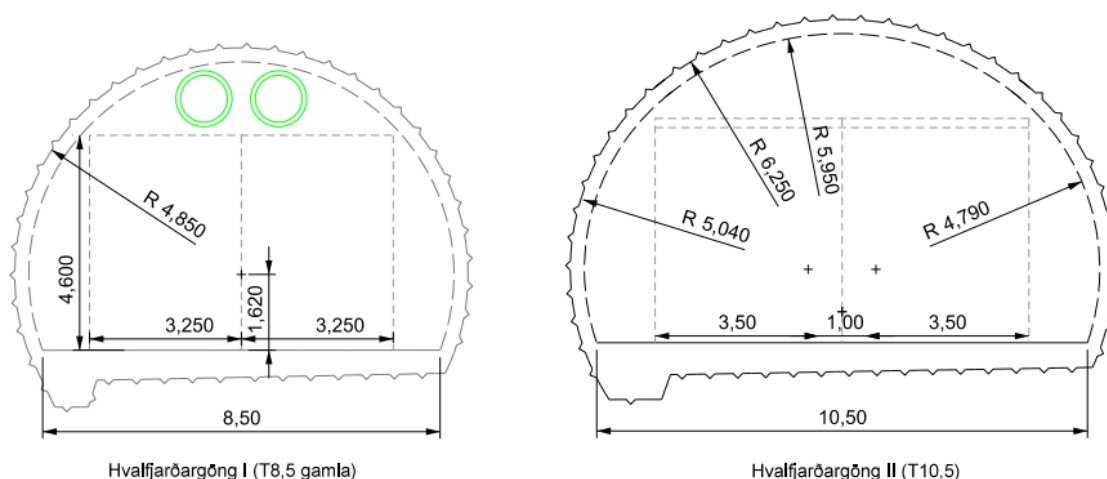
Eins og fyrir gangaleið 3 varð líka að skoða sérstaklega og bera saman hvernig tengja má göng saman þegar hallamunur milli ganga I og II er þetta mikill. Illmögulegt er að taka langan sveig eins og fyrir gangaleið 3 til að ný göng skarast við þau eldri í hæð því þvera þarf göng I norðan megin, ef staðsetja á munna á svipuðum stað og núverandi ganga. Fjöldi neyðarganga er sami og fyrir leið 3 en aðeins 2

geta verið að gerð 1, 7 verða að gerð 2 og 5 að gerð 3, sbr. umfjöllun um neyðargöng í kafla hér framar í þessari greinargerð.

Gangaleið 4 var skoðuð til samanburðar við gangaleið 3 til að meta hvort betra gæti verið að hafa umferð upp eða niður í göngin að norðan, þ.e. upp eða niður 5% eða 8% brekku, en það gæti verið breyta í mati á hættu á bruna í ökutækjum.

Kostir gangaleiðar 4 er þeir sömu og fyrir gangaleið 3. Það er hægt að uppfylla ákvæði um 5% hámarkshalli. Ókostur er að á flestum stöðum verður ekki hægt að uppfylla ákvæði um 5% hámarkshalla tengiganga og gera þarf því ráð fyrir neyðarrýmum í tengigöngum á flestum stöðum eða neyðarrýmum án útgangs.

**Gangaleið 5:** Ný göng með mest 5% halla og stærra þversniði (T10,5) en í fyrrnefndum gangaleiðum og útskot með 250 m millibili. Munninn sunnan megin fjarðar yrði á svipuðum stað en norðan fjarðar myndi gangaendi vísa til austur og munninn ganga á nýjum stað innar í Hvalfirði, milli Kúludalsár og Grafar. Þversnið ganga yrði 10,5 m í veghæð og gert er ráð fyrir tvístefnu göngunum en 1 m breitt bil milli akreina, sjá mynd 3. Núverandi göng yrðu áfram notuð á leið til Akraness, en ný göng fyrir þá sem eiga erindi til Grundartanga eða áfram norður og vestur.



**Mynd 3. Þversnið Hvalfjarðarganga. Núverandi T8,5 til samanburðar við T10,5 í nýjum göngum á gangaleið 5.**

Neyðarútgangar yrðu 14 talsins, 6 að gerð 1, samtals um 280 m, og 8 að gerð 2.

Kostir þessarar lausnar er að ný göng uppfylla staðal fyrir veggöng í gangaflokki D, sem þá nær upp í 12.000 ÁDU samkvæmt viðmiðum í norska veggangastaðlinum. Ókostur er að erfitt verður að staðsetja tengigöng (flóttagöng) milli ganga I og ganga II, nema á miðbiki gangaleiðar og gera þarf því ráð fyrir neyðarrýmum án útgangs á stórum hluta leiðar.

Þessar mismunandi gangaleiðir eru sýndar á meðfylgjandi teikningum í viðauka og samanburður lengda gangaleiða er sýndur í töflu 1. Aftast í töflu er stytting/lenging leiðar inn í Hvalfjörð og norður í land miðað við núverandi göng. Hér er miðað við tvístefnu í gangaleið 5. Ef einstefna væri á gangaleið 5 yrði aksturslenging fyrir Akurnesinga aðra leið, þ.e. um gangaleið 5, um 8 km miðað við núverandi göng. Að sama skapi myndi ávinningur styttingar fyrir umferð norður í land minnka um helming.

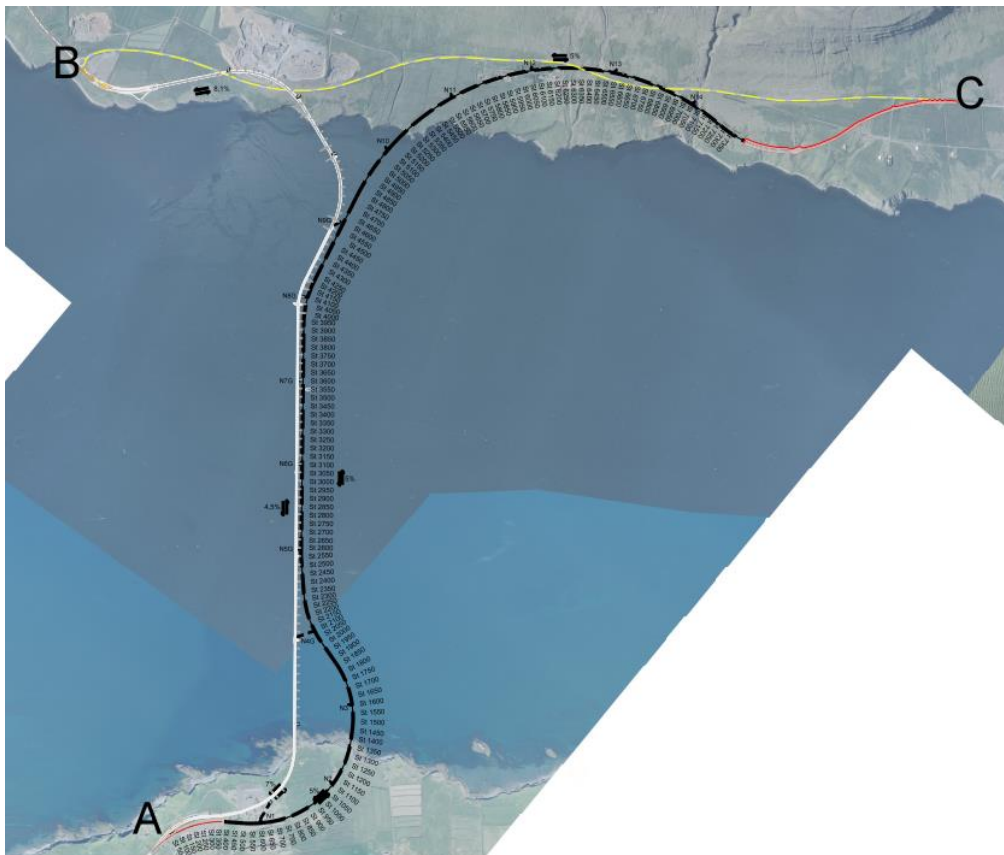


Tafla 1. Helstu kennilengdir mismunandi gangaleiða, í metrum.

Ganga- leið	Göng (m)				Opinn vegur (m)		Heild (m)			Lenging miðað við núv. leið (m)
	Vegskáli suður	Berg-göng	Vegskáli norður	Heildar ganga-lengd	* A til B	** B til C	A - B	B - C	Alls A - C	
Núv.	226	5484	55	5765	485	5310	6250	5310	11560	
1 N	185	5810	95	6090	485	5310	6575	5310	11885	325
1 S (núverandi)	226	5484	55	5765	485	5310	6250	5310	11560	0
2 S	250	5380	140	5770	485	5310	6255	5310	11565	5
2 N (núverandi)	226	5484	55	5765	485	5310	6250	5310	11560	0
3 N	245	7005	165	7415	485	5310	7900	5310	13210	1650
3 S (núverandi)	226	5484	55	5765	485	5310	6250	5310	11560	0
4 S	460	6805	135	7400	485	5310	7885	5310	13195	1635
4 N (núverandi)	226	5484	55	5765	485	5310	6250	5310	11560	0
5 NS	265	7115	160	7540	1270		8810	0	8810	-2750
5 NS (Akranes-núverandi)	226	5484	55	5765	485		6250	0	6250	

\* Að suðurmunna og frá norðurmunna að hringtorgi.

\*\* Frá hringtorgi að vegamótum Akrafjallsvegar og gangaleiðar 5.



Mynd 4. Gangaleið 5 og viðmiðunarstaðir kennilengda.

Í öllum tilfellum er gert ráð fyrir spennarými með um 1.500 m millibili. Þá er gert ráð fyrir að útskot verði í samræmi við kröfur í norska veggangastaðlinum. Tengigöng yrðu flest 4 m breið (T4) en 5,5 m breið (T5,5) með um 1500 m millibili fyrir aksturmöguleika neyðarbíla, þar sem því yrði viðkomandi, en ákvæði er um þetta bæði í norska veggangastaðlinum og í reglugerð 992/2007.

## 6. Slysatiðni og áhættugreining

Slysatiðni á hvern vegarkafli er skilgreind sem fjöldi slysa á vegarkafli á milljón ekna kílómetra á ári. Eftirfarandi jöfnu má nota til að reikna slysatiðni vegarkafli:

$$S = (F \times 1.000.000) / (\text{ÁDU} \times 365 \times L).$$

Þar sem: S = slysatiðni, F = fjöldi slysa, ÁDU = meðalumferð á dag viðkomandi ár og L = lengd vegarkafli í km.

Í töflu 2 eru upp reiknaðir eknir milljón km fyrir hverja veglínu miðað við upphafsstað umferðar A, B og C, sjá töflu 1 og mynd 4, og slysatiðni með meiðslum áætluð þar sem tekið er tillit til halla, vegbreiddar, hraða, umferðar, tvístefnu/einstefnu göng og hlutfalls þungaflutninga af heildarumferð. Slysatiðni er byggð á rannsóknum í Noregi og Sviss (Transit)<sup>4</sup>. Í öllum tilfellum er miðað við að 15.000 ÁDU.

Tafla 2. Eknir milljón km/ári fyrir mismunandi gangleiðir og slysatiðni per milljón ekna km.

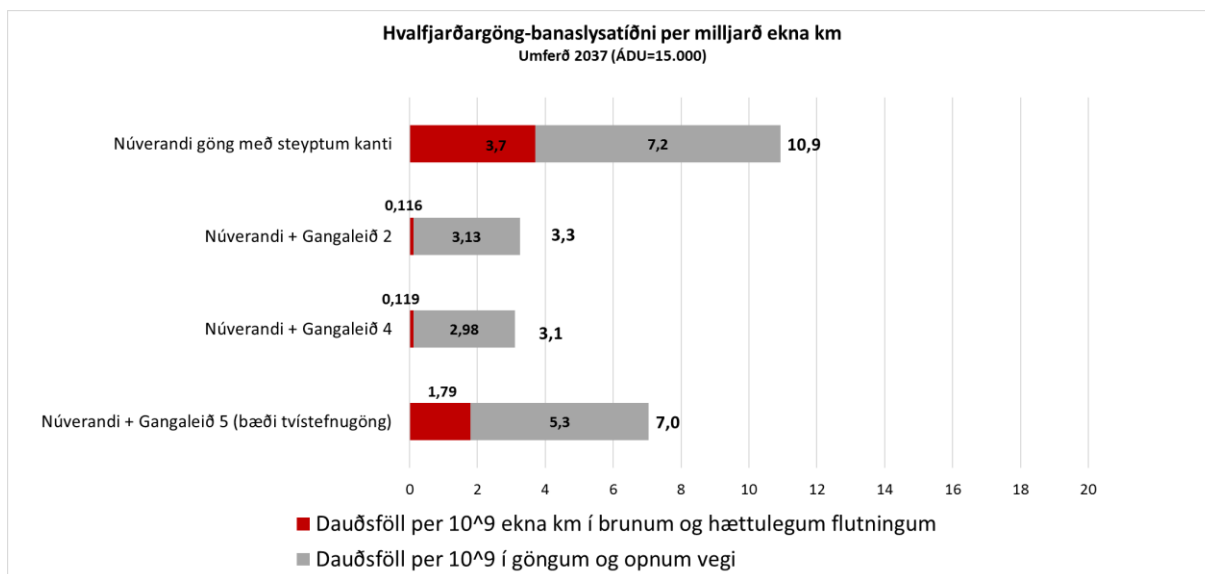
Ganga-leið	Umferð (ÁDU)			Eknir milljón km/ár				Slysatiðni per milljón ekna km (slys með meiðslum)		
	Alls	Akranes (35%)	Norður-Suður (65%)	Jarðgöng og vegskálar	Opinn vegur	Samtals	Hlutfall af núverandi	Jarðgöng og vegskálar	Opinn vegur	Samtals
Núv. tvístefnu	15000	5250	9750	31,6	21,6	53,1	100%	0,175	0,230	0,197
1 N	7500	2625	4875	16,7	10,8	27,4	52%	0,035	0,230	0,112
1 S (núv.)	7500	2625	4875	15,8	10,8	26,6	50%	0,039	0,230	0,117
2 S	7500	2625	4875	15,8	10,8	26,6	50%	0,035	0,230	0,114
2 N (núv.)	7500	2625	4875	15,8	10,8	26,6	50%	0,039	0,230	0,117
3 N	7500	2625	4875	20,3	10,8	31,1	59%	0,032	0,230	0,100
3 S (núv.)	7500	2625	4875	15,8	10,8	26,6	50%	0,039	0,230	0,117
4 S	7500	2625	4875	20,3	10,8	31,0	58%	0,032	0,230	0,101
4 N (núv.)	7500	2625	4875	15,8	10,8	26,6	50%	0,039	0,230	0,117
5 NS	9750	0	9750	26,8	4,5	31,4	59%	0,074	0,230	0,097
5 NS (Akranes núv.)	5250	5250	0	11,0	0,9	12,0	23%	0,099	0,230	0,109

<sup>4</sup> Statens vegvesen. *Etatsprogrammet Moderne vegtunneler 2008 – 2011. Utvikling av risikoanalysemmodell TRANSIT for vegtunneler.* Statens vegvesens rapporter, nr. 156, ágúst 2012.



Í töflu 2 er sýnd áætluð slysátíðni fyrir gangaleiðir 1 til 5 í samanburði við núverandi göng. Slysátíðni á gangaleið 1 er metin svipuð og á gangaleið 2 og slysátíðni á gangaleið 3 svipuð og á gangaleið 4 enda er eini munur staðsetning nýrra ganga austan megin núverandi ganga í stað þess að vera vestan megin.

Gerð hefur verið sérstök áhættugreining á banaslysátíðni í göngunum. Gerð ganga og mismun á milli ganga á mismunandi leiðum er lýst í kafla 5. Gert er ráð fyrir að forsendur séu þær sömu fyrir leiðir 1 og 2 og jafnframt fyrir leiðir 3 og 4. Megin niðurstöður áhættugreiningar um banaslysátíðni í göngunum sjálfum eru sýndar á mynd 5.



**Mynd 5. Niðurstöður áhættugreiningar fyrir meðalbanaslysátíðni í göngum fyrir ÁDU 15.000.**

Niðurstöður sýna að hætta vegfarenda að lenda í dauðaslysi er tæplega 1/3 á hvern km ef umferð væri aðskilin í tvær áttir í sitthvoru gangarörinu (3,2/10,9), en ef umferð yrði áfram í núverandi göngum, og um rúmlega 1/2 á hvern km en á gangaleið 5 (3,2/7,0). Að skipta umferð í tvenn göng þannig að 65% umferðar færi í ný göng með mest 5% halla og 35% yrði áfram í eldri göngunum og eftir sem áður með tvístefnu í göngunum minnkar slysátíðnina um 33% (1-7,3/10,9).

Mynd 5 segir hins vegar ekki alla söguna þar sem eknir km eru mismunandi margir eftir því hvaða leið er farin. Í töflu 3 er búið að reikna út fjölda slysa af hverri gerð, á ári. Sé horft eingöngu til banaslysátíðni á ári sést að líkur á að lenda í banaslysi miðað við núverandi göng og leið 2 er þrefaldur (0,58/0,17=3,4) en sé farin leið 5 er munurinn um tvöfaldur (0,58/0,30=1,9). Áætlaður slysakostnaður ári er reiknaður í síðasta dálkinum. Bent er á að leið 4, þar sem hámarkshalli er aðeins 5%, reiknast fleiri slys per ár vegna lengri veglínu en í leið 2 þrátt fyrir minni halla.

**Tafla 3. Slysatiðni á ári miðað við 15.000 ÁDU per milljón ekna km.**

Ganga - leið	ÁDU	Banaslys v/umferðar í göngum	Banalys v/bruna í göngum	Banaslys á opnum vegi	Samtals banaslys á ári	Samtals mikil meiðsl á ári	Samtals lítil meiðsl á ári	Samtal slys á ári	Áætlaður slysa-kostnaður á ári (mkr.)
Núv. tvístefnu	15000	0,37	0,12	0,089	0,580	1,03	8,85	10,46	489
1 N	7500	0,040	0,0019	0,044	0,086	0,30	2,67	3,06	100
1 S (núv.)	7500	0,042	0,0018	0,044	0,089	0,31	2,70	3,10	102
2 S	7500	0,038	0,0018	0,044	0,084	0,30	2,65	3,03	99
2 N (núv.)	7500	0,042	0,0018	0,044	0,089	0,31	2,70	3,10	102
3 N	7500	0,045	0,0024	0,044	0,091	0,31	2,72	3,12	104
3 S (núv.)	7500	0,042	0,0018	0,044	0,089	0,31	2,70	3,10	102
4 S	7500	0,044	0,0024	0,044	0,091	0,32	2,86	3,27	107
4 N (núv.)	7500	0,042	0,0018	0,044	0,089	0,31	2,70	3,10	102
5 NS	9750	0,138	0,0480	0,019	0,204	0,30	2,53	3,03	160
5 NS (Akranes núv.)	5250	0,074	0,0197	0,004	0,098	0,13	1,08	1,30	74
Söguleg reynsla	15000	0,18		0,00	0,18	0,92	4,28	5,51	213

Með nýjum göngum lækkar slysa-kostnaður um meira en helming miðað við núverandi ástand. Leið 2 gefur lægstan slysa-kostnað á ári, en munurinn á milli leiða með nýjum göngum er hins vegar mjög lítil og ekki marktækur. Það er aðalniðurstaða þessarar slysa-greiningar.

## 7. Kostnaðarsamanburður

Borinn hefur verið saman áætlaður kostnaður mismunandi gangaleiða, sjá töflu 4.

Tafla 4. Samanburður kostnaðar fyrir mismunandi gangaleiðir (mkr)

Verkþættir	Gangaleið 1	Gangaleið 2	Gangaleið 3	Gangaleið 4	Gangaleið 5
	Hönnun 2008 uppfært m.v. auknar kröfur, max 7% halli.	Göng samhlíða í hæð og plani, max 8,1% halli	Göng vestan megin, max 5% halli	Göng austan megin, max 5% halli	Ný göng, T10,5, max 5% halli, með tengi-göngum með 250 m millibili
<b>Undirbúningur og aðstöðusköpun</b>	338	338	338	338	338
<b>Gröftur forskeringa og jarðganga</b>					
Forskeringar	159	196	199	278	227
Jarðgangagröftur	2.895	2.687	3.458	3.416	3.905
<b>Bergstyrkingar</b>					
Sprautusteypa	1.733	1.606	2.088	2.028	2.462
Bergboltar	642	595	775	753	884
Bergþétting	237	223	266	264	277
<b>Vatns- og frostvarnir</b>					
Vatnasklæðningar	1.364	1.263	1.610	1.564	1.723
Leiðiveggur	470	435	566	550	575
<b>Vegskálar og önnur steipt mannvirki</b>					
Vegskálar	870	1.080	1.129	1.674	1.289
Spennistöðvar og tæknirými	51	51	64	64	64
<b>Vegur í göngum og vatnsræsing</b>					
Vegargerð utan ganga	37	37	37	37	259
Vegargerð í göngum	556	524	673	672	751
Vatnslagnir og dælur	371	350	449	448	502
<b>Rafbúnaður</b>					
Raflagnir, spennar og stýriskápar	697	657	844	842	858
Lýsing	104	98	126	126	128
Loftræsing	217	205	263	263	268
Öryggisbúnaður	228	215	276	275	281
Stýribúnaður	107	101	130	130	132
<b>Neyðarútgangar</b>					
Gerð 1 (halli < 5%)	204	343	328	68	212
Gerð 2 (halli > 5%, stigagangur)	504	0	0	228	0
Gerð 3 (neyðarrými)	0	0	688	688	786
<b>Verktakakostnaður</b>	<b>11.784</b>	<b>11.004</b>	<b>14.307</b>	<b>14.706</b>	<b>15.921</b>
Hönnun, umsjón og eftirlit (10%)	1.178	1.100	1.431	1.471	1.592
Ófyrirséð (10-15%)	1.296	1.210	1.967	2.022	2.627
<b>Framkvæmdarkostnaður alls</b>	<b>14.258</b>	<b>13.314</b>	<b>17.705</b>	<b>18.199</b>	<b>20.140</b>

Miðað við áætlaðan framkvæmdarkostnað yrði gangaleið 2, sem eru ný göng samhlíða núverandi göngum í hæð og plani, tæplega 1 milljarði ódýrari en sú gangalausn sem kynnt var 2008, sem er með mest 7% halla. Gangaleiðir 3 og 4, þar sem hámarkshalli er settur 5%, yrðu um 4,5-5 milljörðum dýrari en gangaleið 2 og gangaleið 5 yrði um tæpum 7 milljörðum dýrari en gangaleið 2.

Munur á kostnaði skýrist að mestu á mismunandi lengd ganga, gerð og lengd neyðarútganga og áætluðum ófyrirséðum kostnaði, sem metinn er mismunandi fyrir hverja leið. Ófyrirséð er metið 10%

fyrir gangaleið 1 og 2, sem næstar liggja núverandi göngum. Þar eru aðstæður nokkuð vel þekktar en rannsóknarboranir, sem gerðar voru 2008, sýndu að jarðfræði berglaga er svipað í næsta nágrenni ganganna og er í núverandi göngum. Ófyrirséð er metið hærra fyrir gangahluta sem liggja fjær núverandi göngum eða 12,5% fyrir gangaleið 3 og 4 og 15% fyrir gangaleið 5 því sú gangaleið liggur fjærst núverandi göngum.

Í töflu 5 er aðeins sýndur beinn kostnaður, en reikningslegur ávinningur vegna styttingu leiðar og slysatíðni ekki meðtekin. Ef bætt er við ávinningi miðað við 20 og 30 ára afskriftartímabil yrði kostnaður sá sem sýndur er í töflu 4 hér fyrir neðan. Hér er reiknað með 3% árlegri aukningu umferðar, 5% vöxtum og áætlað að meðalkostnaður sé 123 kr/km, miðað við að 10% umferðar sé þungir bílar. Það er byggt á forritinu QRUS-arðsemi, sem er í eigu Vegagerðarinnar. Gangaleið 5 verður þá hagkvæmari kostur en gangaleið 2. Ávinningur vegna styttingu leiðar vegur stórt og mun meira en neikvæður ávinningur vegna hærri slysakostnaðar fyrir leið 5, sem er einkum vegna tvístefnu umferðar í göngunum.

**Tafla 5. Kostnaður að teknu tilliti til ávinnings styttingu leiðar og slysakostnaðar (mkr).**

	Gangaleið 1	Gangaleið 2	Gangaleið 3	Gangaleið 4	Gangaleið 5
Ávinningur vegna styttri leiðar (20 ár)	-2.609	0	-8.268	-8.268	9.405
Ávinningur vegna færri slysa (20 ár)	-13	0	-72	-72	-253
<b>Kostnaður að teknu tilliti til 20 ára ávinnings</b>	<b>16.880</b>	<b>13.314</b>	<b>26.045</b>	<b>26.539</b>	<b>10.988</b>
Ávinningur vegna styttri leiðar (30 ár)	-4.620	0	-11.352	-11.352	12.913
Ávinningur vegna færri slysa (30 ár)	-18	0	-99	-99	-348
<b>Kostnaður að teknu tilliti til 30 ára ávinnings</b>	<b>18.896</b>	<b>13.314</b>	<b>29.156</b>	<b>29.650</b>	<b>7.575</b>

Í töflu 6 er sýndur áætlaður kostnaður fyrir endurbætur á núverandi göngum, sem hér kallast göng I. Í öllum tillögum er gert ráð fyrir að sprengdir verði neyðarútgangar í göngum I, ýmist sem aflokuð neyðarrými eða tengigöng yfir í göng II. Kostnaður við þessa neyðarútganga er meðtekinn í töflu 4. Annar kostnaður við endurbætur á göngum I fer eftir hvaða leið yrði valin. Fyrir gangaleiðir 1 til 4 er gert ráð fyrir að sprengd verði ný tæknirými, tæknibygging steypst og spennar og allir stýriskápar færðir í nýja byggingu. Þá er gert ráð fyrir að steypstur verði veggleiðari í gegnum göngin og dúk vatnslæðingum skipt út fyrir ásprautað dúkklæðingu (sbr. Norðfjarðargöng) svo útlit og akstursöryggi verði sambærilegt milli ganga I og II. Fyrir gangaleið 5 yrði göngum I lítið breytt, nema viðgerðir við neyðarútganga og endurnýjun og tilfærslu rafbúnaðar vegna neyðarútganga. Óvissa í kostnaði er mun meiri fyrir endurbætur og breytingar á núverandi göngum, sett 25%.

**Tafla 6. Kostnaður við endurbætur og breytingar á göngum I (mkr).**

	Gangaleið 1	Gangaleið 2	Gangaleið 3	Gangaleið 4	Gangaleið 5
<b>Endurbætur á núverandi göngum</b>					
Gröftur og styrkingar	83	83	83	83	21
Tæknibygging	51	51	51	51	0
Vatnslæðingar	950	950	950	950	48
Rafbúnaður	261	261	261	261	130
	<b>1.345</b>	<b>1.345</b>	<b>1.345</b>	<b>1.345</b>	<b>199</b>
Hönnun, umsjón og eftirlit (10%)	134	134	134	134	20
Ófyrirséð (25%)	370	370	370	370	55
	<b>1.849</b>	<b>1.849</b>	<b>1.849</b>	<b>1.849</b>	<b>274</b>



## 8. Niðurstaða

Samkvæmt umferðartalningu fara um 65% ökutækja um Hvalfjarðargöng áfram til austur frá hringtorgi við norðurmunna ganganna en um 35% í átt til Akraness. Þessi skipting hefur verið svipuð allt frá opnun ganganna, sveiflast á bilinu 67/33 til 63/37. Miða við svipaða skiptingu umferðar á næstu árum, að teknu tilliti til ávinnings af styttingu vegalengdar, reiknast gangaleið 5 með tvístefnumferð lang hagkvæmasti kostur tvöföldunar Hvalfjarðarganga.

Ókostur gangaleiðar 5 er að tvístefnuakstursumferð yrði eftir sem áður í báðum göngum. Slysatíðni reiknast vera svipuð í göngum með einstefnu og tvístefnu akstri, en alvarleiki slysa í einstefnu göngum er mun minni. Reikningslegur ávinningur færri alvarlegra slysa í einstefnugöngum vegur hins vegar lítið á móti styttingu leiðar.

Að hafa einstefnuakstur á gangaleið 5 og núverandi göngum myndi auka aksturlengd aðra leiðina til Akraness um 8 km. Sú aksturlenging myndi veða upp allan kostnaðarávinning vegna styttingu leiðar norður í land og því ekki talinn valkostur í þessum samanburði.

Í útreikningum fyrir ávinning af styttingu leiðar er reiknað með 5% vöxtum og áætlað að meðalaksturskostnaður sé 123 kr/km, miðað við að 10% umferðar sé þungir bílar. Til að gangaleið 5 lendi á pari við gangaleið 2 yrði meðalaksturskostnaður að vera rúmlega 90 kr/km fyrir 20 ára afskriftartíma og um 75 kr/km miðað við 30 ára afskriftartíma og sömu vexti. Að teknu tilliti til endurbóta á göngum I, þ.e. að göngum I verði lítið breytt verði gangaleið 5 valin, þá yrði meðalaksturskostnaður að vera um 70 kr/km miðað við 20 ára afskriftartíma og um 55 kr/km miðað við 30 ára afskriftartíma til að gangaleið 5 lendi á pari við gangaleið 2.

Áætlaður slysakostnaður fyrir gangaleiðir 1 til 5 er á bilinu 200 til 235 mkr/ár miðað við 15.000 ÁDU. Ef ekkert er gert til að bæta öryggi umferðar eða skipta umferð í tvenn göng er áætlað að slysakostnaður í núverandi göngum verði um 490 mkr/ár miðað við 15.000 ÁDU eða meira en tvöfalt hærrí. Ljóst er því að fyrr en seinna þarf að ráðast í aðgerðir til að bæta öryggi vegfaranda um Hvalfjarðargöng.

Matthías Loftsson og Guðni Ingi Pálsson, Mannvit

Gísli Eiríksson, Vegagerðin

Teikningar:

Teikningar 1 til 5. Gangaleiðir 1 til 5, plan og langsnið.

Teikning 6. Neyðarútgangar, 3 gerðir.