

Vegagerðin
Hreinn Haraldsson, vegamálastjóri
Borgartúni 5-7
105 REYKJAVÍK

Sundabraut – krafa Vegagerðarinnar um greiðslu kostnaðarmunar

Við er til bréfs, dags. 12. maí sl., þar sem Vegagerðin tilkynnir að stofnunin líti svo á að Reykjavíkurborg beri að fjármagna aukinn kostnað af lagningu Sundabrautar, sem nemi mismun kostnaðar á vali á ytri leið (leið I) og þeirrar leiðar sem Vegagerðin leggi til, þ.e. innri leið (leið III). Af því tilefni er vakin athygli á því að Reykjavíkurborg óskaði eftir viðræðum um Sundabraut við innanríkisráðuneytið með bréfi dags. 24. mars sl. Markmið viðræðnanna væri að vinna að arðsemismati og kostnaðargreiningu, ákvarða endanlega útfærslu og legu brautarinnar og tímasetja framkvæmdina, í samræmi við samþykkt borgarstjórnar frá 21. mars sama mánaðar. Ástæða er til að ítreka þetta erindi og beina því jafnframt að Vegagerðinni. Ekki hafa borist svör við erindinu.

Vinna við undirbúning Sundabrautar hefur legið niðri af hálfu Vegagerðarinnar og Reykjavíkurborgar um alllangt skeið. Í kjölfar umhverfismats og ítarlegs samráðs við fulltrúa íbúa í Laugardal og Grafarvogi, sem Reykjavíkurborg og Vegagerðin stóðu sameiginlega að fyrir áratug, var unnin skýrsla um sundagöng (VGK hönnun, nóvember 2007). Á grundvelli samráðsins og skýrslunnar samþykkti borgarráð 17. janúar 2008 „að Sundabraut verði lögð í göngum frá Gufunesi í Laugarnes, með eðlilegum fyrirvara um niðurstöðu umhverfismats.“ Borgarstjórn staðfesti þessa samþykkt með 15 samhljóða atkvæðum þann 5. febrúar 2008. Í kjölfarið var hafist handa við umhverfismat sundaganga í samvinnu Reykjavíkurborgar og Vegagerðarinnar vorið 2008. Matsáætlun var gerð en matinu sjálfu er enn ólokið.

Stefna borgarstjórnar um Sundabraut í göngum hefur ekki breyst. Formenn íbúasamtaka í Grafarvogi og Laugardal hafa staðfest að afstaða íbúasamtakanna sé jafnframt óbreytt. Á þeim tíma sem liðinn er hefur jarðgangagerð haldið áfram að þróast og fjölmörg dæmi eru jafnframt úr nýlegum framkvæmdum erlendis um svokölluð botngöng. Auk þeirra skýrslna um sundagöng sem fyrir liggja hefur borgin því látið taka saman nýja skýrslu um möguleg botngöng til að þvera Kleppsvík (Sundabraut – botngöng, Mannvit 2017). Fyrri umhverfismat taldi það galla á botngöngum að erfitt yrði að koma til móts við gangandi og hjólandi í botngöngum. Nú hefur verið komið til móts við þá hópa með nýjum göngu- og hjólabrúm yfir ósa Elliðaánna í samvinnu Vegagerðarinnar og Reykjavíkurborgar. Því geta botngöng aftur komið til skoðunar að mati Reykjavíkurborgar. Rétt er að taka fram að öll umtalsverð frávík frá niðurstöðu þess ítarlega og vandaða samráðs, sem fram fór með þátttöku íbúa á sínum tíma, kalla á nýtt samráð, einsog eðlilegt er í tengslum við svo stóra framkvæmd.

Í erindi Vegagerðarinnar frá 12. maí sl. kemur fram að stofnunin hafi lagt formlega til á árinu

2004 að innri leið (leið III) yrði valin. Reykjavíkurborg hefur ekki undir höndum tilvitnaða tillögu og engin gögn finnast um hana í skjalasafni Reykjavíkurborgar. Einu ummerki þess að Vegagerðin hafi gert innri leið (leið III) að tillögu sinni er að finna í skýrslu um mat á umhverfisáhrifum frá því í febrúar 2004 án þess þó að henni hafi verið beint formlega að Reykjavíkurborg. Eðli máls samkvæmt hefur Reykjavíkurborg því ekki rökstutt sérstaklega val sitt á ytri leið (leið I) skv. áskilnaði sem gerður er í 2. mgr. 28. gr. vegalaga nr. 80/2007.

Reykjavíkurborg hefur hins vegar um langt skeið verið kunnugt um áhuga Vegagerðarinnar þess efnis að velja skuli innri leið (leið III). Að sama skapi hefur Vegagerðinni verið ljós afstaða Reykjavíkurborgar til þess að leggja Sundabraut um ytri leið (leið I). Afstaða Vegagerðarinnar er sögð byggja á því að leið III sé ódýrust. Sú fullyrðing er þó ekki studd með uppfærðu kostnaðarmati sambærilegra leiða. Þung rök hníga að því að innri leið (leið III) sé ótæk umhverfislega og ósambærileg og síðri umferðarlega og skipulagslega en ytri leið (leið I). Einungis ytri leið (leið I) er því hluti af samþykktu aðalskipulagi Reykjavíkur sem staðfest var af umhverfisráðherra, án fyrirvara, hvað Sundabraut varðar.

Helstu sjónarmiðum Reykjavíkurborgar fyrir því að Sundabraut verði lögð á ytri leið (leið I) hefur verið, haldið á lofti á vettvangi samráðs við Vegagerðina í gegnum árin og einnig í tengslum við gerð skipulagsáætlana. Þau eru eftirfarandi:

- Niðurstöður mats á umhverfisáhrifum Sundabrautar árið 2004 leiddu til þess að innri leið (leið III) var hafnað af umhverfisástæðum, þ.e. vegna óvissu um umhverfisáhrif brúarlausna/landfyllinga á lífríki og sjávarstrauma í og við Elliðaárvog. Niðurstaða Skipulagsstofnunar um neikvæð áhrif innri leiðar (leið III) á lífríki og fjölmörg skilyrði sem sett voru fyrir þeirri framkvæmd studdi þá afstöðu Reykjavíkurborgar að hverfa frá innri leið (leið III).
- Að mati Reykjavíkurborgar er ytri leið (leið I) betri samgöngutenging en innri leið (leið III) og eðlilegri hlekkur í stofnbrautarkerfi höfuðborgarsvæðisins m.a. með tilliti til möskvastærðar gatnakerfisins, fjarlægðar milli samgönguása og dreifingu umferðarálags. Umferðarspár hafa bent til þess að Sundabraut um ytri leið (leið I) létti meira á umferð um Ártúnsbrekku en innri leið (leið III). Þessi afstaða hefur ekki aðeins verið mörkuð í Aðalskipulagi Reykjavíkur 2010-2030 heldur einnig í gildandi svæðisskipulagi fyrir höfuðborgarsvæðið en að því standa öll sveitarfélögin á höfuðborgarsvæðinu.
- Að mati Reykjavíkurborgar skapar ytri leið (leið I) betri tengingu við miðborg höfuðborgarinnar, ekki síst fyrir íbúa austur- og norðursvæða höfuðborgarsvæðisins og íbúa fjarlægari landshluta.
- Að mati Reykjavíkurborgar er ytri leið (leið I) mun betri tenging milli borgarhluta en innri leið (leið III), skapar betri og eðlilegri tengingu fyrir íbúa Grafarvogs til miðborgarinnar og annarra atvinnusvæða á neginu.
- Að mati Reykjavíkurborgar eru brúarlausnir á ytri leið (leið I) betri en á innri leið (leið III) út frá sjónarmiðum fagurfræði og ásýndar.
- Samráðsferli við íbúa beggja vegna vogarins styðja við þá ákvörðun að horfa

eingöngu á útfærslu Sundabrautar á ytri leið (leið I) og að Sundabraut verði í göngum.

Vegagerðin hefur komið á framfæri sjónarmiðum sínum í tengslum við gerð nýs aðalskipulags og nýs svæðisskipulags fyrir höfuðborgarsvæðið. Þeim athugasemdum var svarað ýmist á fundum en einnig með hefðbundnum hætti í umsögn um framkomnar athugasemdir við viðkomandi skipulagsáætlanir í samræmi við ákvæði skipulagslaga nr. 123/2010. Sömu skipulagsáætlanir voru staðfestar af Skipulagsstofnun án athugasemda er lutu að legu Sundabrautar og staðfest af umhverfisráðherra án fyrirvara.

Eins og fram er komið hefur Reykjavíkurborg ekki borist formleg tillaga Vegagerðarinnar og því ekki talið þörf á að koma sjónarmiðum sínum og rökstuðningi á framfæri sbr. 2. mgr. 28. gr. vegalaga. Vanti eitthvað upp á formhlið Reykjavíkurborgar í þeim efnum getur það eitt og sér ekki leitt til þess að Reykjavíkurborg verði gert að greiða umkrafinn kostnaðarmun á ytri leið (leið I) og innri leið (leið III) enda liggja fyrir gild skipulags-, umferðartækni- og umhverfisjónarmið sem styðja ákvörðun Reykjavíkurborgar um að velja ytri leið (leið I) fyrir lagningu Sundabrautar, sem Vegagerðin þekkti að auki vel til. Reykjavíkurborg hafnar því að henni beri að greiða umkrafinn meintan mismun á kostnaði við ytri leið (leið I) og innri leið (leið III).

Vinna við mat og undirbúning að lagningu Sundabrautar hefur í raun legið niðri frá árinu 2009 þegar unnin var frummatsskýrsla vegna Sundabrautar ásamt arðsemismati. Frekari vinnu við mat á umhverfisáhrifum var þá jafnframt frestað. Alla tíð hefur verið gert ráð fyrir að Sundabraut verði framkvæmd í einkaframkvæmd og greidd með veggjöldum. Engir fjármunir eru til framkvæmdarinnar í gildandi samgönguáætlum ríkisins, hvorki til skamms né langs tíma.

Í samræmi við markmið skipulagslaga nr. 123/2010 hefur Reykjavíkurborg unnið að þróun byggðar og landnotkunar, m.a. á svæði því sem nefnt er Vogabyggð en Vogabyggð er hluti Elliðaársvogs, eins af lykilbyggingarsvæðum Reykjavíkur samkvæmt Aðalskipulagi Reykjavíkur 2010-2030. Í greinargerð aðalskipulagsins segir um svæðin við Elliðaárvog:

Uppbygging blandaðrar byggðar við Elliðaárvoginn er mikilvægur liður í því að efla tengsl byggðarinnar við hafid. Eitt megineinkenni við þróun borgarinnar á 20. öld er uppbygging hafnar- og iðnaðarsvæða með allri norðurströndinni, við Sundin þar sem veðursæld er hvað mest við sjávarsíðuna. Langtímamarkmið borgarinnar hlýtur að vera að endurheimta þessi svæði fyrir þéttari og blandaðri byggð og auka þannig tengslin við strandlengjuna. Lykiláfangi í þessari þróun er endurskipulagning iðnaðarsvæða í Ártúnshöfða og við Súðarvog. Í aðalskipulaginu 2010-2030 er gert ráð fyrir að þétt, blönduð og vistvæn byggð risi í áföngum í Elliðaárvogi á skipulagstímabilinu, eftir því sem iðnaður víkur af svæðinu.

Vogabyggð er fyrsti áfanginn í endurskipulagningu svæðanna við Elliðaárvog og því var ráðist í halda samkeppni um svæðið strax í lok árs 2013, eftir að aðalskipulagið hafði verið samþykkt á fundi borgarstjórnar. Á grundvelli niðurstöðu samkeppninnar hefur Reykjavíkurborg unnið að gerð skipulagsáætlana innan svæðis Vogabyggðar.

Sveitarfélög geta ekki þurft að búa við þær aðstæður svo árum eða áratugum skiptir að vera aftrað frá því að þróa byggð innan sveitarfélagsmarka með eðlilegum og hagkvæmum hætti, allt þar til ríkisvaldið tekur ákvörðun um lagningu vega í sveitarfélaginu enda girða gildandi

skipulagsáætlanir ekki fyrir lagningu Sundabrautar heldur þvert á móti gera ráð fyrir henni þó að það vegstæði kunni ekki að vera fyrsti kostur að mati ríkisvaldsins.

Þá vekur Reykjavíkurborg athygli á því að það kostnaðarmat sem liggur að baki áherslum Vegagerðarinnar er allt frá árinu 2004 en leiða má líkur að því að breytt tækni og betri þekking myndi leiða til annars mats í dag. Má þar nefna að framfarir hafa átt sér stað, m.a. á sviði gangagerðar, sem aftur gætu leitt til þess að göng undir voginn (leið I eða II) yrði fýsilegur kostur. Líkt og áður segir samþykkti borgarstjórn á fundi sínum 21. mars sl. að hefja viðræður við innanríkisráðuneytið, sem þá fór með samgöngu- og sveitarstjórnarmál, um Sundabraut. Markmið viðræðnanna skyldi felast í því að vinna að arðsemismati og kostnaðargreiningu, ákvarða endanlega útfærslu og legu brautarinnar og tímasetja framkvæmdina, sbr. bréf Reykjavíkurborgar til ráðuneytisins frá 24. mars 2017. Reykjavíkurborg ítrekar vilja sinn til viðræðna við ráðuneytið og Vegagerðina og leggur til að í þeim viðræðum verði á ný hugað að þeim kosti er felst í lagningu Sundabrautar í göngum (leið I eða II).

Dagur B. Eggertsson

Hjálagt:

Sundabraut - botngöng, samantekt á heimildum og fyrri hugmyndum um þverun Kleppsvíkur. Skýrsla dags. 31.08.17.



MANNVIT



Reykjavíkurborg

SUNDABRAUT BOTNGÖNG

SAMANTEKT Á HEIMILDUM OG FYRRI HUGMYNDUM UM ÞVERUN KLEPPSVÍKUR

SKÝRSLA

SKJALANÚMÉR: 1210264-000-CRP-0001						
NÚGILDANDI ÚTGÁFA: 2.00						
2.00	31.08.2017	IFR	ER / ÓK	VH	ER	N/A
1.00	24.08.2017	IFR	ER / ÓK	VH	ER	N/A
ÚTGÁFA	DAGS. ÚTG	ÚTGÁFUSTAÐA	HÖFUNDUR	RÝNIR	SAMÞYKKT	VERKKAUPI

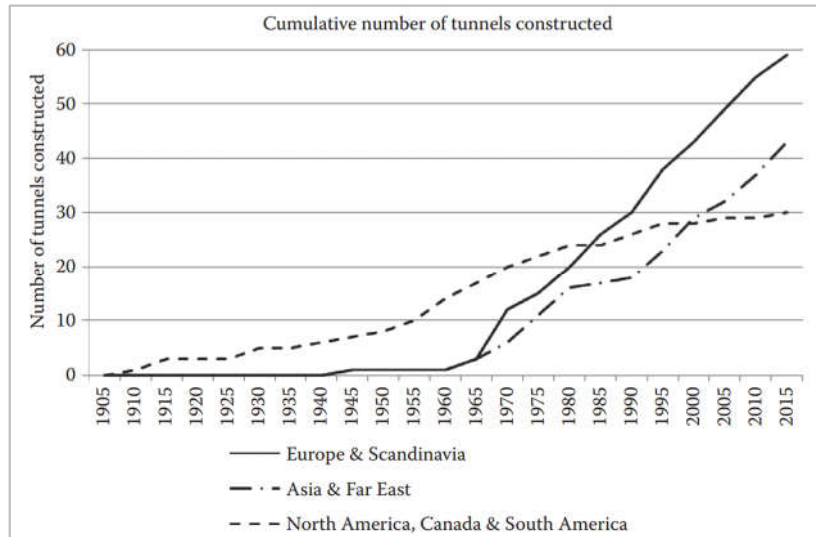
Efnisyfirlit

1. Samantekt og tillögur um næstu skref.....	1
2. Inngangur	4
3. Botngöng erlendis.....	5
4. Hvað eru botngöng?.....	7
4.1 Tæknileg atriði framkvæmdar	7
4.2 Samanburður botnganga við jarðgöng og hábrýr	9
5. Botngöng í Kleppsvík.....	10
5.1 Sundabraut samantekt	10
5.2 Fyrri hugmyndir og útfærslur að botngöngum.....	13
5.2.1 Áhugahópur - 1999	13
5.2.2 Línuhönnun - 2004	14
5.2.3 Bjarni Gunnarsson - 2012.....	15
5.3 Botngöng á leið I – hugleiðingar um forsendur	16
5.4 Kostnaður	18
6. Heimildir.....	20
Viðauki A	A-1
Viðauki B	B-1

1. Samantekt og tillögur um næstu skref

Í skýrslunni eru teknar saman helstu upplýsingar varðandi framkvæmd botnganga og tekin dæmi um botngöng erlendis. Einnig er veitt yfirsýn yfir eldri fýsileikakannanir og kostnaðaráætlanir botnganga við þverun Kleppsvíkur. Botngöng er að finna víða um heim og í dag hafa verið sett saman yfir 200 slík. Í Noregi, Svíþjóð og Danmörku hafa verið framkvæmd nokkur botngöng og tekist vel til. Stærð botnganga ræðst af aðstæðum og eru oftast gerð fyrir bíla- og lestarumferð.

Botngöng eru vanalega notuð til að þvera þar sem vatnsdýpi er tiltölulega grunnt en dýpt lausra jarðlaga umtalsvert. Botngöng samanstanda venjulega af forsmíðuðum einingum sem byggðar eru á landi og síðan fleytt á ákvörðunarstað þar sem þeim er sökk og komið fyrir í skurði sem grafinn er í botninn. Einingarnar eru svo tengdar saman með vatnspéttri tengingu. Val á mannvirki veltur á mörgum þáttum en botngöng hafa ýmsa kosti. Þau eru hentug á grunnu dýpi og þar sem erfitt er að bora í gegnum berggrunninn. Einingarnar eru forsteyptar og getur framkvæmdatími því verið styttri því hægt er að steypa á meðan jarðvinna er enn í gangi. Helsti kostur botnganga fram yfir jarðgöng er að þau þurfa ekki að liggja eins djúpt og venjuleg jarðgöng sem bora þarf á ákveðnu dýpi í berginu. Aðkoman getur því verið mun styttri, veglínur mögulega með minni langhalla og eru þau því hentug þar sem landsvæði er lítið. Botngöng geta einnig verið góður kostur þar sem aðstæður bjóða ekki upp á jarðgöng eða þar sem þau eru of flókin eða dýr í framkvæmd. Botngöng hafa það einnig fram yfir hábrýr líkt og jarðgöng að þurfa á styttri aðkomum að halda og heildarlengd þverunar verður styttri. Botngöng hafa ekki eins mikil áhrif á skipaumferð og brú, og veður og vindar hafa ekki áhrif á botngöng líkt og hábrýr þar sem ísing getur myndast á brúm auk þess sem viðhalds er krafist vegna veðrunar.



Mynd 1: Fjöldi byggðra botnganga eftir heimshlutum.

Sundabraut, og þar með þverun Kleppsvíkur, hefur lengi verið í umræðunni og nokkrar leiðir yfir Kleppsvík hafa verið skoðaðar. Hægt er að skipta helstu leiðum í tvennt; innri leið III og ytri leið I. Á innri leið hefur helst verið í umræðunni Eyjalausn, en botngöng eða hábrú á ytri leið eða jarðgöng. Í Aðalskipulagi Reykjavíkur 2010-2030 er lega Sundabrautar og gatnaskipulag tengt henni að mestu óbreytt frá Aðalskipulagi Reykjavíkur 2001-2024, þ.e. lega Sundabrautar skal vera samkvæmt leið I, en leið III er hafnað. Niðurstöður mats á umhverfisáhrifum Sundabrautar árið 2004, leiddu til þess að innri leið (leið III) var hafnað af umhverfisástæðum, þ.e. vegna óvissu um umhverfisáhrif brúarlausna/landfyllinga á lífríki og sjávarstrauma í og við Elliðaárvog. Samráðsferli við íbúa beggja vegna vogar og fleiri þættir styðja einnig þá ákvörðun að horfa eingöngu á útfærslu Sundabrautar á ytri leið. Því má segja að eftir standi þrjár valmöguleikar; botngöng, hábrú eða jarðgöng á ytri leið.

Margar tillögur fyrir 1. áfanga Sundabrautar hafa skotið upp kalli. Hér í skýrslunni er fjallað í stuttu máli um þrjár tillögur að botngöngum á leið I; tillögu áhugahóps frá árinu 1999, tillögu Línuhönnunar frá árinu 2004 og tillögu Bjarna Gunnarssonar frá 2012. Tillögurnar miðuðu að hluta við mismunandi útfærslur sem hafði áhrif á kostnaðarmat. Tillagan frá 1999 fólst í að forsteyptar einingar séu tvær talsins, hvor um sig 200 m að lengd. Því er aðeins um að ræða ein samskeyti neðansjávar. Heildarlengd ganganna yrði um 1.000 metrar með staðsteyptum stökkum og vegskálum beggja vegna. Með þessu

móti sparast kostnaður við að fleyta og tengja einingar. Val á legu ganganna réðst aðallega af legu klapparinnar í vikinni svo komast megi hjá neðansjársprenningum sem eru dýrar. Í tillögunni frá 2004 var gert ráð fyrir að botngöngin væru fjórar akreinar í tveimur rásum, alls 1.190 m löng. Að vestan- og austanverðu væri opinn aðkomurampi og þar á milli sjálf göngin, 685 m, samsett úr 3 til 4 forsteyptum einingum. Tillagan frá 2012 gerði ráð fyrir 750 m löngum botngöngum úr 5 einingum auk 100 m aðkomurampa báðum megin. Í tillögunni frá 2004 var áætlaður kostnaður um 30 ma.kr. á verðlagi 2017 og voru mismæg gatnamót beggja vegna meðtalin. Í tillögunni frá 2012 var áætlað að botngöng myndu kosta 13-18 ma.kr. á verðlagi 2017. Þessar tölur gætu verið hærri í dag, umfram uppreikning með byggingarvísitölu, þar sem kröfur til gangna í stöðlum hafa aukist á síðustu árum. Erfitt er að bera saman kostnað, bæði innlendar áætlanir og erlendar reynslutölur, þar sem mismunandi er hvað er meðtalið. Ljóst er að þörf er á að gera uppfærða kostnaðaráætlun til að áætla nánar hver kostnaður við gerð botnganga í Kleppsvík gæti orðið.

Faxaflóahafnir ráðgera að lengja Vogabakka til norðurs þ.a. hann muni tengjast þeim áfanga Kleppsbakka sem þegar er í byggingu. Ef botngöng verða byggð skiptir miklu máli skiptir að það verði áður en farið verður í frekari lengingu Vogabakka þar sem botngöngin myndu liggja. Ef ekki þá getur það haft í för með sér verulegan kostnaðarauka. Í dag er svæðið notað sem athafnasvæði en möguleiki væri á að koma þar fyrir þurrkví fyrir byggingu eininga. Ef ekki reynist mögulegt að nota það svæði fyrir þurrkví væri mögulegt að finna annan stað fyrir smíði eininga en heildarkostnaður framkvæmdarinnar yrði þó töluvert meiri þar sem kvíin nýttist ekki fyrir aðkomustokk að göngunum.

Það er mat skýrsluhöfunda að aðstæður við Kleppsvík séu um margt heppilegar fyrir botngöng og mikilvægt sé að leggja frekari vinnu í að skoða þau markvisst sem raunhæfan valkost. Þörf er á að gera uppfærða kostnaðaráætlun ef svara á hver kostnaður við gerð botnganga yrði í Kleppsvík. Fyrri kostnaðaráætlanir eru komnar til ára sinna og tækniframfarir hafa orðið sem og breytingar á stöðlum sem geta breytt kostnaðarmun ólíkra þverunarkosta og haft áhrif á val á mannvirkjum. Mikilvægt er einnig að skoða ólíkan rekstrar- og viðhaldskostnað mismunandi valkosta. Heppilegt væri að næstu skref fælust í eftirfarandi þáttum:

1. Frekari greiningu á takmörkunum og mögulegum tengingum fyrir aðkomu botnganga beggja vegna Kleppsvíkur.

Vinnan fælist í að meta rýmisþörf tenginga og þær skipulagslegu og landfræðilegu takmarkanir sem fyrir eru beggja vegna Kleppsvíkur. Þetta væri gert með það í huga að staðsetja mögulega landtöku stokks beggja vegna. Greina nánar kröfur og hönnunarforsendur við botngöng. Skoða og uppfæra valkosti um umferðartengingar miðað við skipulagsforsendur í dag. Líklegt er að landtaka/aðkoma að stokki Gufunesmegin fari um svæði sem áður var sorpurðunarsvæði. Komi það til þarf að skoða hvaða afleiðingar felast í því.

2. Samantekt núverandi rannsóknargagna

Orkustofnun (Árni Hjartarson) vann jarðlagasnið á þessu svæði fyrir Vegagerðina árið 1992. Árið 1993 vann Kjartan Thors ásamt fleirum endurvarpsmælingar í Kleppsvík. Almenna verkfræðistofan vann að auki ýmsar rannsóknir fyrir Reykjavíkurbörn í tengslum við byggingu Holta- og Vogabakka á sínum tíma. Þessi gögn gefa gott yfirlit um klapparlegu og jarðvegsaðstæður á þessu svæði almennt. Mikilvægt er að fá jarðvísindamenn til að safna saman þessum gögnum og greina frekar. Með hliðsjón af framangreindum gögnum og þeirri skipulagsgreiningu, sem lagt er til í að vinna í lið 1 hér á undan, er það mat greinarhöfunda að hægt sé að setja fram raunhæfa frumhönnun að legu botnganga.

3. Frekari rannsóknir

Þegar frumhönnun að legu botnganga liggur fyrir þarf að skoða betur gerð og efniseiginleika sets í botni Kleppsvíkur og sannreyna hvort endurvarpsmælingar sýni rétt dýpi á berg. Lagt er til að framkvæma rannsóknarboranir, sýnatöku og rannsóknir á seti í áætlaðri legu ganganna til að staðfesta klapparlegu með meiri nákvæmni og kanna nánar efniseiginleika lausra jarðlaga á svæðinu.

4. Frekari hönnun og kostnaðaráætlun

Þegar niðurstöður úr liðum 1-3 hér á undan liggja fyrir er hægt að skilgreina mannvirkið frekar og gera raunhæfa kostnaðaráætlun byggða á ofangreindu.

2. Inngangur

Botngöng er að finna víða um heim og í dag hafa verið sett saman yfir 200 slík og fer þeim sífellt fjölgandi, en tæp 100 ár eru frá því að aðferðinni var beitt fyrst. Botngöng er m.a. að finna á Norðurlöndunum, en Norðmenn, Svíar og Danir hafa beitt þessari samgöngulausn víða og tekist vel til. Stærð botnganga ræðst af aðstæðum hverju sinni og eru oftast gerð fyrir bíla- og/eða lestarumferð. Þau eru vanalega notuð til að þvera þar sem vatnsdýpi er tiltölulega grunnt en dýpt lausra jarðlaga umtalsvert.

Sundabraut, og þar með þverun Kleppsvíkur, hefur lengi verið í umræðunni. Nokkrar leiðir yfir Kleppsvík hafa verið ræddar (sjá mynd 1) og hefur lengi verið í skoðun hver þeirra sé ákjósanlegust. Hægt er að skipta helstu leiðum í tvennt; innri leið III og ytri leið I. Til innri leiðar hefur helst verið í umræðunni svokölluð Eyjalausn og til ytri leiðar botngöng, hábrú eða jarðgöng. Í Aðalskipulagi Reykjavíkur 2010-2030 er lega Sundabrautar og gatnaskipulag tengt henni að mestu óbreytt frá Aðalskipulagi Reykjavíkur 2001-2024, þ.e. lega Sundabrautar skal vera samkvæmt leið I, en leið III er hafnað. Niðurstöður mats á umhverfisáhrifum Sundabrautar árið 2004, leiddu til þess að innri leið (leið III) var hafnað af umhverfisástæðum, þ.e. vegna óvissu um umhverfisáhrif brúarlausna/landfyllinga á lífríki og sjávarstrauma í og við Elliðaárvog. Samráðsferli við íbúa beggja vegna vogar og fleiri þættir styðja einnig þá ákvörðun að horfa eingöngu á útfærslu Sundabrautar á ytri leið. Því má segja að eftir standi þrjár valmöguleikar; botngöng, hábrú eða jarðgöng á ytri leið.

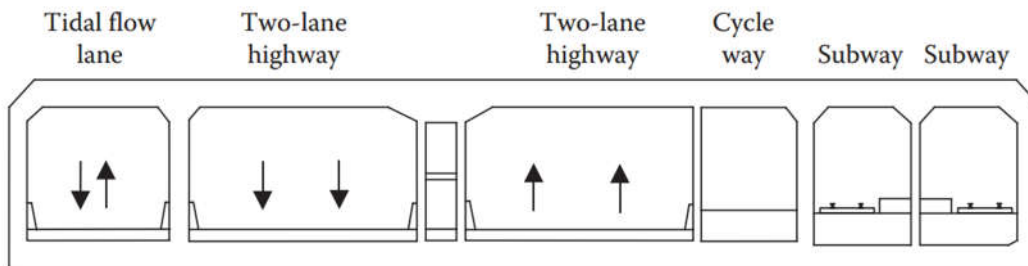
Tilgangur þessarar skýrslu er þríþættur. Í fyrsta lagi að taka saman helstu upplýsingar varðandi framkvæmd botnganga og að taka dæmi um ýmis botngöng sem hafa verið framkvæmd. Í öðru lagi að veita yfirsýn yfir eldri fýsileikakannanir og kostnaðaráætlanir botnganga við þverun Kleppsvíkur og í þriðja lagi að leggja fram tillögur að næstu skrefum við skoðun á möguleikum fyrir botngöng á leið I.



Mynd 2: Mismunandi leiðir fyrir þverun Kleppsvíkur í 1. áfanga Sundabrautar (Línuhönnun, 2004).

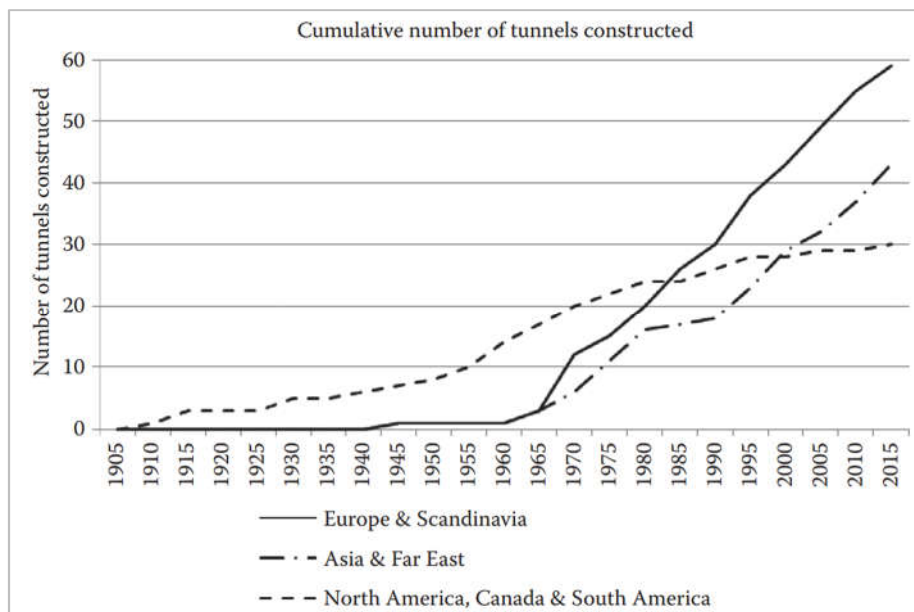
3. Botngöng erlendis

Elstu botngöng sem byggð hafa verið eru yfir 100 ára. Það voru fráveitugöng sem voru byggð árið 1893 í Boston í Bandaríkjunum. Fyrstu steiptu botngöngin eru Friedrichshagen-göngin í Þýskalandi sem voru opnuð árið 1927 og voru fyrir gangandi vegfarendur. Þau fyrstu sem hönnuð voru fyrir bílaumferð voru gerð árið 1928 í Bandaríkjunum en rúmum áratug síðar hönnuðu Hollendingar botngöng fyrir bílaumferð. Göng í Rotterdam sem opnuðu árið 1943 voru hönnuð fyrir bílaumferð, gangandi vegfarendur og hjólreiðamenn og voru fyrstu botngöngin til að þjóna fleiri en einum ferðamáta. Benelux-göngin í Hollandi eru dæmi um göng sem eru fyrir bílaumferð, lestar og hjólreiðamenn.



Mynd 3: Beneluxgöngin í Hollandi (Baber og Lunniss, 2013).

Í fyrstu var meirihluti botnganga byggður í N-Ameríku en upp úr 1960 fjölgaði botngöngum í Evrópu og Asíu hlutfallslega hratt. Hollendingar, Bandaríkjamenn, Japanir og Kínverjar hafa verið mest í lagningu botnganga í gegnum tíðina hvort sem um er að ræða göng fyrir umferð eða annað. Þó er nokkuð um botngöng í Þýskalandi, Frakklandi, Bretlandi og Belgíu.



Mynd 4: Fjöldi byggðra botnganga eftir heimshlutum (Baber og Lunniss, 2013).

Í Gautaborg í Svíþjóð stendur yfir framkvæmd á nýjum botngöngum, Marieholms göngunum, yfir á sem rennur í gegnum borgina og munu þau þjóna bílaumferð. Þar með verða tvö botngöng sem þvera ána í borginni. Í Stokkhólmi er framkvæmdum á Söderströms botngöngunum nýlukið en þau þjóna lestarumferð í borginni. Bjørvika göngin í Noregi eru einnig nýlegt dæmi en þau þjóna bílaumferð. Nú er einnig byrjað á framkvæmdum við fyrirhuguð botngöng milli Danmerkur og Þýskalands, yfir Fehmarn beltið. Það munu verða heimsins lengstu botngöng, tæplega 18 kílómetrar að lengd. Göngin munu liggja milli Lolland í Danmörku og að þýsku eyjunni Fehmarn. Nú þegar eru ein botngöng milli

Lolland og Falster í Danmörku en þau voru byggð árið 1985. Frekari upplýsingar má lesa úr töflu 1 hér aftar í skýrslunni. Í viðauka **A** má finna töflu þar sem tekin eru saman nokkur dæmi um botngöng sem finna má í Evrópu og hönnuð eru fyrir umferð.

Til eru ýmis ný og nýleg dæmi um botngöng á Norðurlöndunum, í Noregi, Danmörku og Svíþjóð. En sýnt hefur verið fram á að botngöng henti vel á stöðum líkt og í Norður Evrópu þar sem ísmyndun og kaldara veðurfar er algengara en til dæmis í Suður Evrópu (Koyama, 2003). Eitt þekktasta dæmið um botngöng á Norðurlöndunum er líklega Øresund göngin sem tengja hábrú frá Kaupmannahöfn við Malmö í Svíþjóð. Þau eru 3,5 km löng og þar með þau stærstu í heimi (Ramboll, 2015).

Nú liggja hins vegar fyrir áform um framkvæmdir við enn lengri göng, sem munu liggja frá dönsku eyjunni Lolland og að þýsku eyjunni Fehmarn. Áætluð lengd ganganna eru tæpir 18 km og munu liggja fjórar umferðarakerningar og tvær lestarakerningar í sitthvora átt. Áætlað opunarár ganganna er 2028. Upphaflega stóð til að byggja hábrú (e. cable-stayed bridge) en þar sem að hábrú að slíkri stærð myndi kalla á meiri áhættu í framkvæmd var ákveðið að gera botngöng (Railway Gazette, 2011).

Í Svíþjóð er einnig að finna fjölmörg nýleg dæmi um botngöng. Nú fyrir skemmstu lauk framkvæmdum á Söderströmstunnel, sem liggur í hjarta Stokkhólms. Göngin mynda tengingu fyrir lestarumferð í gegnum miðbæinn. Framkvæmdin tók um 9 ár og kostaði um 1,3 milljarða SEK. Áætlaður endingartími ganganna er 120 ár. Einingarnar sem steiptar voru eru þrjár talsins og hver um sig 100 m á lengd. Háan kostnað ganganna má rekja til plássleysis í miðborginni, en það gerði það að verkum að einingarnar voru smíðaðar í Tallinn og fluttar yfir Eystrasaltið og síðan komið fyrir á ákvörðunarstað og sökkt þar. (Trafikverket, 2014).

Annað nýtt dæmi um botngöng í Svíþjóð er Marieholms göngin, þau eru staðsett í Gautaborg og þvera ána Göta sem rennur um þvera borgina. Þess má geta að þetta eru önnur botngöngin sem þvera Göta. Lengd ganganna er 300 m og er um að ræða þrjár 100 m langar einingar. Áætlað opunarár ganganna er 2020 og nemur áætlaður kostnaður við þau tæpum 3,5 milljörðum SEK (Trafikverket, 2017).

Í Noregi hafa einnig verið gerð þó nokkur botngöng og er nýlegasta dæmið að finna í höfuðborginni. Það eru Bjørvika göngin sem eru 680 m löng. Þau voru opnuð árið 2010 og tók framkvæmdin rúm 5 ár.

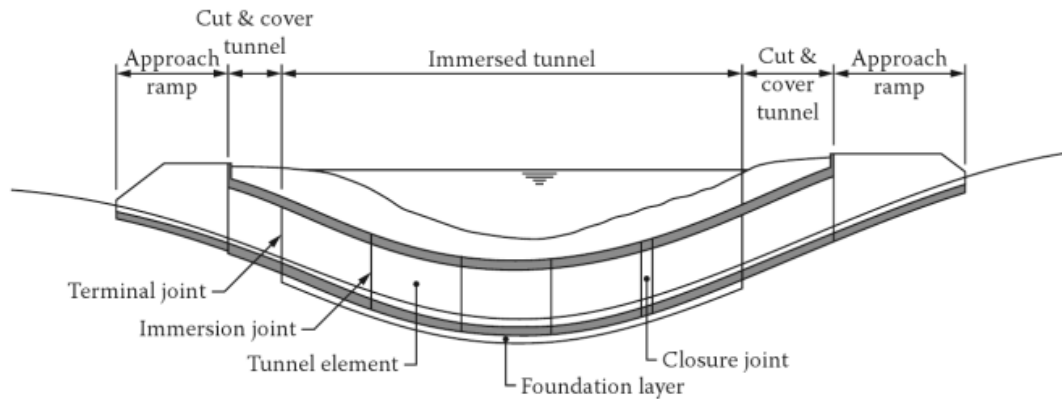


Mynd 5: Frá framkvæmd Bjørvika ganganna (vinstri) og Marieholmstunneln (hægri).

4. Hvað eru botngöng?

4.1 Tæknileg atriði framkvæmdar

Botngöng samanstanda venjulega af forsmíðuðum einingum sem byggðar eru á landi og síðan fleytt á ákvörðunarstað þar sem þeim er sökk og komið fyrir í skurði sem grafinn er í botninn. Einingarnar eru svo tengdar saman með vatnspéttri tengingu. Botngöng sem hönnuð eru fyrir umferð samanstanda venjulega af þremur hlutum; sjálfum botngöngunum úr nokkrum einingum sem komið er fyrir undir vatnsyfirborði, „cut and cover“ göngum sem taka við sitthvoru megin og loks opnum aðkomurömpum. Botngöng er hægt að nota þar sem jarðvegsaðstæður eru óheppilegar fyrir hefðbundin jarðgöng líkt og í árfarvegum, árósum, þar sem djúpt er niður á fast berg eða þar sem pláss er takmarkað.



Mynd 6: Botngöng, langsnið (Baber og Lunniss, 2013).

Dýpt botnskurðar nær rúmri hæð ganganna. Við val á leið skiptir miklu máli hvernig jarðlög á botni eru, framkvæmdin getur orðið mjög kostnaðarsöm ef fjarlægja þarf mikið magn klapparefnis í gangnastæðinu.

Algennt er að steypa einingarnar í einni eða fleiri þurrkvíum, oftast í grennd við fyrirhugað göng eða útbúnar eru varanlegar þurrkvíar þar sem aðkomurampar eru fyrirhugaðir sitthvoru megin við enda ganganna sem geta þá einnig nýst til að steypa einingarnar. Þá er flutningsleið eininganna stutt og tími og kostnaður sparast þar sem þurrkvíin nýtist á tvennan hátt. Þegar einingarnar eru tilbúnar er vatni dælt inn í þurrkvína og opnað til að fleyta þeim út.

Einingarnar eru oftast um 100-200 m að lengd. Þversnið eininga ræðst af áætluðum umferðarþunga og fjölda rýma fyrir þann/þá fararmáta sem þau munu þjóna. Mikilvægt er að lágmarka stærð þversniðs ganganna og minnka í þeim loftrýmið eins og hægt er, því eftir því sem opna rýmið er meira því þyngrri þurfa þær að vera á hvern fermetra til að sökkva. Taka þarf tillit til nauðsynlegs rýmis fyrir umferð, vél- og rafbúnað, loftræstingu og flóttaleiðir. Til að hægt sé að koma einingunum á fyrirhugaðan stað þurfa þær að geta flotið. Því eru allar einingarnar útbúnar jafnvægiskerfi (ballest) til að hægt sé að fleyta þeim og síðan sökkva.



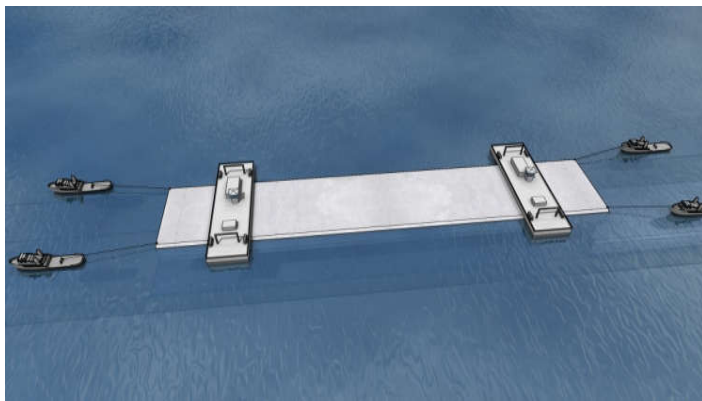
Mynd 7: Þurrkví fyrir New Tyne göngin í Englandi.

Þegar búið er að steypa einingarnar er þeim lokað með stálþiljum sem halda þeim þurrum að innan svo þær fljóti. Á öðrum enda eininganna er einnig komið fyrir gúmmíþétti sem vatnspéttir göngin á samskeytunum. Jafnvægiskerfið (ballest) samanstendur af vatnstökum með pípu- og dælukerfi til að fylla þá og tæma og stjórna þannig flotkrafti eininganna.



Mynd 8: Tilbúin eining með stálþiljum og gúmmíþétti.

Þegar einingarnar eru tilbúnar er þurrkvíin fyllt af vatni og einingunum fleytt út að staðnum þar sem þeim er sökkt. Til að fleyta einingu eru venjulega kaplar festir við hana og hún tekin í tog. Ef um er að ræða styttri vegalengdir er mögulegt að nota spil frá landi. Til að hafa góða stjórn á einingunum við flutningana er þeim komið fyrir á milli tveggja flotholta. Ballesttankarnir eru svo fylltir til að að sökkva einingunni. Á leiðinni niður á botn er einingunni stjórnað með flotholtunum sem aftur er stýrt með botnfestum.

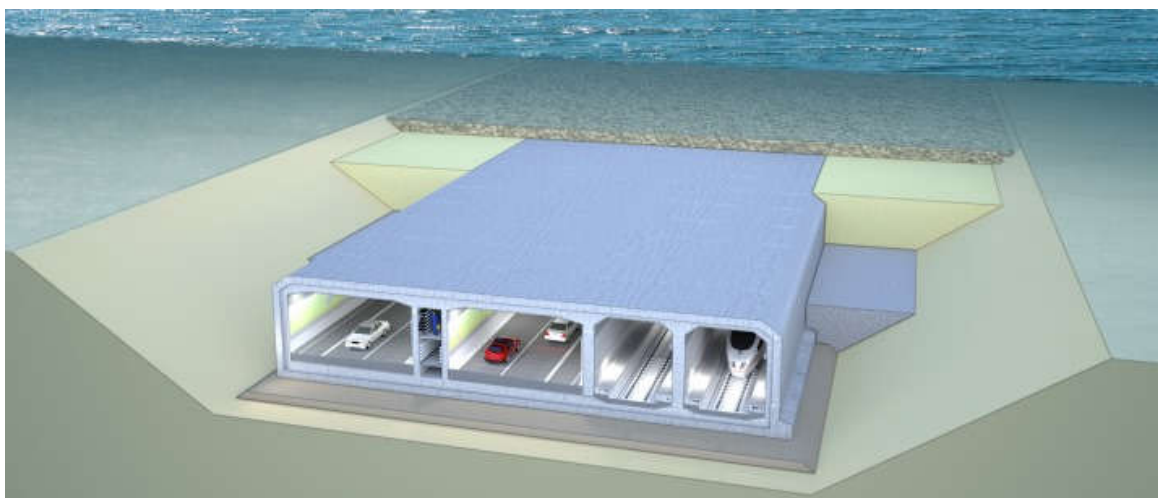


Mynd 9: Flutningur á einingu með dráttarbátum.

Þegar einingunni hefur verið komið fyrir í skurðinum er hún dregin upp að þeirri sem á undan er komin, þar til gúmmíþéttirinn lokar bilinu á milli þeirra. Vatnspétt rými myndast milli stálþilanna, vatninu er dælt úr rýminu og við það myndast undirþrýstingur sem dregur seinni eininguna að þeirri fyrri og myndar þetta samsetningu svo óhætt er að ganga frá endalegri þéttingu innanfrá.

Göngin er því næst tryggð í skurðinum með fyllingum til hliðanna og að lokum hulin með 1-2 m þykku varnarlagi úr

grjóti sem ver göngin fyrir akkerum og öðrum árekstrum. Efri brún lagsins er í línu við sjávarbotninn. Þegar búið er að ganga frá fyllingum er vatninu sem veitti einingunni tímabundna ballest skipt út fyrir varanlega ballest með steypu sem komið er fyrir í botni ganganna. (Baber og Lunniss, 2013, k. 1, 4, 12-14). Sjá má nánari umfjöllun um tæknileg atriði í viðauka B.



Mynd 10: Fylling og vörn fyrir botngöng.

Vandamál sem algengt er að spurt sé um varðandi botngöng:

- Skipaumferð: Botngöng hafa verið byggð á svæðum þar sem skipaumferð er mikil án þess að vandamál hafi skapast, þökk sé góðum umferðarstjórnunarkerfum.
- Gruggmyndun: Uppgröftur á svæðinu getur leitt til mikillar gruggmyndunar á framkvæmdatíma. Tækni hefur þó fleygt mjög fram síðustu ár og er nú möguleiki á að fjarlægja mikið magn efnis neðansjárvar með minni neikvæðum áhrifum á umhverfið en áður.
- Jarðskjálftahönnun: Reynsla af botngöngum er almennt góð og þróun síðustu ára hefur leitt til þess að botngöng eru nú vel samkeppnishæf við aðra kosti. Þau geta að sjálfsögðu verið hönnuð til að standast krafta og hreyfingar sem myndast vegna jarðskjálfta og hafa verið byggð á svæðum þar sem jarðskjálftatiðni er veruleg

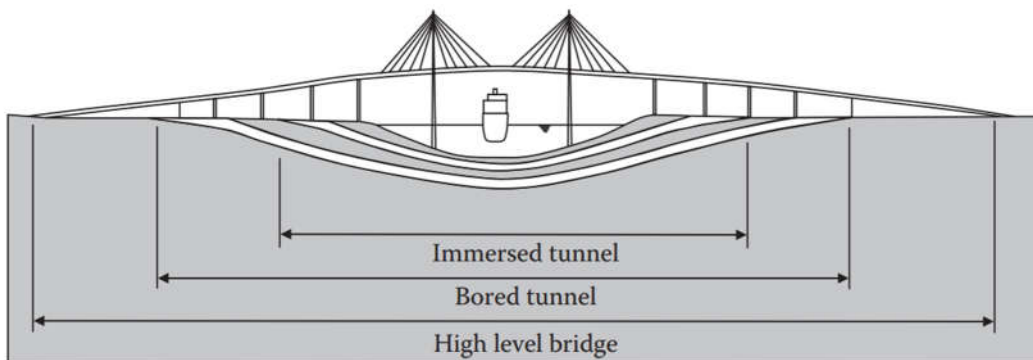
(International Tunnelling Association, 1999).

4.2 Samanburður botnganga við jarðgöng og hábrýr

Val á mannvirki veltur á mörgum þáttum en botngöng hafa ýmsa kosti. Þau eru hentug á grunnu dýpi, þar sem erfitt er að bora í gegnum berggrunninn og á stöðum þar sem landrými er takmarkað og aðkoma að mannvirkinu þarf að vera eins stutt og mögulegt er. Þar sem um er að ræða forsteyptar einingar getur framkvæmdatíminn verið stuttur þar sem hægt er að byrja að steypa á meðan jarðvinna er enn í gangi.

Helsti kostur botnganga fram yfir jarðgöng er að þau þurfa ekki að liggja eins djúpt og venjuleg jarðgöng sem bora þarf eða sprengja á ákveðnu dýpi í berginu. Þessi munur gerir það að verkum að aðkoman getur verið mun styttri, veglínur mögulega með minni langhalla og eru þau því hentug þar sem lítið landsvæði er til staðar. Botngöng geta einnig verið góður kostur þar sem aðstæður bjóða ekki upp á jarðgöng eða þar sem þau eru of flókin eða dýr í framkvæmd.

Jarðgangagerð er samfelld ferli þar sem vandamál geta valdið töfum á heildarverkefninu. Framkvæmd við botngöng eru í raun þrjúþætt; jarðvinna, bygging eininga og flutningur og samsetning. Framkvæmdir mismunandi verkþátta geta farið fram samhliða. Steypt botngöng hafa ekki hringlaga þversnið og bjóða því upp á margvíslegar gerðir af þversniðum sem hægt er að aðlaga að þörf hverju sinni. Þetta gerir þau að góðum kosti fyrir breiða vegi og samtengd göng fyrir bílaumferð og lestar.



Mynd 11: Samanburður á mannvirkjum. (Baber og Lunniss, 2013)

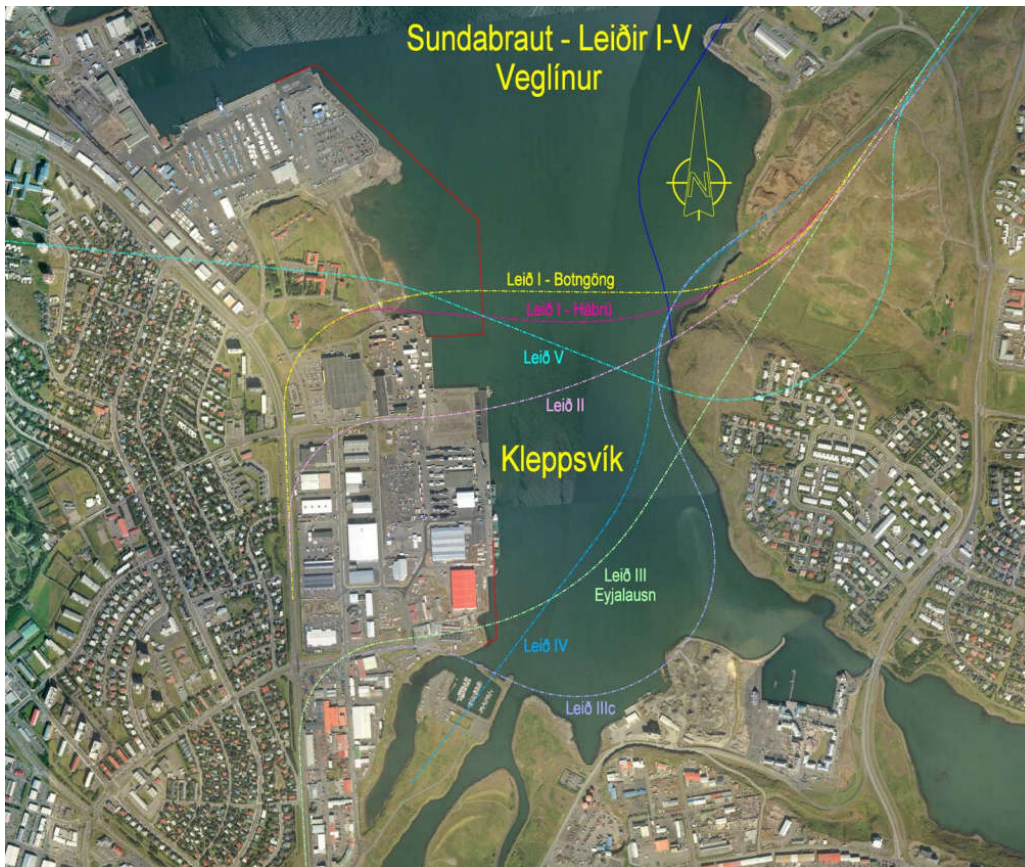
Botngöng hafa það einnig fram yfir hábrýr líkt og jarðgöng að þurfa á styttri aðkomu að halda og því verður heildarlengd þverunar styttri. Botngöng hafa ekki eins mikil áhrif á skipaumferð og ef um brú væri að ræða. Þar sem vegtenging þverar skipaleið þarf fjarlægð á milli stöpla og hæð brúar að leyfa umferð skipa við viðunandi öryggi. Botngöng eru grafin niður þannig að þau breyta ekki dýpi siglingaleiða og takmarka þannig ekki umferð skipa. Veður og vindar hafa ekki áhrif á botngöng líkt og hábrýr, ísing getur myndast á brúm auk þess sem viðhalds er krafist vegna veðrunar.

5. Botngöng í Kleppsvík

5.1 Sundabraut samantekt

Sundabraut var fyrst sett í Aðalskipulag Reykjavíkur árið 1984. Framkvæmd hennar hefur iðulega verið skipt í tvo áfanga. Fyrsti áfangi brautarinnar hefur verið áætluð tenging frá Sæbraut að Gufunesi með þverun Kleppsvíkur. Annar áfangi hefur verið áætlaður áfram frá Gufunesi, yfir Eiðsvík, Geldinganes, Leiruvog, Gunnunes, Álfsnes og loks Kollafjörð með tengingu við Þjóðveg nr. 1 við Vesturlandsveg (Efla, 2009). Sameiginlegur vinnuhópur Vegagerðarinnar og embættis Borgarverkfræðings hófu undirbúningsvinnu snemma árs 1996, þar sem fyrsti áfangi var fyrst og fremst til skoðunar þar sem það þótti flóknasti og viðkvæmasti hluti verksins (Vinnuhópur Sundabrautar, 1997). Ýmsir kostir hafa verið skoðaðir fyrir þverun Kleppsvíkur og eru þeir helstu:

- **Leið I, hábrú** sem gefur færi á að allt að 50 m há skip sigli undir hana.
- **Leið I, botngöng** sem steipt eru á landi, sökkt og grafin ofan í yfirborð sjávarbotnsins.
- **Leið III, Eyjalausn** sem samanstendur af um 100 m landfyllingu út frá Gelgjutanga og 60-70 m langri brú út á manngerða eyju í Kleppsvíkinni. Þar tekur við 170-200 m löng brú yfir á Gufuneshöfða.



Mynd 12: Mismunandi leiðir fyrir þverun Kleppsvíkur í 1. áfanga Sundabrautar (Línuhönnun, 2004).

Megin ábati Sundabrautar er sá að umferðarflæði á höfuðborgarsvæðinu yrði betra og dreifðara. Á heildina litið getur Sundabraut stýtt vegalengdir og sparað tíma fyrir vegfarendur. Framkvæmdin myndi létta á umferðarpungum götum, líkt og Gullinbrú og Ártúnsbrekku og stuðla þannig að auknum greiðleika og öryggi. Sundabraut myndi einnig auka öryggi borgarbúa á hættutímum eða öðrum álagstímum þar sem um er að ræða nýja leið til og frá borginni.



Mynd 13: Fyrsti áfangi Sundabrautar, leið I og leið III, settur fram árið 2004 (Línuhönnun, 2004).

Mikið er um landfyllingar á hafnarsvæðinu við vestanverða Kleppsvík þ.a. umhverfið er að mestu leyti manngert. Austan megin er Gufuneshöfðinn sem er hverfisverndaður og á náttúruminjaskrá

Að auki hafa verið skoðuð jarðgöng á ytri leið I, svokölluð Sundagöng. Þau þyrfti að grafa mjög djúpt og þar af leiðandi yrði leiðin mun lengri.



Mynd 14: Fyrsti áfangi Sundabrautar, Sundagöng og leið III, líkt og hann var settur fram árið 2009. (Efla, 2009)

Sundabraut hefur lengi legið í umræðunni og hafa verið skiptar skoðanir á m.a. legu hennar, útfærslu og fjármögnunarmöguleikum. Vegagerðin lagði áherslu á innri leið Sundabrautar, þá sérstaklega Eyjalausn, af því að hún var talin ódýrari. Reykjavíkurborg hefur talið skynsamlegt að leggja Sundabraut

í göng. Göng bjóða upp á aukna byggingamöguleika ofanjarðar, minni hávaðamengun og færi á að stjórnna betur svifryksmengun.

Fjöl margar skýrslur hafa verið gefnar út í tengslum við fyrsta áfanga Sundabrautar, þær helstu eru:

1. „Sundabraut 1. Áfangi – Mat á umhverfisáhrifum“ (Línuhönnun, 2004)
2. „Sundagöng. Kostnaðaráætlun og áhættugreining“ (VGK-Hönnun (nú Mannvit), 2007)
3. „Sundabraut 1. Áfangi. Sundagöng og Eyjalausn – Tillaga að matsáætlun“ (Línuhönnun, 2008)
4. „Sundabraut. Arðsemismat. Áfangi I (Leið III og Jarðgöng) og áfangi II“ (Verkís, 2009)
5. „Sundabraut 1. Áfangi. Sundagöng og Eyjalausn – Frummatsskýrsla“ (Efla, 2009)
6. „Sundabraut í einkaframkvæmd – Kostnaður, umferð, greiðsluvilji og veggjöld“ (Mannvit, 2014)

Í fyrstu skýrslu Línuhönnunar, „Mat á umhverfisáhrifum“ frá árinu 2004, má segja að fyrir 1. áfanga hafi leið I, botngöng og leið III, Eyjalausn, verið hlutskarpastar. Eyjalausn hefur það fram yfir botngöng að möguleikar varðandi göngu- og hjólréiðatengsl eru betri, en botngöng hafa ýmsa kosti umfram Eyjalausn, svo sem ásýndar- og fagurfræðilega kosti. Leið III var metin hagkvæmari en leið I hefur ákveðna umferðartæknilega kosti umfram leið III hvað varðar tengingu við Sæbraut og dreifingu umferðar á Sæbraut. Leið III er mun aðþrengdari á gatnamótum við Sæbraut en leið I. Tengingar við íbúðarhverfin eru góðar í öllum lausnum en samanburður er þó leið I fremur í hag. Ákveðin hætta á gegnumakstri er fyrir hendi á báðum leiðum, en Skeiðarvogur á leið III er erfiðastur viðureignar. Í samantekt á umferðartæknilegum samanburði segir að leið I hafi ákveðna umferðartæknilega kosti umfram leið III. Þá séu botngöng betri en hábrú vegna heppilegri hæðarlegu og umhverfis. Í Leið I virðast sjónarmið öryggis og vegalengdarsparnaðar haldast í hendur, en tímasparnaður er mestur á leið III. (Línuhönnun, 2004)

Umferðarlíkan höfuðborgarsvæðisins sýnir nokkurn mun á umferðarflæði eftir leiðarvali. Þannig beinir leið I meiri umferð norður Sæbraut en leið III fyrst suður Sæbraut en síðan vestur eftir Miklubraut (Línuhönnun, 2004). Leið I hentar betur til að tengja norðausturhverfin við Kvosina en leið III er betri fyrir norður-suður tengingu á höfuðborgarsvæðinu (Vinnuhópur Sundabrautar, 1998).

Í þeim matsáætlunum 1. áfanga sem koma á eftir eru Eyjalausn og Sundagöng (jarðgöng) í sviðsljósinu. Árið 2009 var hafið mat á umhverfisáhrifum fyrir fyrsta áfanga með nýjum valkosti, Sundagöngum, og breytingu á Eyjalausn. Hin nýja Eyjalausn liggur út fyrir Gufuneshöfða í stað þess að liggja í gegnum hann en svipar að öðru leyti til gömlu lausnarinnar.

Þegar litið er á umferðarspár og staðsetningu fyrirhugaðrar uppbyggingar í Reykjavík, má áætla að forsendur umferðarspáa fyrir 1. áfanga Sundabrautar hafi breyst. Í fyrsta lagi var fyrirhuguð blönduð byggð í Gufunesi og Geldinganesi í Aðalskipulagi Reykjavíkur (2001-2024) en áætlanir um slíkt eru ekki í núverandi skipulagi. Þá var gert ráð fyrir að í Gufunesi yrði einkum starfsemi á sviði endurvinnslu og meðhöndlunar úrgangs og í Geldinganesi gert ráð fyrir útivistarsvæði og mögulega kirkjugarði. Í öðru lagi er sett fram stefna um þróun borgarinnar með breyttum áherslum í núverandi skipulagi sem gildir til ársins 2030. Sú stefna felur í sér markmið um að auka hlutdeild almenningsgangna og annarra sjálfbærra samgöngumáta, s.s. hjólandi og gangandi. Má því gera ráð fyrir, ef settum markmiðum verður náð, að það dragi úr hlutdeild ökutækja um svæðið. Á eftirfarandi mynd úr Aðalskipulagi Reykjavíkur 2010-2030 má sjá að áætlað umferðarflæði um 1. áfanga Sundabrautar (Kleppsvík) fyrir árið 2030 er 23 þúsund bílar/sólarhring. Þá er miðað við breyttar ferðavenjur samkvæmt núverandi skipulagi. Ef miðað er við óbreyttar ferðavenjur sýnir sambærileg mynd 30 þúsund bíla/sólarhring um Kleppsvík.



Mynd 15: Umferðarspá fyrir árið 2030, m.v. breyttar ferðavenjur og nýframkvæmdir

Í Aðalskipulagi Reykjavíkur (2010-2030) er gert ráð fyrir að lega Sundabrautar sé samkvæmt leið I og leið III er hafnað. (Reykjavíkurborg, 2013 & 2017) Í marsmánuði 2017 var samþykkt tillaga að íbúabyggð í Vogunum á þeim stað er Sundabraut á leið III kæmi að landi vestan megin í Kleppsvík, deiliskipulag tók gildi í kjölfarið. Í kjölfarið hefur Eyjalausn, ásamt öðrum hugmyndum að innri leið, verið ýtt út af borðinu. Því standa í raun eftir þrjár valkostir; botngöng, hábrú eða jarðgöng á ytri leið.

5.2 Fyrri hugmyndir og útfærslur að botngöngum

Margar tillögur fyrir fyrsta áfanga Sundabrautar hafa skotið upp kolli. Hér að neðan verður fjallað í stuttu máli um þrjár tillögur að botngöngum á leið I, tillögu áhugahóps frá árinu 1999, tillögu Línuhönnunar frá árinu 2004 og tillögu Bjarna Gunnarssonar frá 2012.

5.2.1 Áhugahópur - 1999

Hópur sem samanstóð af aðilum frá Sæpóri ehf., Björgun hf., Ármannsfelli hf. og BM Vallá hf. í samstarfi við danska verkfræðinginn Folke Greisen, vann á sínum tíma tillögu að þverun Kleppsvíkur með botngöngum. Einar Ragnarsson tæknifræðingur hjá Mannvit, þá starfsmaður Sæpórs ehf. leiddi þessa vinnu (Einar Ragnarsson, Folke Greisen, 1999). Sú tillaga fólst í því að forsteyptar einingar séu tvær talsins, hvor um sig 200 m að lengd. Því er aðeins um að ræða ein samskeyti neðansjávar. Heildarlengd ganganna yrði um 1.000 m með tveimur staðsteyptum stokkum og vegskálum beggja vegna. Með þessu móti sparast verulegur kostnaður þar sem kostnaður við að fleyta og tengja einingar verður lægri. Val á legu ganganna ræðst aðallega af legu klapparinnar í vikinni svo komast megji hjá neðansjávarsprengingum sem eru dýrar og flóknar. Stytting á þeim hluta stokks sem þarf að forsteypa og fleyta út er fengið með því að staðsteypa hluta stokksins frá fyllingum beggja vegna.

Gert var ráð fyrir 5-6% langhalla. Þá var gert ráð fyrir að mögulegt væri hægt að komast af með 7,8 metra hæð þversniðs ef ekki væri reiknað með plássi fyrir ljós, skilti og blásara en í hönnun Línuhönnunar var gert ráð fyrir 8,4 m hæð. Einar og Falke reiknuðu með að ljós gætu verið með veggjum og loftræstiblásarar í staðsteyptum hluta til endanna og að hægt væri að hanna

skiltastaðsetningar til að komast hjá þeim í sjálfum göngunum. Tekið skal fram að frá 1999 hafa kröfur um búnað í stöðlum um göng aukist.

Einar og Folke töldu mögulegt að þynna steypuþversniðið um 20 cm m.v. tillögu Línuhönnunar. Þessi lækkun á hæð telur hratt kostnaðarlega séð þar sem hún minnkar upplýftikraft verulega.

Í tillögunni er gert ráð fyrir að útbúa þurrkví að vestanverðu til að framleiða forsteypu einingarnar í þurrkvíin yrði útbúin úr stálþili í legu Vogabakka en þéttum jarðvegsfyllingum að öðru leyti og haldið þurri með dælingu. Eftir að einingunum er fleytt út er þurrkvíin notuð til að steypa um 350 m langan aðkomustokk eða vegskála. Með þessu móti sparast mikið þar sem kostnaður við þurrkvína sparast í mismun á framkvæmdakostnaði við staðsteypa stökkinn. Dýpi í þurrkví er -8 m á meðan vinna við framleiðslu eininga stendur yfir til að spara kostnað við dælingu og til að varna því að einingar fljóti upp ef til dælustopps kæmi. Eftir að einingunum er fleytt úr kvínni er hún dýpkuð í réttan kóta til að koma fyrir aðkomustokknum. Svipaðri aðferð yrði beitt að austanverðu nema þar var gert ráð fyrir að kvíin nýtist sem skábraut að göngunum og því útbúin stálþili allan hringinn.

Einingarnar eru 200 m að lengd og 22,5 m að breidd og eru steypar samhliða í kvínni með um 10 m millibili. Hvor eining er steypd í fjórum hlutum, hver um 25 m að lengd, sem eru svo tengdir saman og samskeytin vatnsþétt. Einingarnar eru útbúnar búnaði eins og ballesttönkum (jafnvægistönkum) og stálþiljum. Gúmmíþétti er komið fyrir á austari enda á þeirri einingu sem liggur vestan megin í Kleppsvík.

Þurrkvíin er svo fyllt af vatni og einingunum fleytt út. Byrjað er á einingunni sem mun liggja austan megin í Kleppsvíkinni. Hún er dregin út úr þurrkvínni með vírspili sem staðsett er hinum megin við Kleppsvíkina í þurrkvínni austan megin. Hafa þarf spil til móts við það á vesturbakkanum. Hliðarfærslu á einingunum er stjórnað með vírum sem festir eru við stálþilin í þurrkvínni og tveimur botnföstum þrómmum eða dráttarbátum. Þegar einingin er komin á staðinn þar sem á að sökkva henni eru ballesttankarnir fylltir að hluta og einingunni sökkt niður í skurðinn. Einingunni er komið fyrir á tímabundnum undirstöðum með tjökkum og ballesttankarnir fylltir til að koma í veg fyrir að hún fljóti upp. Þetta er endurtekið fyrir eininguna sem mun liggja vestan megin. Þegar báðar einingarnar eru komnar á sinn stað eru endarnir dregnir upp að hvor öðrum þannig að gúmmíþéttirinn lokar bilinu á milli allan hringinn. Því næst er vatninu á milli dælt út þannig að þær þrýstast saman. Samsetningin er svo tryggð áður en þurrkvíarnar eru þurrkaðar upp.

Rýmið undir einingunum er um 1 m á hæð og er fyllt með því að dæla sandi undir eins fljótt og mögulegt er. Þegar rýmið hefur verið fyllt eru tjakkarnir látnir síga niður svo einingarnar liggja á sínum endanlegu undirstöðum. Því næst er gengið frá fyllingu upp að göngunum og grjótvörn að ofan. Að lokum eru stálþilin fjarlægð og gengið frá varanlegri ballest (jafnvægi) áður en frágangur að innan getur hafist.

5.2.2 Línuhönnun - 2004

Árið 1996 var Línuhönnun hf. ráðin sem aðalráðgjafi fyrir vinnuhóp Sundabrautarverkefnisins. Línuhönnun hf. réð nokkra undirráðgjafa til samstarfs, meðal annars verkfræðistofuna Travers Morgan frá Bretlandi, fyrir ráðgjöf og kostnaðargreiningu varðandi hönnun og gerð botnganga (Vinnuhópur Sundabrautar, 1998). Sú útfærsla af botngöngum sem fór í umhverfismat árið 2004 er hönnun Línuhönnunar og var kostnaður metinn upp á 13 ma.kr. á verðlagi ársins 2002. Innifalið í kostnaði var þverunin yfir Kleppsvík auk mislægra gatnamóta beggja vegna. Kostnaðurinn uppreiknaður með byggingarvísitölu á verðlagi 2017 er um 30 ma.kr. Þessi tala gæti verið hærri í dag, umfram uppreikning með byggingarvísitölu, þar sem kröfur til gangna í stöðlum hafa aukist á síðustu árum.

Gert var ráð fyrir mislægum gatnamótum báðum megin við göngin. Botngöngin sjálf voru fjórar akreinar í tveimur rásum, alls 1.190 m löng. Fyrstu 235 metrarnir að vestanverðu væru opin aðkomurampi og eftir það tækju sjálf göngin við, 685 m löng steypd göng, samsett úr þremur til fjórum forsteyptum einingum. Að austanverðu yrði samsvarandi aðkomurampi og að vestanverðu, um 270 m langur. Langhalli í göngum yrði um 6% báðum megin.

Gert var ráð fyrir að þversnið ganganna yrði 22,5 m að breidd og 8,4 m að hæð auk 1,2 m grjótvagnar að ofan. Gert var ráð fyrir að rásaropið yrði 9,9 m að breidd og frí lofthæð í göngum yrði 4,8 m auk 0,4 m fyrir ljós, skilti og blásara. Útveggir yrðu metri að þykkt og innveggur 0,7 m (Línuhönnun, 2004).



Mynd 16: Botngöng á leið I skv. Línuhönnun. Rauða línan sýnir núverandi hafnarbakka (Línuhönnun, 2004).



Mynd 17: Botngöng á leið I, útlitsmynd (Línuhönnun, 2004).

5.2.3 Bjarni Gunnarsson - 2012

Bjarni Gunnarsson verkfræðingur setti fram tillögu að botngöngum um Kleppsvík (Bjarni Gunnarsson, 2012). Tillagan gerði ráð fyrir 750 m löngum botngöngum gerðum úr 5 einingum auk aðkomurampa báðum megin, hvor um sig um 100 m að lengd. Bjarni, í samstarfi við Ístak, grófáætlaði að botngöngin sjálf og rampar upp á yfirborð myndu kosta allt að 11-15 ma.kr. á verðlagi ársins 2012 eða um 13-18

ma.kr. á verðlagi 2017. Þessi tala gæti verið hærri í dag, umfram uppreikning með byggingarvísitölu, þar sem kröfur til gangna í stöðlum hafa aukist á síðustu árum.



Mynd 18: Útfærsla Bjarna Gunnarssonar á botngöngum á leið I (Bjarni Gunnarsson, 2012).

5.3 Botngöng á leið I – hugleiðingar um forsendur

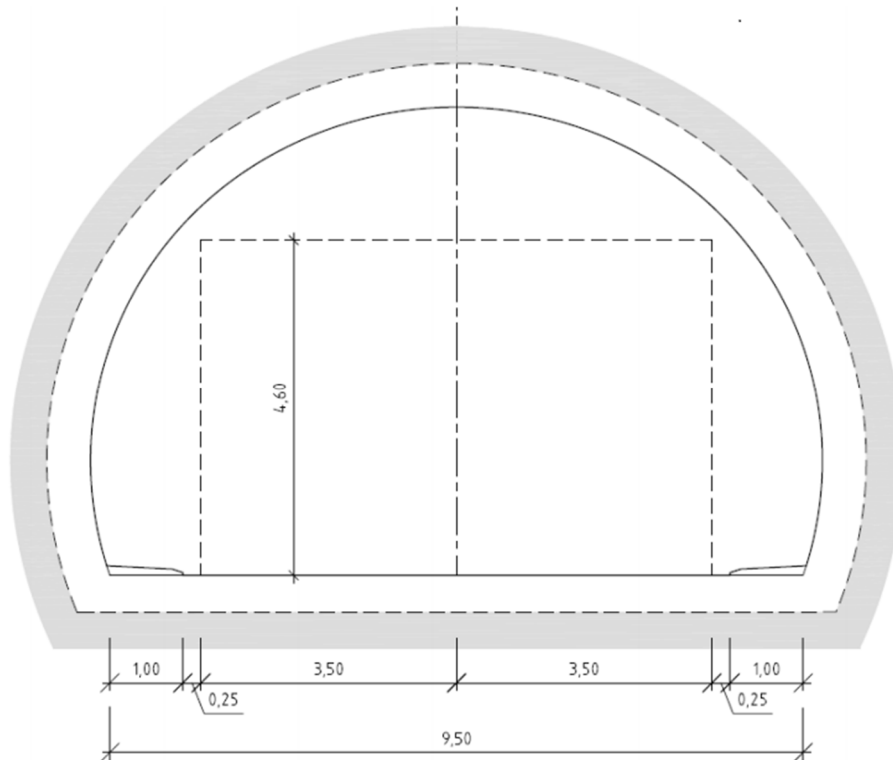
Þar sem botngöng hafa ekki verið gerð á Íslandi er takmörkuð þekking á þeim héraendis. Sú staðreynd gæti mögulega haft áhrif á að þau yrðu ekki fyrir valinu. Hins vegar hafa nágrannar okkar, Svíar, Norðmenn og Danir, gert fjölmörg botngöng og gætum við lært margt af þeim. Botngöng væru heppilegur kostur í Kleppsvík að því leyti að aðkoma að þeim er mun styttri en aðkoma fyrir hábrú eða jarðgöng og landsvæði við höfnina er takmarkað. Einnig myndu botngöng á leið I ekki hafa mikil áhrif á hafnaraðstöðu og siglingar um höfnina hafa mun minni sýnileg áhrif á umhverfið en hábrú. Hábrú yrði áberandi mannvirki og eitt mest áberandi mannvirki borgarinnar.

Í skýrslu um mat á umhverfisáhrifum frá 2004 er sett fram krafa um að í siglingarennunni skuli vera 12,3 m frítt dýpi svo flutningaskip geti siglt óhindrað um víkina. Í dag er uppgefið dýpi í legum við Vogabakka -9,2 m í ytri tveimur legunum og -8,5 m í innri tveimur legunum. Faxaflóahafnir ráðgera að lengja Vogabakka til norðurs og að endingu muni hann tengjast þeim áfanga Kleppsbakka sem þegar er í byggingu. Á því svæði er gert ráð fyrir mun meira dýpi til að þjóna stækkandi skipum. Ekki er ástæða til að ætla að botngöng rétt norðan við núverandi enda Vogabakka hafi afgerandi áhrif á þær áætlanir. Hins vegar munu botngöng að öllum líkindum takmarka djúpristu skipa í legu gangna og í núverandi viðlegum Vogabakka við núverandi dýpi um alla framtíð. Að mati greinarhöfunda ætti það þó að vera ásættanleg takmörkun þar sem ljóst er að núverandi dýpi getur þjónað frystitögurum og heilfarmaflutningum s.s. timbur og öðrum hrávöruflutningum um alla framtíð, þó að þessar legur muni ekki geta þjónað vöruflutningaskipum til framtíðar þar sem þau fara stækkandi. Til að þjóna núverandi legum á Vogabakka verður ekki annað séð en að 10-11 m dýpi í siglingarrennu sé fullnægjandi.

Samkvæmt Aðalskipulagi Reykjavíkur 2010-2030 er gert ráð fyrir að umferð um Sundabraut yfir Kleppsvík árið 2030 verði um 23-30 þúsund bílar á sólarhring á leið I miðað við mismunandi forsendur í ferðamatavali. Vegna mikillar umferðar yrði að gera ráð fyrir að botngöng undir Kleppsvík yrðu hönnuð sem tvískipt göng með alls fjórum akreinum, tveimur í hvora átt. Þetta yrði gert aðallega af öryggisástæðum vegna þess fjölda bíla sem fer í gegn. Auk þess að auka umferðaröryggi, einfaldar

Þetta fyrirkomulag blásturskerfi og gerir umferðarstjórnun auðveldari. Á milli rásanna yrðu flóttaleiðir fyrir vegfarendur með ákveðnu millibili.

Í norska vegstaðlinum N500 er gerð sú krafa að þar sem umferð er meiri en 12 þúsund bílar á sólarhring skuli akstursstefnur vera aðskildar og hvor rás hafi þversniðið T9,5. Í þversniðinu er akbraut með tveimur 3,5 m breiðum akreinum og rúmlega metra breiðum öxlum. Neyðargöng eða flóttaleiðarmöguleiki skal vera með reglulegu millibili milli ganganna. Frí veghæð í göngum er 4,6 m. Samkvæmt staðlinum skal mesti langhalli ekki vera meiri en 5% í neðansjávangum þar sem umferð er meiri en 15 þúsund bílar á sólarhring í aðskildum rásum (Statens Vegvesen, 2016). Kröfur í staðlinum hafa verið hertar síðustu ár, eða frá því fyrri tillögur voru gerðar.



Mynd 19: Þversnið T9,5 samkvæmt norska staðlinum N500.

Ef vilji er fyrir því að þvera Kleppsvík með botngöngum er mikilvægt að skoða þáttinn sem snýr að jarðvinnu í Kleppsvík og gruggmyndun sérstaklega vegna laxveiði í Elliðaánum. Með hliðsjón af reynslu Faxaflóahafna af dýpkunum á svæðinu er þó ekki ástæða til að telja þetta stórt vandamál en viðbúið að framkvæmdaáðila verði gert að vinna þessa vinnu á þeim tímum árs sem hún hefur minnst áhrif á lífríki Elliðaána. Varðandi sandundirstöður fyrir botngöng í Kleppsvík er einnig rétt að setja inn fyrirvara um að skoða þarf gerð slíkrar undirstöðu sérstaklega með tilliti til jarðskjálftaálags á Íslandi. Gruggmyndun er ókostur og hefur áhrif á umhverfið, en slíkt fylgir einnig brúargerð.

Hábrú á leið I hefur verið hönnuð fyrir sex akreina veg, fjórar akreinar auk klifurreina. Þetta er aðallega gert þar sem mikil hálka getur myndast á hábrúnni með allt að 5% halla. Klifurreinar væru því ekki nauðsynlegar í botngöngum þrátt fyrir allt að 5% halla í göngunum. Heimildir sýna að ekki er mikill munur á öryggi fyrir halla á bilinu 2-5%. Einnig er halli í göngum ekki jafn hættulegur og á brú þar sem þak er yfir göngunum sem ver þau fyrir rigningu og snjó. Erlendar rannsóknir hafa sýnt að öryggi í göngum sem þessum er meira en á sambærilegum vegi. Aðskilnaður akstursstefna er einnig ótvíræður kostur með tilliti til öryggis.

Hábrú hefur einnig verið hönnuð með sérstökum brautum fyrir hjólreiðamenn og gangandi vegfarendur. Reiknað hefur þó verið með því að ekki muni allir nýta sér þessa leið vegna þess hve hátt hún fer (Línuhönnun, 2004). Í fyrri útfærslum af botngöngum í Kleppsvík hefur ekki verið gert ráð fyrir

gönguleið eða hjólabraut en það væri þó möguleiki. Slík göng hafa reynst vel erlendis og því mögulega heppilegri kostur en hábrú.

Eins og fyrr sagði þá ráðgera Faxaflóahafnir að lengja Vogabakka til norðurs og að endingu muni hann tengjast þeim áfanga Kleppsbakka sem þegar er í byggingu. Miklu máli skiptir að botngöng verði byggð áður en farið verður í frekari lengingu Vogabakka þar sem fyrirhugað er að botngöngin liggi. Ef ekki þá getur það haft í för með sér verulegan kostnaðarauka. Í dag er svæðið notað sem athafnasvæði en möguleiki væri á að koma þar fyrir þurrkví fyrir byggingu eininga. Ef ekki reynist mögulegt að nota núverandi landfyllingar undir Kleppsskaptinu fyrir þurrkví væri þó mögulegt að finna annan stað fyrir smíði eininga. Fyrirhuguð landfylling á lóð Björgunar ehf. býður upp á sambærilegan möguleika en heildar kostnaður framkvæmdarinnar yrði þó töluvert meiri þar sem kvíin nýttist þá ekki fyrir aðkomustokk að göngunum eins og gert var ráð fyrir í hugmyndum Einars og Folke.

5.4 Kostnaður

Kostnaður við gerð botnganga er mjög mismunandi og hefur umfang verkefnisins, aðstæður á staðnum, aðfangakostnaður, launakostnaður ofl. mikil áhrif. Þeir verkþættir sem vega þyngst eru staðsetning undir framleiðslu eininga, smíði eininga, flutningur, gröftur og fylling. Gerðar hafa verið nokkrar kostnaðaráætlanir fyrir botngöng í Kleppsvík:

1. Áhugahópur vann árið 1999, á vegum verktakafyrirtækisins Sæþórs ehf., grófa kostnaðaráætlun fyrir helstu magntölur varðandi jarðvinnu, gerð þurrkvía og fleytingu á einingum. Ekki hefur tekist að finna kostnaðaráætlun sem unnin var á sama tíma á vegum Ármannsfells og BM Vallár fyrir stokkinn sjálfan, steypu, stál og steypumót og þessi áætlun því ekki til samanburðar hér að neðan.
2. Línuhönnun vann kostnaðaráætlun árið 2004 fyrir þverun Kleppsvíkur auka mislægra gatnamóta beggja vegna.
3. Bjarni Gunnarsson verkfræðingur setti fram tillögu að botngöngum um Kleppsvík. Tillagan gerði ráð fyrir 750 m löngum botngöngum gerðum úr 5 einingum auk aðkomurampa báðum megin, hvor um sig um 100 m að lengd. Bjarni, í samstarfi við Ístak, gerði kostnaðaráætlun fyrir botngöngin sjálf og rampa upp á yfirborð í samstarfi við Ístak.

Þessar tölur gætu verið hærri í dag, umfram uppreikning með byggingarvísitölu, þar sem kröfur til gangna í stöðlum hafa aukist á síðustu árum. Í eftirfarandi töflu má sjá samantekt á þessum áætlunum en hér er kostnaður við botngöng metinn á bilinu **14-25 m.kr. pr. lengdarmetra** eða 13-30 ma.kr. fyrir þau verkefni sem að ofan eru nefnd en kostnaðaráætlanirnar eru ekki hæfar til beins samanburðar þar sem mismunandi er hvaða kostnaðarliðir eru taldir með.

Tafla 1. Botngöng – íslenskar kostnaðaráætlanir.

Matsaðili	Lengd ganga (m)	Upphafl. kostnaður.	Kostnaður 2017	Innifalið	ISK pr. lengdarmetra
Línuhönnun	1.190	13 ma.kr. (2004)	~ 30 ma.kr.	Botngöng og mislæg gatnamót beggja vegna	~ 25 m.kr./m
Bjarni Gunnarsson	950	11-15 ma.kr. (2012)	~ 13-18 ma.kr.	Botngöng og rampar upp á yfirborðið beggja vegna	~ 14-19 m.kr./m

Ef skoðuð eru botngangaverkefni í Evrópu síðastliðna tvo áratugi má sjá að kostnaðurinn er á miklu bili. Í eftirfarandi töflu er að finna helstu upplýsingar um þessi verkefni, s.s. opunarár, stærðir og kostnað uppfærðan til ársins 2017. Í töflunni er yfirlitt um að ræða heildarkostnað sem gerir það að verkum að erfitt er að meta byggingarkostnað einan og sér fyrir botngangahlutann. Það er aðeins hluti tilvika þar sem það er í boði en það á við Jack Lynch göngin, Eyrarsundsgöngin (d. Øresund) og Preveza-Aktio göngin (sjá feitletrað). Ef eingöngu er horft til þeirra gagna er kostnaðarbilið 20-35 m.kr./m á verðlagi ársins 2017.

Ljóst er að þörf er á að gera uppfærða kostnaðaráætlun ef svara á hver kostnaður við gerð botnganga yrði í Kleppsvík.

Tafla 2. Erlend botngangaverkefni.

Verkefni	Land	Opnun	Lengd/Ein/Þversnið.	Akreinar	Upprunal. kostn.	ISK/m. 2017
Guldborgsund Tunnel	DK	'88	460 m - 2 ein.(21x9)	2+2	220.000.000 DKK	18 m.kr./m
Conway Tunnel	UK	'91	710 m - 6 ein.(24x11)	2+2	190.000.000 GBP	100 m.kr./m
Jack Lynch Tunnel	IE	'99	610 m - 5 ein.(25x9)	2+2	100.000.000 EUR	35 m.kr./m
Øresund Tunnel	DK	'00	3,5 km - 20 ein.(42x9)	2+2+lest	3.800.000.000 DKK	29 m.kr./m
Preveza-Aktio Tunnel	GR	'02	910 m - 8 ein.(13x9)	1+1	55.000.000 GBP	20 m.kr./m
Warnow Tunnel	DE	'03	790 m - 6 ein.(23x9)	2+2	225.000.000 EUR	57 m.kr./m
Caland Tunnel	NL	'04	690 m - 6 ein.(34x9)	3+2	423.500.000 DFL	49 m.kr./m
Bjørsvika Tunnel	NO	'10	680 m - 6 ein.(28-43/10)	3+2	575.000.000 EUR	177 m.kr./m
Limerick Tunnel	IE	'10	500 m - 5 ein.(25x9)	2+2	660.000.000 EUR	276 m.kr./m
New Tyne Crossing	UK	'11	360 m - 4 ein.(15x9)	1+1	260.000.000 GBP	165 m.kr./m
Second Coen Tunnel	NL	'14	750 m - 4 ein.(30x9)	3+2	1.200.000.000 EUR	270 m.kr./m
Söderström Tunnel	SE	'17	300 m - 3 ein.(20x10)	1+1 (lest)	1.300.000.000 SEK	53 m.kr./m
Marieholms Tunnel	SE	'20	306 m - 3 ein.(14x5)	3+2	3.500.000.000 SEK	141 m.kr./m
Fehmarn Belt	DK/DE	'28	17,6 km - 89 ein.(45x13)	2+2+lest	7.000.000.000 EUR	47 m.kr./m

6. Heimildir

Barber, J og Lunniss, R, 2013. Immersed Tunnels. Taylor & Fracis Group, Flórída.

Koyama, Y., 2003. Present status and technology of shield tunneling method in Japan. Tunnelling and Underground Space Technology, 18(2), 145-159.

Railway Gazette, 2011. Fehmarn Belt Tunnel Preferred. Sótt af:
<http://www.railwaygazette.com/news/single-view/view/fehmar-belt-tunnel-preferred.html>

Ramboll, 2015. Immersed Tunnels. Sótt af:
<http://www.ramboll.com/~media/files/rgr/documents/markets/transport/tunnels/capability-statement-immersed-tunnels.pdf>

Trafikverket, 2014. Tunnelns väg från Tallinn till Söder Mälarstrand. Sótt af:
<http://www.trafikverket.se/nara-dig/Stockholm/projekt-i-stockholms-lan/Citybanan/Tunneln-i-Riddarfjarden/Tunnelns-vag-fran-Tallinn-till-Soder-Malarstrand/>

Trafikverket, 2017. Marieholmsförbindelsen. Sótt af: <http://www.trafikverket.se/nara-dig/Vastra-gotaland/projekt-i-vastra-gotalands-lan/Marieholmsforbindelsen/>

Bjarni Gunnarsson, 2012. Sofandaháttur í samgöngumálum Reykjavíkur – seinni grein. Verktækni, 5. tbl. 18. árg.: 13-15.

City Development Department of Riga City Council, 2009. Tecnical Services Agreement in Relation to the Riga Northern Corridor Project. Task 2.10 Preliminary Analysis of Alternative Options for the Daugava Crossing. Sótt af:
http://www.ziemelukoridors.lv/Portals/0/files/4.2._Daugavas_skersojuma_alternativu_analize_AEC_OM_2009_EN.pdf

Efla, 2009. Sundabraut 1. áfangi. Sundagöng og Eyjalausn. Frummatsskýrsla, óútgefin drög. Unnið fyrir Vegagerðina og Reykjavíkurborg.

Einar Ragnarsson, Folke Greisen, 1999. Minnisblað unnið á vegum óformlegs samstarfshóps Sæþórs ehf. B.M. Vallár hf. og Ármannsfells hf.

International Tunnelling Association, 1999. Immersed Tunnels: A Better Way to Cross Waterways. Tribune – special edition, maí 1999.

Línuhönnun, 2004. Sundabraut 1. áfangi. Mat á umhverfisáhrifum. Matsskýrsla. Unnið fyrir Vegagerðina og Reykjavíkurborg.

Línuhönnun, 2008. Sundabraut 1. áfangi. Sundagöng og Eyjalausn. Tillaga að matsáætlun. Unnið fyrir Vegagerðina og Reykjavíkurborg

Reykjavíkurborg, 2013. Aðalskipulag Reykjavíkur 2010-2030. A. Meginmarkmið og framtíðarsýn

Ríkisendurskoðun, 2006. Hvalfjarðargöngin og Sundabraut. Mat á kostum og göllum einkaframkvæmdar.

Statens Vegvesen, 2016. Vegtunneler. Håndbok N500

Vinnuhópur Sundabrautar, 1997. Sundabraut, Áfangaskýrsla 1 – Þverun Kleppsvíkur. Útdráttur. Vegagerðin og Borgarverkfræðingurinn í Reykjavík

Vinnuhópur Sundabrautar, 1998. Sundabraut, Áfangaskýrsla 2 – Tillögur vinnuhóps. Vegagerðin og Borgarverkfræðingurinn í Reykjavík.

Viðauki A

Tafla 3: Listi yfir botngöng fyrir umferð í Evrópu.

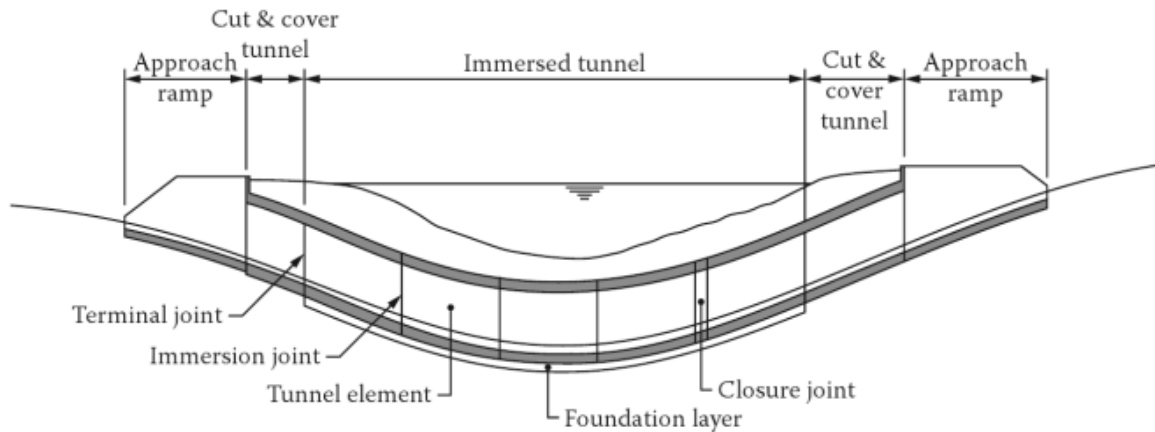
Göng	Land	Ár	Gerð
Kennedytunnel, Antwerp – Liggur undir ána Schelde	Belgía	1969	Bílaumferð
Rupeltunnel, Boom – Liggur undir ána Rupel og Brussel-Schelde kanalinn	Belgía	1982	Bílaumferð
Liefkenshoek Tunnel, Antwerp – Liggur undir ána Schelde	Belgía	1991	Bílaumferð
Conwy Tunnel, Conwy, Norður Wales – Liggur undir ána Conwy	Bretland	1991	Bílaumferð
Medway Tunnel, Kent, England – Liggur undir ána Medway	Bretland	1996	Bílaumferð
New Tyne Tunnel, Newcastle, England - Liggur undir ána Tyne	Bretland	2011	Bílaumferð
Limfjordstunnelen, milli Nørresundby og Álalborgar – Liggur undir Limfjord	Danmörk	1969	Bílaumferð
Guldborgsundtunnelen, milli Lolland og Falster – Liggur undir Gullborgsund	Danmörk	1988	Bílaumferð
Drodgen Channel, Eyrarsund milli Danmerkur og Svíþjóðar	Danmörk	2000	Bílaumferð og lest
Tunnel du Vieux-Port, Marseille – Liggur undir höfninni	Frakkland	1967	Bílaumferð
Paris metro, lína 4 - Liggur undir ána Signu	Frakkland	1976	Lest
Gamla höfnin, Bastia, Corsica – Liggur undir höfninni	Frakkland	1983	Bílaumferð
Marne áin, París	Frakkland	1989	Bílaumferð
Météor, París	Frakkland	1994	Lest
Aktion Tunnel, Aetolia-Acrnania – Liggur undir sundið milli Ambracial flóa og Jónahafs	Grikkland	2003	Bílaumferð
De Maastunnel, Rotterdam – Liggur undir ána Nieuwe Maas	Holland	1943	Bílaumferð, hjól/gangandi
De Erasmuslijn, Rotterdam – Hluti af metro kerfi Rotterdam	Holland	1966	Lest
De Eerste Coentunnel, Amsterdam – Liggur undir Nordzee kanalinn	Holland	1966	Bílaumferð
De Eerste Beneluxtunnel, Rotterdam – Liggur undir ána Nieuwe Maas	Holland	1967	Bílaumferð
De IJ-tunnel, Amsterdam – Liggur undir Nordzee kanalinn	Holland	1968	Bílaumferð
De Eerste Heinenoordtunnel, Barendrecht – Liggur undir ána Oude Maas	Holland	1969	Bílaumferð
De Vlaketunnel, Zuid-Beveland - Liggur undir kanalinn í Zuid-Beveland	Holland	1975	Bílaumferð
De Drechtunnel, Dordrecht – Liggur undir ána Oude Maas	Holland	1977	Bílaumferð
De Prinses Margrietunnel, Uitwellingerga – Liggur undir Prinses Margriet kanalinn	Holland	1978	Bílaumferð
De Kiltunnel, Dordrecht – Liggur undir ána Dortsche Kil	Holland	1978	Bílaumferð
De Hemtunnel, Amsterdam – Liggur undir Nordzee kanalinn	Holland	1980	Lest
De Botlektunnel, Rotterdam - Liggur undir ána Oude Maas	Holland	1980	Bílaumferð
De Caladlijn/De Coolhaven, Rotterdam – hluti af metrokerfi Rotterdam	Holland	1984	Lest
De Spijkenisser, Rotterdam – hluti af metrokerfi Rotterdam	Holland	1984	Lest
De Zeeburgertunnel, Amsterdam – Liggur undir vatnið IJ	Holland	1989	Bílaumferð
De Noordtunnel, IJsselmonde – Liggur undir ána Noord	Holland	1992	Bílaumferð
De Willemspoortunnel, Rotterdam – Liggur undir ána Nieuwe Maas	Holland	1994	Lest
Schipholspoortunnel, Amsterdam – Liggur undir Schipholflugvöllinn	Holland	1995	Lest
De Wijkertunnel, Velsen – Liggur undir Nordzee kanalinn	Holland	1996	Bílaumferð
De Piet Heintunnel, Amsterdam	Holland	1997	Bílaumferð og lest
De Tweede Beneluxtunnel, Rotterdam – Liggur undir ána Nieuwe Maas	Holland	2003	Bílaumferð, lest og hjól
De Burgemeester homassentunnel/Caland Tunnel, Rotterdam – Liggur undir Caland kanalinn	Holland	2004	Bílaumferð

Göng	Land	Ár	Gerð
Göngin undir Dordtsche Kil – hluti af Shiphol-Antwerp háhraðalestinni milli Hollands og Belgíu	Holland	2005	Lest
Göngin undir Oude Maas – hluti af Shiphol-Antwerp háhraðalestinni milli Hollands og Belgíu	Holland	2005	Lest
De Roertunnel, Roermond – Liggur undir ána Roer	Holland	2008	Bílaumferð
De Tweede Coentunnel, Amsterdam - Liggur undir Nordzee kanalinn	Holland	2013	Bílaumferð
Jack Lynch Tunnel, Cork – Liggur undir ána Lee	Írland	1999	Bílaumferð
Limerick Tunnel, Limerick – Liggur undir ána Shannon	Írland	2010	Bílaumferð
Björvikatunnelen, Oslo – Liggur undir höfnina í Osló	Noregur	2010	Bílaumferð
Kanonersky Tunnel, St Petersburg	Rússland	1975	Bílaumferð
Bilbao metro, Madríd	Spánn	1994	Lest
Liljeholmsviken, Stokkhómur	Svíþjóð	1964	Lest
Tingstadstunneln, Gautaborg – Liggur undir Göta älv	Svíþjóð	1968	Bílaumferð
Marieholmstunnel, Marieholm, Gautaborg – Liggur undir Göta älv	Svíþjóð	2016	Bílaumferð
Söderströmstunneln, Riddarfjärden, Stokkhólmur	Svíþjóð	2017	Lest
Vltava Tunnel, metró lína C í Prag, undir ána Vltava	Tékkland	2004	Lest
Marmary göngin, Istanbul – undir Bosphorus sund	Tyrkland	2008	Lest
Friedrichshage göngin, Berlín - undir ána Spree	Þýskaland	1927	Gangandi vegfarendur
Kanaltunnel Rendsburg, Rendsburg – Liggur undir Kiel kanalinn	Þýskaland	1961	Bílaumferð
Neuer Elbtunnel, Hamburg – Liggur undir ána Norderelbe	Þýskaland	1975	Bílaumferð
Emstunnel, Leer (Ostriesland) – Liggur undir ána Ems	Þýskaland	1989	Bílaumferð
Warnowtunnel, Rostock – Liggur í mynni árinnar Warnow	Þýskaland	2003	Bílaumferð

Viðauki B

Tæknileg atriði framkvæmdar

Botngöng samanstanda venjulega af forsmíðuðum einingum sem byggðar eru á landi og síðan fleytt á ákvörðunarstað þar sem þeim er sökk og komið fyrir í skurði sem grafinn er í botninn. Einingarnar eru svo tengdar saman með vatnspéttri tengingu. Botngöng sem hönnuð eru fyrir umferð samanstanda venjulega af þremur hlutum; sjálfum botngöngunum úr nokkrum einingum sem komið er fyrir undir vatnsyfirborði, „cut and cover“ göngum sem taka við sitthvoru megin og loks öpunum aðkomurömpum (Baber og Lunniss, 2013, kafli 1).



Mynd 20: Botngöng, langsnið (Baber og Lunniss, 2013).

Botnskurður og þurrkví

Dýpt botnskurðar nær rúmri hæð ganganna. Við val á leið skiptir miklu máli hvernig jarðlög á botni eru, framkvæmdin getur orðið mjög kostnaðarsöm ef fjarlægja þarf mikið magn klapparefnis á gangnastæðinu.

Algengt er að steypa einingarnar í einni eða fleiri þurrkvíum. Oftast er þeim komið fyrir í grennd við fyrirhuguð göng en þó eru til dæmi um að einingar séu fluttar lengri vegalengdir ef möguleiki er á að nota aðstöðu sem þegar er til staðar.

Vanalega eru útbúnar varanlegar þurrkvíar þar sem aðkomurampar eru fyrirhugaðir sitthvoru megin við enda ganganna sem geta þá einnig nýst til að steypa einingarnar. Kosturinn við þetta er að flutningsleið eininganna verður styttri, auk þess sem tími og kostnaður sparast þar sem þurrkvíin nýtist á tvennan hátt (Baber og Lunniss, 2013, kafli 13).

Þegar einingarnar eru tilbúnar er vatni dælt inn í þurrkvína og opnað fyrir til að hægt sé að fleyta einingunum út. Þegar um er að ræða styttri göng er mögulegt að steypa allar einingarnar í einu í kvínni en ef um lengri göng er að ræða þarf að nota hana oftast einu sinni. Þetta felur í sér að þegar búið er að fleyta út fyrsta hollu af einingum þá þarf að loka fyrir aftur, dæla út vatninu og gera svæðið klárt í næsta holl. Þetta krefst þess að sérstakt opnanlegt hlið sé til staðar að loka kvínni (Baber og Lunniss, 2013, kafli 14).



Mynd 21: Þurrkvíar fyrir Piet Hein göngin í Hollandi og New Tyne göngin í Englandi.

Einingar

Einingarnar eru oftast um 100-200 m að lengd. Þversnið eininga ráðast af áætluðum umferðarpunga og fjölda rýma sem ætlað er að rúma þann/þá fararmáta sem þeim er ætlað að þjóna.

Tvær aðferðir eru til við smíði eininga í steiptum botngöngum, annars vegar eru einingarnar steiptar í heilu lagi og hins vegar í minni hlutum. Fyrri aðferðin er eldri og einfaldari. Botninn er steiptur, því næst veggir og að lokum þakið. Í sumum tilvikum eru þó ytri veggir og þak steipt í einu lagi til að fækka samskeytum. Gera þarf ráðstafanir til að stjórna eða draga úr sprungumyndun á byggingartíma með því að lágmarka hitastigsmun á nýju steypunni og þeirri gömlu sem þegar er hörðnuð. Þessar ráðstafanir eru þó ekki nægjanlegar einar og sér og þarf því einnig ytri vatnspéttingu.

Hin aðferðin felst í því að steypa eininguna upp í nokkrum hlutum og tengja þá svo saman áður en einingunni er fleytt. Aðferðin var þróuð út frá þeirri gömlu til að komast hjá þörfinni á ytri vatnspéttingu. Í einingunum er aðaláhættan sú að möguleiki er á leka í gegnum rýrnunarsprungur í steypunni. Árið 1970 fóru Hollendingar að þróa þessa aðferð og komust að því að ef lengdin á þversniðinu væri takmörkuð í 20-25 metra væri hægt að steypa án myndun þessara sprungna.

Mikilvægt er að ákvarða stærð þversniðs ganganna og minnka í þeim loftrýmið eins og hægt er. Það er gert til þess að takmarka stærð einingarinnar, eftir því sem opna rýmið er meira því þyngri þurfa þær að vera á hvern fermetra til að sökkva. Til að hægt sé að koma einingunum á fyrirhugaðan stað þurfa þær að geta flotið. Því eru allar einingarnar útbúnar jafnvægiskerfi (ballest) til að hægt sé að fleyta þeim og síðan sökkva. Taka þarf tillit til nauðsynlegs rýmis fyrir umferð, vél- og rafbúnað, loftræstingu og flóttaleiðir. Mikilvægt er að ganga sem næst öllum kröfum um rými til að lágmarka loftrýmið í göngunum. Ef möguleiki er á að takmarka rými á einhvern hátt ber alltaf að taka það til skoðunar án þess þó að minnka öryggi.

Nútíma öryggiskröfur kveða á um aðskildar neyðarrásir í göngunum til að auðvelda fólki að komast örugglega út úr þeim í neyðartilfellum. Í eldri göngum var þetta gert með því að hafa brunadyr milli rása svo fólk gæti flúið á milli og er það enn viðurkennd aðferð í styttri göngum. Í dag er þó sérstakra flóttarása krafist í lengri göngum. Þær eru venjulega 1,2-1,5 m breiðar og til að skila árangri verða þær að vera greiðfærar. Loftþrýstingurinn í rásunum þarf að vera hærri en í göngunum sjálfum til að reykur og logar dragist ekki inn þegar dyr eru opnaðar (Baber og Lunniss, 2013, kafli 3-4).



Mynd 22: Flóttaleið í botngöngum og eining í smíðum.

Undirstaða

Jafnvægiskerfið (ballest) samanstendur af vatnstönkum með pípu- og dælukerfi til að fylla þá og tæma og stjórna þannig flotkrafti eininganna.

Botngöng er hægt að nota þar sem jarðvegsaðstæður eru óheppilegar fyrir hefðbundin jarðgöng líkt og í árfarvegum, árósum, eða þar sem pláss er takmarkað og þar sem djúpt er niður á fast berg. Mikilvægt er að einingunum sé komið vel fyrir í skurðinum á stöðugu undirlagi. Eftir að skurðurinn hefur verið grafinn er mikið um ójöfnur í yfirborðinu sem verða til þess að rétt lega næst ekki og getur þannig valdið óæskilegum álagsskilyrðum. Til að leiðrétta þetta er jöfnunarlagi komið fyrir í botni skurðarins til að ná sléttu yfirborði. Til eru tvær grundvallaraðferðir við lagningu þessa lags.

Við þá fyrri er einingunum komið fyrir á tímabundnum undirstöðum og rýmið undir þeim svo fyllt af sandi. Þetta er gert annað hvort með því að dæla meðfram hliðum eininganna eða í gegnum sérstakar pípur í botni ganganna sem dreifa sandinum út um nokkur göt á botninum. Báðar leiðir eru viðurkenndar í dag þó meira sé farið að nota þá síðarnefndu þar sem hún er nákvæmari.

Hin aðferðin felst í því að undirlagið er lagt á botninn fyrir hverja einingu fyrir sig áður en henni er sökk. Einingin er svo látin síga ofan á lagið. Við þessa aðferð er venjulega notaður grófari jarðvegur, líkt og möl. Grófara undirlag hentar vel á svæðum þar sem hætta er á jarðhreyfingum. Þar sem þörf er á frekari styrkingu jarðvegs er hægt að nota til dæmis burðarstólpa og/eða jarðvegsskipta botninum undir einingunum. (Baber og Lunniss, 2013, kafli 12).

Flutningur og samsetning

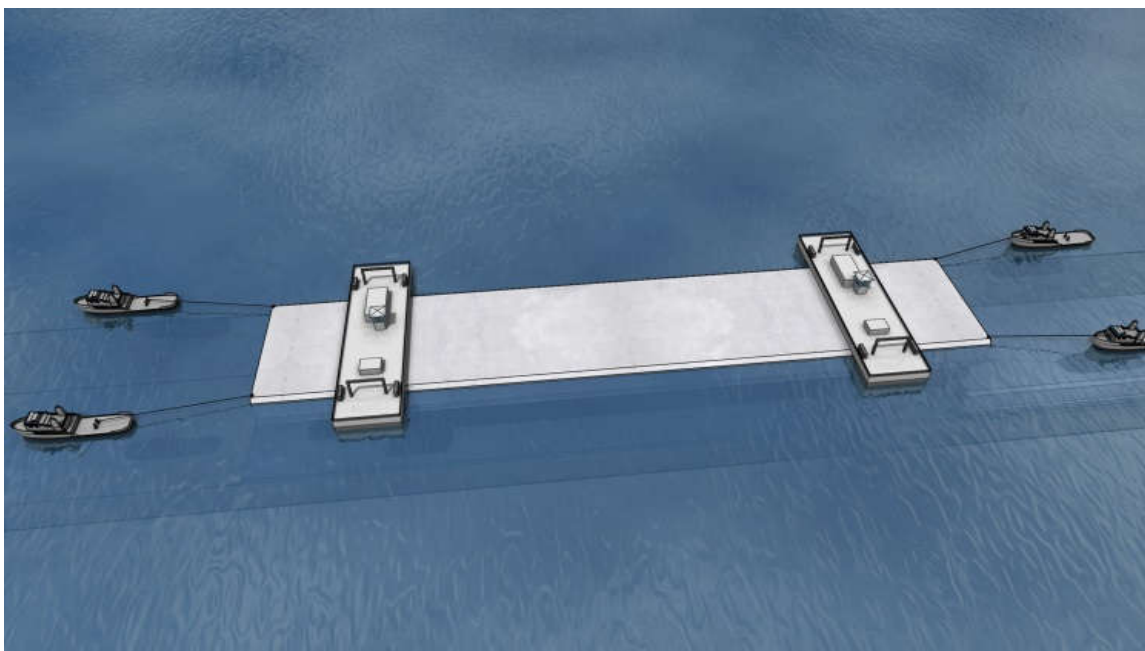
Þegar búið er að steypa einingarnar er þeim lokað með stálþiljum sem halda þeim þurrum að innan svo þær fljóti. Á öðrum enda eininganna er einnig komið fyrir gúmmíþétti sem gegnir mikilvægu hlutverki við að vatnspétta göngin á samskeytunum.

Jafnvægiskerfið (ballest) samanstendur af vatnstönkum með pípu- og dælukerfi til að fylla þá og tæma og stjórna þannig flotkrafti eininganna.



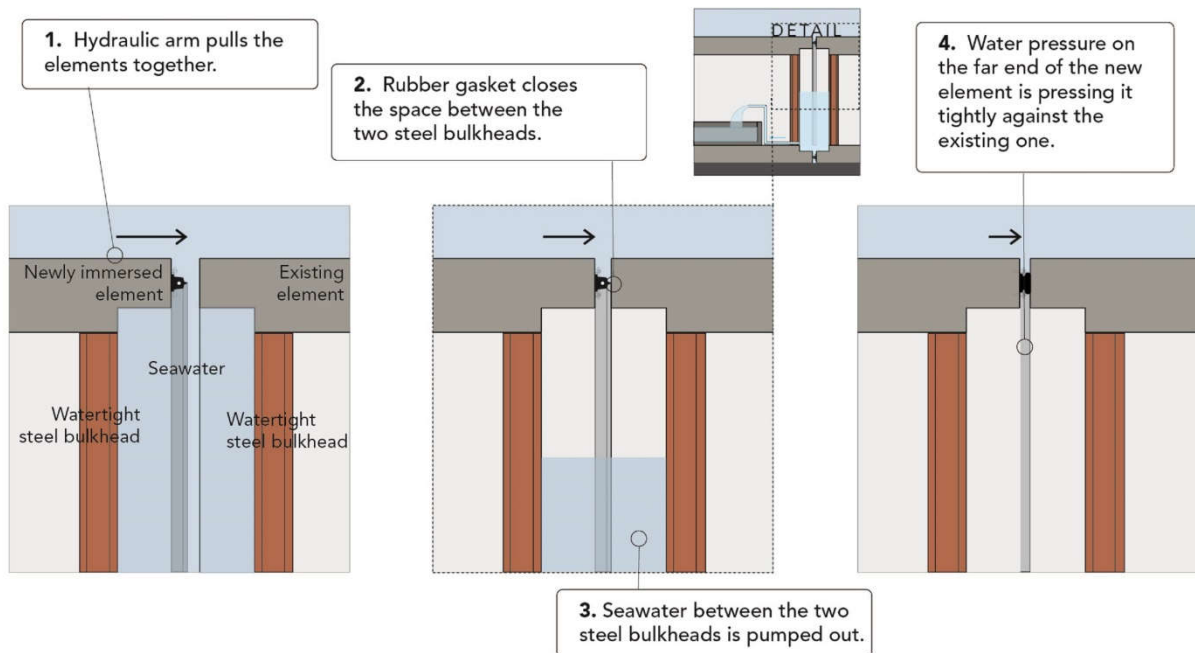
Mynd 23: Tilbúin eining með stálpiljum og gúmmípétti.

Þegar einingarnar eru tilbúnar er þurrkvíin fyllt af vatni og einingunum fleytt út að staðnum þar sem þeim er sökkt. Til að fleyta einingu eru venjulega kaplar festir við hana og hún tekin í tog. Ef um er að ræða styttri vegalengdir er mögulegt að stýra einingunni með spilum frá landi. Til að hafa góða stjórn á einingunum við flutningana er þeim komið fyrir á milli tveggja flotholta. Þegar einingin er komin á staðinn þar sem á að sökkva henni eru flotholtin fest við botninn og ballesttankarnir eru þá fylltir til að gefa einingunni þyngd til að sökkva henni. Á leiðinni niður á botn er einingunni stjórnað með flotholtunum sem aftur er stýrt með botnfestum.



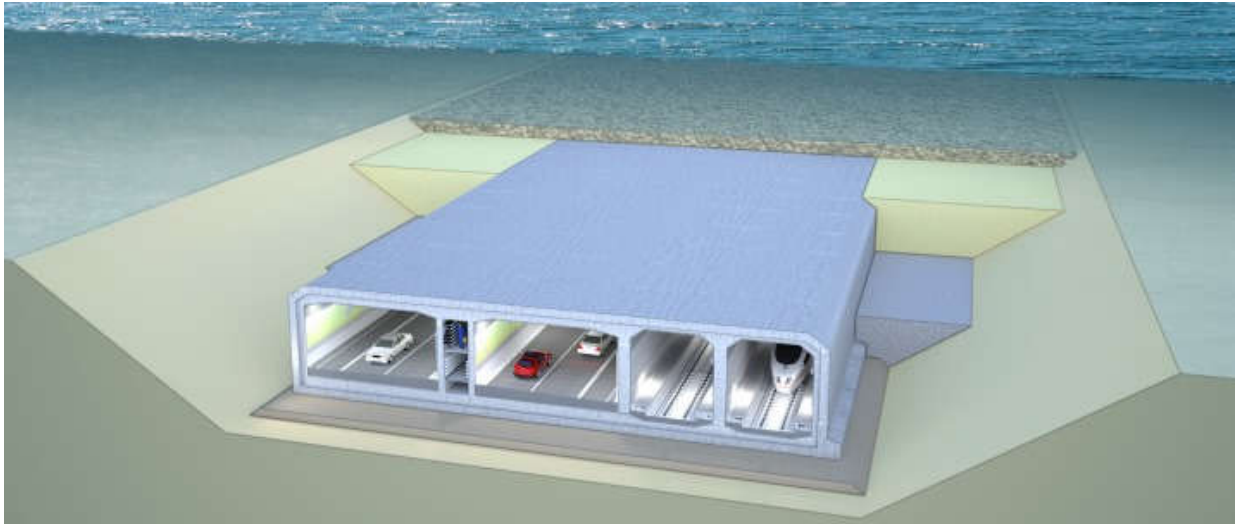
Mynd 24: Flutningur á einingu með dráttarbátum.

Þegar einingunni hefur verið komið fyrir í skurðinum er hún dregin upp að þeirri sem þegar er búið að koma fyrir, þar til gúmmípéttirinn lokar bilinu á milli þeirra. Þetta veldur því að vatnspétt rými myndast milli stálþilanna. Vatninu er dælt út úr rýminu og þrýstingur jafnaður við andrúmsloftsþrýsting. Við það myndast mikill þrýstingsmunur á milli enda nýju og eldri einingarinnar sem veldur því að mikill kraftur myndast á lausa enda einingarinnar og þrýstir henni upp að þeirri eldri. Gúmmípéttirinn gerir það að verkum að hægt er að þrýsta þeim þétt saman. Undirþrýstingur (vacum) myndast, sem dugur til að draga seinni eininguna að þeirri fyrri og mynda það þetta samsetningu að óhætt er að senda starfsmenn niður um mannop til að ganga frá endalegri þéttingu innanfrá.



Mynd 25: Skýringarmynd á því hvernig einingunum er þrýst saman.

Göngin er því næst tryggð í skurðinum með fyllingum til hliðanna. Fyllingin er í raun tvískipt. Fyrri hluti hennar nær upp í hálfu hæð ganganna. Tilgangur hennar er að gefa einingunum grunnstöðugleika með því að læsa þær fastar á sínum stað og koma þannig í veg fyrir lárétta hreyfingu. Seinni hluti fyllingarinnar fyllir upp í það sem eftir er af skurðinum og tryggir einingarnar endanlega á sínum stað. Að lokum eru göngin hulin með 1-2 metra þykku varnarlagi úr grjóti sem ver göngin fyrir akkerum og öðrum árekstrum. Efri brún lagsins er í línu við sjávarbotninn.



Mynd 26: Fylling og vörn fyrir botngöng.

Þegar búið er að ganga frá fyllingunni og einingin föst á sínum stað er hægt að hefja skipti á jafnvægiskerfi (ballest). Vatninu sem veitti einingunni tímabundna ballest er skipt út fyrir varanlega ballest en í steiptum göngum er venjulega notast við steypu sem komið er fyrir í botni ganganna. Þegar þessu er lokið er hægt að hefja frágang að innan. Samskeyti eru þétt og lagning malbiks eða lestarteina getur hafist (Baber og Lunniss, 2013, k. 4, 12-14).



Mynd 27: Aðkoma að botngöngum.