



MANNVIT
VERKFRÆDISTOFA

Almenningssamgöngur Hraðvagnakerfi

Rannsóknarsjóður Vegagerðarinnar

Mars 2012





MANNVIT

VERKFRÆÐISTOFA

Grensásvegur 1

108 Reykjavík

Sími: 422 3000

Fax: 422 3001

@: mannvit@mannvit.is

www.mannvit.is

Mannvit Verkfræðistofa

Efnisyfirlit

Samantekt	2
1. Inngangur.....	3
2. Skýringar.....	4
3. Bakgrunnur	5
3.1 Skilgreining hraðvagnakerfis	5
3.2 Dæmi um hraðvagnakerfi	8
3.2.1 Eugene (Bandaríkin).....	9
3.2.2 Almere (Holland).....	9
3.2.3 Rouen (Frakkland).....	10
3.2.4 Swansea (Wales).....	11
3.2.5 Mérida (Venezuela).....	11
4. Uppbygging hraðvagnakerfis.....	13
4.1 Þættir hraðvagnakerfis.....	13
4.2 Kostnaður hraðvagnakerfis.....	14
4.2.1 Erlendar reynslutölur.....	14
4.2.2 Stofnkostnaður hraðvagnakerfis á höfuðborgarsvæðinu.....	17
4.3 Ávinningur hraðvagnakerfis.....	20
4.4 Samanburður almenningssamgöngukerfa.....	23
4.4.1 Kostnaður.....	23
4.4.2 Öryggi.....	24
4.4.3 Ferðatími.....	25
4.4.4 Ímynd	26
4.5 Borgarskipulag (TOD)	27
4.6 Skipulag hraðvagnakerfa.....	29
5. Ráðleggingar um næstu skref	31
6. Heimildaskrá	32

Samantekt

Hraðvagnakerfi (*e. Bus Rapid Transit*) er samþætt kerfi innviða, þjónustu og þæginda sem saman bætta hraða, áreiðanleika og yfirbragð strætisvagna [TCRP 2003]. Eiginleikar hraðvagnakerfa eru blanda af eiginleikum strætisvagnakerfa og lestarkerfa og þar sem mest er lagt í hraðvagnakerfi eru þau eins konar léttlestarkerfi á gúmmihjólum. Fjöldi rannsókna sýnir betri frammistöðu hraðvagnakerfa en léttlestarkerfa þrátt fyrir minni kostnað. Samanborið við hefðbundin strætisvagnakerfi þá sýna reynslutölur frá Bandaríkjunum að ferðatími er um 25-50% styttri. Þótt rannsóknir hafi sýnt að lestarkerfi laði að sér fleiri notendur en hefðbundin strætisvagnakerfi er til takmarkað magn af upplýsingum um samanburð lestarkerfa og hraðvagnakerfa í þessum efnum. Þær rannsóknir sem fyrirfinnast benda hins vegar til að hraðvagnakerfi geti laðað að sér svipaðan fjölda notenda og léttlestarkerfi, ef eiginleikar þjónustunnar eru sambærilegir [FTA 2009].

Mörg dæmi eru um hraðvagnakerfi í borgum af sömu stærðargráðu og höfuðborgarsvæðið. Meginmarkmið þessa verkefnis er að kynna hraðvagnakerfi sem valkost í almenningssamgöngum og áætla kostnað fyrsta áfanga í uppbyggingu hraðvagnakerfis á höfuðborgarsvæðinu. Meginniðurstaðan er sú að stofnkostnaður hraðvagnaleiðar er um helmingur þess sem það kostar að koma upp léttlest á sambærilegri leið á milli sömu áfangastaða. Miðað við gefnar forsendur er áætlað að stofnkostnaður 11,4 km langrar hraðvagnaleiðar milli almenningssamgöngumiðstöðvar í Vatnsmýri (BSÍ) og verslunarmiðstöðvarinnar Fjarðar í Hafnarfirði sé á bilinu 6.000 til 7.000 milljónir kr. Inni í þeirri áætlun eru sérreinar og aðrar forgangsaðgerðir, biðstöðvar og vagnar.

Í samræmi við reynslu í erlendum borgum eru allar líkur á að vandlega skipulagt og vel útfært hraðvagnakerfi, sem að hluta kemur í staðinn fyrir núverandi strætisvagnakerfi á höfuðborgarsvæðinu, muni skila umtalsverðri aukningu í farþegafjölda og tilheyrandi samdrætti í vexti umferðar einkabíla. Sem dæmi má nefna að við opnun fyrstu hraðvagnaleiðar Eugene borgar í Bandaríkjunum árið 2007 var farþegafjöldinn nánast sá sami og núverandi farþegafjöldi leiðar 1 í leiðakerfi Strætó bs, að meðaltali um 4.000 farþegar á dag. Tæplega fimm árum síðar hafði farþegafjöldinn meira en tvöfaldast og var í október 2011 kominn í 9.500 farþega/dag [LTD 2011].

Að mati skýrsluhöfunda er hraðvagnakerfi eðlilegt og skynsamlegt millistig milli hefðbundins strætisvagnakerfis og léttlestarkerfis við uppbyggingu almenningssamgangna á höfuðborgarsvæðinu til framtíðar. Hraðvagnakerfi er mun ódýrari lausn sem myndar ákveðinn grunn að léttlestarkerfi og hægt er að skipta út í áföngum fyrir léttlestarkerfi þegar farþegafjöldi og aðstæður krefjast þess í framtíðinni. Fjárfesting í hraðvagnakerfi getur auðveldlega nýst áfram þegar kemur að uppbyggingu léttlestarkerfis. Það býður upp á sveigjanleika þannig að auðvelt er að aðlaga leiðaval breyttum aðstæðum, samanborið við léttlestarkerfi þar sem leiðavali er ekki breytt nema með miklum tilkostnaði, en í sama mund þarf hraðvagnakerfi að vera aðlaðandi og með tíðar ferðir líkt og léttlestarkerfi.

Í leiðarvísi Evrópusambandsins frá 2009 um uppbyggingu hágæða almenningssamgangna fyrir litlar og millistórar borgir er eftirfarandi ráðlegging sett fram: *Hugsa lest, nota strætó* [PROCEED 2009].

1. Inngangur

Almenningssamgöngur á höfuðborgarsvæðinu hafa stöðugt verið í umræðunni síðustu ár en í kjölfar hrunsins og hækkana á eldsneytisverði hefur umræðan verið meira áberandi en áður.

Í samstarfsyfirlýsingu ríkisstjórnar Samfylkingar og Vinstri-grænna er áhersla lögð á að stórefla almenningssamgöngur og að almenningssamgöngur verði sjálfsagður hluti samgönguáætlunar. Í tillögu til þingsályktunar um samgönguáætlun fyrir árin 2011-2022 kemur fram að ráðast á í 10 ára tilraunaverkefni um eflingu almenningssamgangna á höfuðborgarsvæðinu og áhrifasvæði þess með árlegu rekstrarframlagi upp á 1 milljarð króna frá ríkinu. Meginmarkmið tilraunaverkefnisins er að a.m.k. tvöfalda hlutdeild almenningssamgangna í öllum ferðum sem farnar eru innan svæðisins. Í tillögu að samgönguáætlun segir jafnframt að áfram verði unnið að uppbyggingu sérreina fyrir almenningssamgöngur og öðrum forgangsáðgerðum í umferðinni á höfuðborgarsvæðinu, t.d. á umferðarljósum. Í þingsályktunartillögunni eru settar fram tillögur að grunneti almenningssamgangna sem sagt er að geti orðið grunnur að hraðvagnaleiðum [IRR 2011].

Á rannsóknarráðstefnu Vegagerðarinnar 2010 voru þrjú erindi sem tengdust hraðvagnakerfi (e. *Bus Rapid Transit* eða *BRT*) á einn eða annan hátt. *Sérakreinar strætisvagna á höfuðborgarsvæðinu* var heiti verkefnis sem unnið var af Almennu verkfræðistofunni. Þar var fjallað um stöðu samgöngumála á höfuðborgarsvæðinu og settar fram tillögur að lausnum á þeim umferðarvandamálum sem við stöndum frammi fyrir [Almenna 2010]. Arkitektarnir Hildigunnur og Harpa kynntu þar verkefni sitt sem bar heitið *Skipulag á höfuðborgarsvæðinu, sjálfbær þróun í samgöngum*. Þar segir m.a. að ferðatími og áreiðanleiki vegi þyngst þegar kemur að vali á ferðamáta [Harpa 2010]. Í verkefninu *Aðreinar og fráreinar – slysatíðni*, unnið af Mannviti verkfræðistofu, voru sérreinar fyrir almenningssamgöngur skoðaðar með hliðsjón af slysatíðni [Mannvit 2010].

Rannsóknaráherslur Vegagerðarinnar árið 2011 voru flokkaðar eftir mikilvægi og í ljósi ofangreindra málsgreina kemur ekki á óvart að almenningssamgöngur voru flokkaðar sem „mjög mikilvægt“ umfjöllunarefni.

Þetta verkefni var unnið fyrir Vegagerðina og var styrkt af rannsóknarsjóði hennar. Viðfangsefnið er hraðvagnakerfi á höfuðborgarsvæðinu. Skýrsluhöfundar eru Grétar Þór Ævarsson og Þorsteinn R. Hermannsson umferðarverkfræðingar hjá Mannviti. Í vinnuferlinu var fundað með fulltrúum Strætó bs., þeim Einari Kristjánssyni og Smára Ólafssyni til að fá þeirra sýn á hugmyndir um hraðvagnakerfi.

Í þriðja kafla skýrslunnar eru settar fram skilgreiningar á hraðvagnakerfum og dæmi tekin um hraðvagnakerfi í borgum sem eru af sambærilegri stærð og höfuðborgarsvæðið. Í fjórða kafla er sagt frá uppbyggingu hraðvagnakerfis, ávinningi, samanburði við önnur almenningssamgöngukerfi og settar fram ráðleggingar um áherslur í skipulagi byggðar sem stuðla að aukinni notkun almenningssamgangna. Í lokakaflanum eru tilgreindar ráðleggingar skýrsluhöfunda um næstu skref.

Við mat á kostnaði var miðað við gengi gjaldmiðla haustið 2011.

2. Skýringar

Hér að neðan eru skýringar á nokkrum hugtökum eins og þau eru notuð í þessari skýrslu. Mögulega mætti nota einhver hugtök á annan máta við aðrar aðstæður.

Hraðvagnakerfi	Hraðvagnakerfi (<i>e. Bus Rapid Transit, BRT</i> eða <i>Busway</i>) er nokkurs konar milli-stig milli hefðbundinna strætisvagnakerfa og lestarkerfa, hefur stundum verið lýst sem léttlest á gúmmihjólum. Kerfi sem gjarnan eru með sérstökum strætisvögnum sem ná háum meðalhraða, afköstum og tíðni, sérreinum fyrir vagnanna og vönduðum biðstöðvum.
A-forgangur	Alger aðskilnaður leiðar (t.d. hraðvagna) og annarrar umferðar. (<i>e. Right of way A</i> eða <i>ROW A</i>). Leið getur verið staðsett undir, yfir eða í sama plani og önnur umferð ökutækja og er óháð þverun/gatnamótum annarrar umferðar.
B-forgangur	Aðskilnaður leiðar og annarrar umferðar ökutækja er langsum með kantsteini, vegriði, landslagi eða sambærilegu (<i>e. Right of way B</i> eða <i>ROW B</i>). Þverun annarrar umferðar á sér stað í sama plani.
C-forgangur	Enginn aðskilnaður leiðar og annarrar umferðar og því um blandaða umferð að ræða (<i>e. Right of way C</i> eða <i>ROW C</i>). Hefðbundnar sérreinar flokkast undir C-forgang.
ITS	Upplýsingatækni í samgöngum (<i>e. Intelligent Transportation System</i> eða <i>ITS</i>) sem miðar að því að nota nýjungar í tölvutækni og samskiptakerfum til að flytja fólk og varning.
Léttlestarkerfi	Rafdrifið lestarkerfi (rafmagnsvírar ofan teina) innan borgarmarka með lægri afkastagetu og hraða en almenn jarðlestarkerfi, en hærri afkastagetu og hraða en hefðbundin sporvagnakerfi. Yfirleitt innan um aðra umferð og með aðskilnaði á köflum.

3. Bakgrunnur

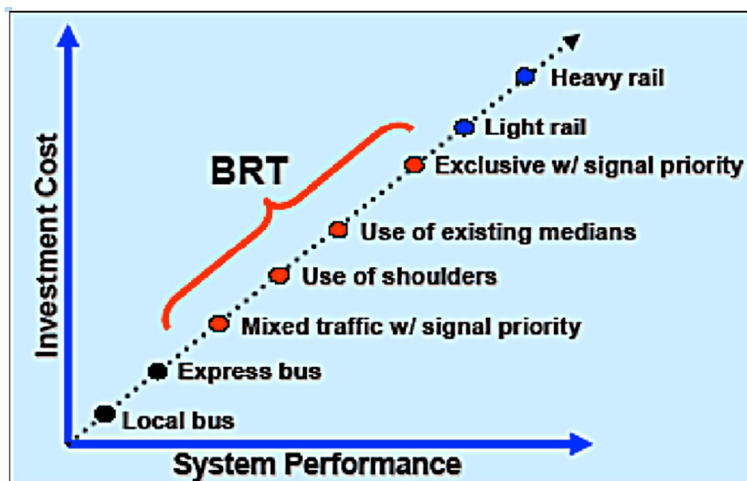
Í þessum kafla er hraðvagnakerfum lýst þannig að lesendur átti sig á hugtakinu, viti hvað er innifalið í slíkum kerfum og hvernig þau virka. Hraðvagnakerfi eru skilgreind og dæmi tekin um kerfi í notkun víðs vegar um heiminn.

3.1 Skilgreining hraðavagnakerfis

Hraðvagnakerfi er samþætt kerfi innviða, þjónustu og þæginda sem saman bæta hraða, áreiðanleika og yfirbragð strætisvagna [TCRP 2003]. Eiginleikar hraðvagnakerfa eru blanda af eiginleikum strætisvagnakerfa og lestarkerfa og þar sem mest er lagt í hraðvagnakerfi eru þau eins konar léttlestarkerfi á gúmmihjólum. Fjöldi rannsókna sýnir betri frammistöðu hraðvagnakerfa en léttlestarkerfa þrátt fyrir minni kostnað [FTA 2009a].

Hraðvagnakerfi eru uppbyggð af mörgum grunnþáttum og mismunandi er milli kerfa hversu mikið er í þau lagt og hversu langt er gengið í að veita þjónustu sem er hraðskreið og laðar að farþega. Erfitt er að greina hvar mörkin á milli hraðvagnakerfa og hefðbundinna strætisvagnakerfa liggja, sérstaklega þar sem bæði kerfi geta nýtt sér sambærilega eiginleika (forgangur á umferðarljósum, sérreinar, rauntíma ferðaupplýsingar, vagna með lágu gólfi o.þ.h.). Hinn mikli fjölbreytileiki á grunnþáttum hraðvagnakerfanna og samsetning þeirra gerir það að verkum að engin tvö kerfi eru eins og erfitt er að greina hvenær hraðvagnakerfi flokkast sem slíkt. Að mati skýrsluhöfunda er hraðvagnakerfi eðlilegt og skynsamlegt millistig milli hefðbundins strætisvagnakerfis og léttlestarkerfis við uppbyggingu almenningsamgangna á höfuðborgarsvæðinu. Hraðvagnakerfi er mun ódýrari lausn sem myndar ákveðinn grunn að léttlestarkerfi og hægt er að skipta út fyrir léttlestarkerfi þegar farþegafjöldi og aðstæður krefjast þess í framtíðinni. Fjárfesting í hraðvagnakerfi getur nýst áfram þegar kemur að uppbyggingu léttlestarkerfis. Það býður upp á sveigjanleika þannig að auðvelt er að aðlaga leiðaval breyttum aðstæðum, samanborið við léttlestarkerfi þar sem leiðavali er ekki breytt nema með miklum tilkostnaði, en í sama mund þarf hraðvagnakerfið að vera aðlaðandi og með tíðar ferðir líkt og léttlestarkerfi.

Heimildum ber ekki saman um eiginlega skilgreiningu hraðvagnakerfis. Annars vegar telur Vuchic mikilvægt að hraðvagnakerfi séu vel skilgreind til að koma í veg fyrir misnotkun á hugtakinu, þ.e. að öll venjuleg strætisvagnakerfi sem nota sérreinar að hluta til geti kallast hraðvagnakerfi [Vuchic 2007]. Hins vegar í rannsókn Federal Transit Administration (FTA) í Bandaríkjunum er hraðvagnakerfi notað sem hugtak yfir breitt svið almenningsamgöngukerfa [FTA 2009a].



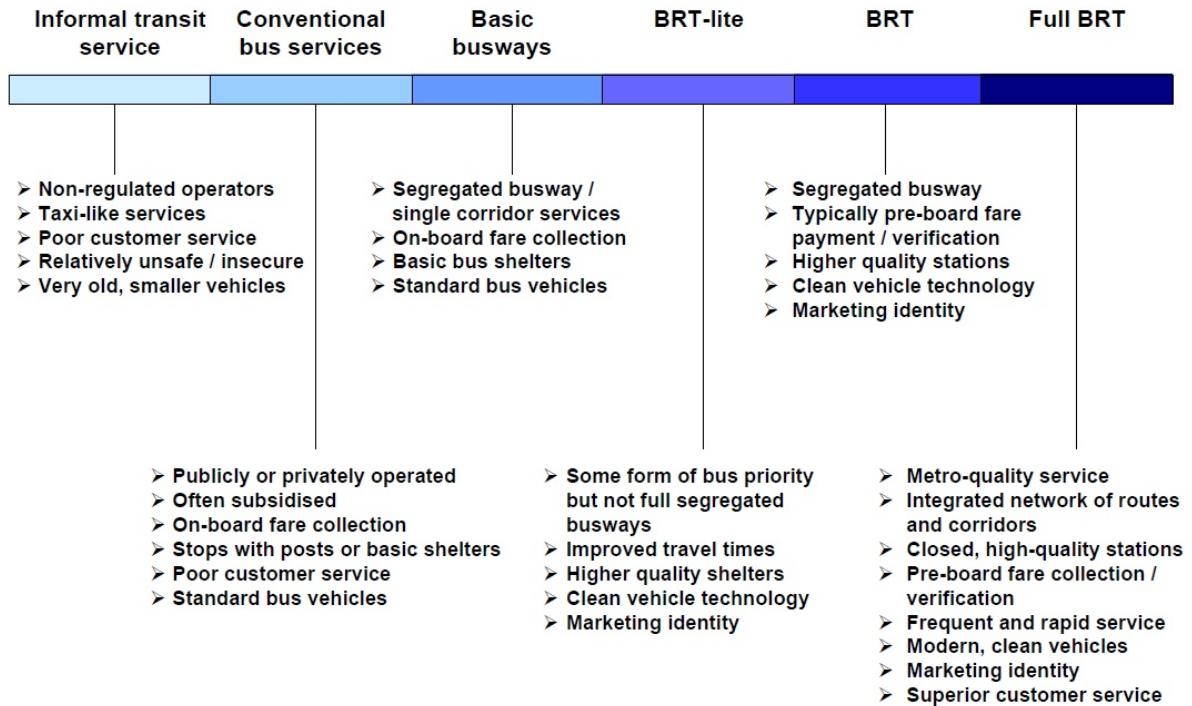
Mynd 1 – Útskýring á hugtakinu hraðvagnakerfi [FTA 2009a]

Mynd 1 sýnir hvernig FTA skilgreinir fjóra gæðaflokka hraðvagnakerfa og samanstanda hraðvagnakerfi í lægsta gæðaflokki af akstri í blandaðri umferð (C-forgangur) og ódýrum tæknilausnum sem eru notaðar til að auka meðalhraða og áreiðanleika. Þessar tæknilausnir eru t.d. forgangur og/eða forskotsrein á ljósaþyrðum gatnamótum, tímaáætlun háð bili milli vagna frekar en föstum tímasetningum (e. *headway-based schedule*) og biðstöðvar handan gatnamóta (e. *far-side stops*) [FTA 2009a].

Hraðvagnakerfi í næsta gæðaflokki hafa sömu eiginlega og lægsti gæðaflokkur og að auki sérstaka akrein eða sérrein (B- eða C-forgangur) til afnota sem nýtist best á álagstímum. Ódýrast er að breyta núverandi akreinum fyrir almenna umferð í sérreinar.

Í hraðvagnakerfi í næst hæsta gæðaflokki ferðast vagnar um á sérreinum næst miðeyjum, annað hvort með aðskilnaði eða ekki (B- eða C-forgangur). Þetta fyrirkomulag lágmarkar áhrif vegna hliðargatna, bílastæða eða beygjuakreina og bætir því frammistöðu kerfisins.

Hraðvagnakerfi í hæsta gæðaflokki eru aðskilin annarri umferð (A- eða B-forgangur). Þótt A-forgangur sé æskilegastur er mjög erfitt að uppfylla kröfur um aðskilnað á gatnamótum þar sem þverun hraðvagna er mislæg og óháð annarri umferð (t.d. undirgöng eða upphækkuð akbraut). Kerfið verður þó að vera hannað til að lágmarka fjölda gatnamóta í plani með annarri umferð. Skilgreining Vuchic lýsir í raun hraðvagnakerfi í þessum hæsta gæðaflokki [Vuchic 2007].



Mynd 2 – Almenningsvagnar á dekkjum spanna stórt svið [ITDP 2007]

Mynd 2 sýnir mismunandi tegundir almenningssamgöngukerfa (á dekkjum). Þar sést hvernig ódýr hraðvagnakerfi (e. *BRT-lite*) eru að hluta til á aðskildum sérreinum (B-forgangur) en hærri stig hraðvagnakerfa eru með fullum aðskilnaði (A-forgangur).

Helstu eiginleikar hraðvagnakerfa eru:

- Hraðvagnakerfi eru sveigjanleg og geta ekið bæði á sérreinum og í blandaðri umferð. Þar sem nauðsynlegt er að tryggja hraða vagna og ekki er rými fyrir sérreinar á yfirborði eru dæmi um að byggð hafi verið göng fyrir hraðvagna, t.d. undir miðbæjarkjarna með biðstöðvum neðanjarðar.
- Skjólgóðar og upphækkaðar biðstöðvar þ.a. gólf stöðvar og vagns eru í sömu hæð og farþegar þurfa ekki að stíga upp eða niður á leið sinni í eða úr vögnum. Á biðstöðvum eru skilti með rauntímaupplýsingum um komutíma vagna og sjálfsalar fyrir fargjaldasölu. Farþegar greiða því fyrir ferð sína á biðstöðinni áður en gengið er um borð í vagninn. Eftirlitsaðilar sem flakka á milli vagna kanna reglulega hvort farþegar hafi greitt fyrir farið og sekta þá sem reyna að komast hjá því.
- Hraðvagnar eru gjarnan með lágu gólfi og að innan líkjast þeir meira lestum en strætisvögnum. Farþegar hafa þegar greitt fyrir farið á biðstöðinni og geta því gengið um borð um dyr bæði að framan og aftan. Þar með er sá tími sem vagninn er kyrrstæður lágmarkaður. Um borð eru breytileg upplýsingaskilti sem sýna nafn næstu biðstöðvar og greinargóðar upplýsingar um leiðakerfi. Nafn næstu biðstöðvar og möguleg skipti yfir í aðra vagna eru tilkynnt í hátalakerfi.
- Hraðvagnarnir sjálfir ganga gjarnan fyrir blöndu orkugjafa (e. *hybrid*), rafmagni eða öðrum vistvænum orkugjöfum. Sumir vagnar eru búnir fjarlægðarskynjurum og tækni sem gerir þeim kleift að leggja þétt upp að palli á biðstöðvum líkt og lest á spori. Um borð er nýjasta tækni til samskipta við umferðarljós til að kalla eftir forgangi eða lengingu á grænum tíma.

Að mati skýrsluhöfunda þarf hraðvagnakerfi að búa yfir eftirfarandi eiginleikum:

- Auðkenni (e. *Branding Elements*) – Allir þættir hraðvagnakerfis, a.m.k. vagnar og biðstöðvar þurfa að sameinast undir einu auðkenni eða vörumerki sem almenningur þekkir og getur gengið að vísu.
- Leiðir með tíðum og reglulegum ferðum og áreiðanlegri þjónustu.
- Auðkennandi biðstöðvar sem veita gott skjól, skýrar ferðaupplýsingar í rauntíma og eru með búnað fyrir fargjaldatöku (e. *off-board fare collection*), allt á upphækkuðum „brautarpalli“.
- Ekki of stutt bil milli biðstöðva (að lágmarki 300-600 m í miðborginni en lengra utan hennar) til að halda uppi meðalhraða.
- Auðkennandi vagnar með inn- og útgöngum að framan og aftan, lágu gólfi (í sömu hæð og biðstöð), breytilegum upplýsingaskiltum og tilkynningakerfi.
- Forgangur á öllum helstu gatnamótum með sérreinum og/eða samskiptum við umferðarljós. Ef vagn lendir á rauðu ljósi þá eru aðrir fasar styttir svo fasinn fyrir vagninn komi fyrr upp. Ef vagn nálgast á grænu ljósu og hætta er á að hann lendi á rauðu þá er græni tíminn lengdur.
- Notkun upplýsingatækni (ITS) til að fylgjast með staðsetningu og komutíma vagna, veita ferðaupplýsingar og við fargjaldatöku.

3.2 Dæmi um hraðvagnakerfi

Hraðvagnakerfi finnast í öllum heimsálfum að Suðurheimskautinu undanskildu. Eitt stærsta kerfið má finna í Bogotá í Kolumbíu en þar hefur farþega fjöldinn farið upp í 40.000 farþega/klst. Dæmi um hraðvagnakerfi í borgum af svipaðri stærðargráðu og höfuðborgarsvæðið eru í Eugene í Bandaríkjunum, Almere í Hollandi, Rouen í Frakklandi, Swansea í Wales og Mérida í Venezuela.

3.2.1 Eugene (Bandaríkin)



Mynd 3 – Emerald Express hraðvagnakerfið í Eugene, Bandaríkjunum [FTA 2009b]

Í Oregon fylki Bandaríkjanna er borgin Eugene (150.000 íbúar) með *Emerald Express (EmX)* hraðvagnakerfið, sem opnaði í janúar 2007. Upphaflega opnaði ein 6,5 km löng akstursleið með tíu biðstöðvum og hún leysti af hólmi hefðbundna strætisvagnaleið með átján biðstöðvum. Í janúar 2011 lengdist hraðvagnakerfið um 12,5 km með tilkomu nýrrar hraðvagnaleiðar. Kerfið samanstendur af sex hraðvögnum með liðamótum (19 m að lengd) og hurð á báðum hliðum (pláss fyrir 39 manns í sæti og 50-60 manns standandi). Á virkum dögum aka vagnarnir frá 05:00 til 23:00 en skemur um helgar. Á morgnana og yfir daginn koma vagnar á tíu mínútna fresti en á tuttugu mínútna fresti um helgar. Heildarkostnaður fyrri leiðarinnar var um 25 milljón dollara (12 milljónir fyrir framkvæmd og 6 milljónir fyrir hönnun), eða um 470 milljón kr/km. Heildarlengd kerfis í dag er um 20 km með 24 biðstöðvum [GoBRT 2011 og Wiki 2011a].

Á fyrsta mánuðinum voru um 4.000 farþegar/dag að meðaltali sem notuðu nýju leiðina og fjórtán mánuðum síðar var farþegafjöldinn kominn í 5.400 farþega/dag að meðaltali [FTA 2009b]. Í október 2011 var farþegafjöldinn orðinn um 9.500 farþegar/dag [LTD 2011]. Til samanburðar var fjölmennasta einstaka leiðin í leiðakerfi Strætó bs. að meðaltali með um 4.140 farþega/dag (eða 5.139 farþega á hverjum virkum degi) skv. nýjustu talningum í október 2011 [Strætó 2011].

3.2.2 Almere (Holland)

Hollandingar eru framarlega í samgöngumálum og í borginni Almera (186 000 íbúar) er *MAXX* hraðvagnakerfið. Heildarlengd allra sérreina er 105 km sem jafngildir u.þ.b. 53 km af heildarneti ef hver leið samanstendur af tveimur akreinum. Sérreinar eru eingöngu fyrir hraðvagna og þær liggja annað hvort samsíða öðrum götum eða í sérstöku göturými. Hraðvagnar hafa forgang á öllum gatna-

mótum og 90% bygginga í borginni eru innan við 400 m frá næstu biðstöð, sem eru samtals 52 talsins.



Mynd 4 – MAXX hraðvagnakerfið í Almere, Hollandi [Ljósmynd: Google Maps]

MAXX hraðvagnakerfið opnaði 4. janúar 2004 og á fyrsta ársfjórðungi voru notendur kerfisins um 55.000 farþegar/dag að meðaltali, eða um 300 farþegar per 1000 íbúa [Frans 2012]. Til samanburðar leiddi farþegatalning Strætó bs. í október 2011 í ljós að um 30.000 farþegar nota kerfið á hverjum degi [Strætó 2012], sem jafngildir um 150 farþegum per 1000 íbúa höfuðborgarsvæðisins.

3.2.3 Rouen (Frakkland)

Hraðvagnakerfið í Rouen í Frakklandi heitir *TEOR* og er heildarlengd kerfis um 38 km, þar af um 15 km á aðgreindum akreinum. Biðstöðvarnar eru 51 talsins og en hraðvagnarnir 66 talsins (18 m langir).



Mynd 5 – TEOR hraðvagnakerfið í Rouen, Frakklandi [Ljósmynd: Vincent 107]

TEOR hraðvagnakerfið var tekið í notkun í febrúar 2001. Vagnarnir eru sjálfstýrandi (e. *optical guidance system*) þegar þeir nálgast biðstöðvar (50 m áður) sem gerir þeim kleift að leggja þannig aðeins 5-7 cm skilja vagninn frá brún biðstöðvarinnar.

Kerfið samanstendur af þremur stofnleiðum sem þjónusta átta sveitafélög með um 150.000 íbúum. Notendur kerfisins eru um 49.000 á dag [SYSTRA 2012], sbr. 30.000 farþegar/dag hjá Strætó bs. [Strætó 2012].

3.2.4 Swansea (Wales)

Árið 2009 opnaði hraðvagnakerfið *ftmetro* í Swansea (228 100 íbúar). Kerfið samanstendur af einni leið sem er um 13 km að lengd og þjónustar hún um 14 000 heimili, auk tveggja spítala og Swansea háskóla. Biðstöðvar eru 54 talsins og þjónustan er í boði frá 7:30 til 18:00. Um tólf mínútur eru á milli vagna, sem eru níu talsins og einn til vara. Vagnarnir eru 18,7 m langir liðvagnar með pláss fyrir 53 manns í sæti og 60 standandi og kostar hver um 300.000-350.000 pund eða um 58-68 milljón kr. Kerfið kostaði um 14 milljón punda eða um 207 milljón kr/km [ftmetro 2012]. Hraðvagnakerfið er mjög umdeilt vegna þess að breyta þurfti tvístefnuakstri í einstefnur á nokkrum götum í miðborg Swansea. Að auki hafa tölur um farþegafjölda enn ekki verið gefnar út í opinberri skýrslu.



Mynd 6 – ftmetro hraðvagnakerfið í Swansea [Ljósmynd: ftmetro]

3.2.5 Mérida (Venezuela)

Borgin Mérida í Venezuela (350 000 íbúar) er með 18,2 km langa hraðvagnaleið með 15 biðstöðvum. Flotinn samanstendur af 45 rafdrifnum liðvögnum og fá þeir rafmagn úr vírum sem hanga ofan við akbrautina á sama hátt og léttlestir.



Mynd 7 – Tromerca hraðvagnakerfið í Mérida, Venezuela [Ljósmynd: Trolmérída]

Eina vikuna í október 2011 var sett met í farþegafjölda á þessari leið, rúmlega 16.000 farþegar/dag að meðaltali ferðuðust þessa viku, en meðaltalið er milli 14.000 og 15.000 farþegar/dag [Tromerca 2012]. Til samanburðar var fjölmennasta einstaka leiðin í leiðakerfi Strætó bs. með um 5.000 farþega/dag að meðaltali skv. nýjustu talningum í október 2011 [Strætó 2012].

4. Uppbygging hraðvagnakerfis

Í þessum kafla er mat lagt á umfang kostnaðar, aðstæður og líklegan ávinning af uppbyggingu hraðvagnakerfis á stofnleiðum á höfuðborgarsvæðinu, það borið saman við hefðbundin strætisvagnakerfi, hraðvagnakerfi og léttlestarkerfi eru borin saman og fjallað um áherslur í skipulagi landnotkunar sem stuðla að aukinni notkun almenningsgangna.

4.1 Þættir hraðvagnakerfis

Hraðvagnakerfi eru byggð upp af mörgum mismunandi þáttum og hefur hver og einn þeirra áhrif á frammistöðu, afköst, þjónustustig og kostnað. Þegar hraðvagnakerfi er skipulagt, þarf að hafa í huga hvernig skal útfæra hvern og einn þessara þátta. Helstu þættir hraðvagnakerfa eru [FTA 2009c]:

- Tegund akstursleiða (e. *Running Ways*) – Tegund akstursleiða (A-, B-, C-forgangur) hefur mikil áhrif á ferðahraða, áreiðanleika og einkenni. Valkostir eru allt frá akstri í almennri umferð eða á sérstökum akbrautum/sérreinum með fullum aðskilnaði.
- Biðstöðvar (e. *Stations*) – Biðstöðvar eru mikilvægasti þátturinn sem snýr að viðmóti fyrir farþegana og þær hafa áhrif á aðgengi, áreiðanleika, þægindi, öryggi, ímynd og tíma sem það tekur að (af)ferma vagninn. Tegundir biðstöðva eru allt frá einföldum skiltuðum biðstöðvum við hlið vegar til flókinna mannvirkja á nokkum hæðum sem þjóna ýmsum samgöngumátum.
- Ökutæki (e. *Vehicles*) – Hraðvagnakerfi geta byggt á hefðbundnum strætisvögnum eða sérhæfðum vögnum. Valkostir ökutækja byggja því á stærð, orkugjafa, hönnun, innra skipulagi, stýringu, flutningsgetu og gæði þjónustu.
- Rukkun fargjalda (e. *Fare Collection*) – Útfærsla á gjaldtöku getur haft mikil áhrif á þægindi, aðgengi, áreiðanleika, öryggi og tíma sem það tekur að (af)ferma vagninn. Útfærslur á gjaldtöku eru allt frá hefðbundinni gjaldtöku hjá vagnstjóra þegar gengið er um borð til fyrirframgreiðslu með rafrænu korti (um borð eða á biðstöð).
- Upplýsingatækni (e. *ITS*) – Ýmis greindarkerfi eru til staðar sem geta aukið gæði hraðvagnakerfisins, t.d minnkað ferðatíma, aukið áreiðanleika, þægindi, rekstrarhagkvæmni og öryggi. Ýmsir valkostir eru í boði, t.d. forgangsáðgerðir, umferðarstýring, samskipti við vagnstjóra, rauntímaupplýsingar og öryggiskerfi.
- Þjónustu- og rekstraráætlun (e. *Service and Operations Plan*) – Skipulagning kerfis sem uppfyllir þarfir almennings og vinnustaða á þjónustusvæðinu er lykilþáttur í uppbyggingu á hraðvagnakerfi. Hönnun kerfisins hefur áhrif á flutningsgetu, áreiðanleika og ferðatíma.
- Auðkenni (e. *Branding Elements*) – Allir ofantaldir þættir hraðvagnakerfis þurfa að sameinast undir einu auðkenni sem almenningsur þekkir og getur gengið að vísu. Auðkennið þarf að vera sýnilegt og það stendur fyrir öllu því sem hraðvagnakerfið býður upp á.

4.2 Kostnaður hraðvagnakerfis

Eiginleikar hraðvagnakerfa eru blanda af eiginleikum strætisvagnakerfa og lestarkerfa og þar sem mest er lagt í hraðvagnakerfi eru þau eins konar léttlestarkerfi á gúmmihjólum. Hraðvagnakerfi eru uppbyggð af mörgum grunnþáttum og mismunandi er milli kerfa hversu mikið er í þau lagt og hversu langt er gengið í að veita þjónustu sem er hraðskreið og laðar að viðskiptavini. Því er mjög breytilegt hvað slík kerfi geta kostað. Stofnkostnaður ræðst mikið til af þörfum og kröfum þess forgangs sem hraðvagnakerfið á að hafa. Ýmis hönnunar- og útfærsluatriði á stofnbrautinni hafa líka mikil áhrif á kostnað, t.d. hvort færa þurfi lagnir, hvort leggja eigi sérrein á miðdeili/miðeyju, hvort endurbyggja eigi gangstéttar o.þ.h. Allt þetta hefur áhrif á stofnkostnað. Ef ekki eru byggðar nýjar akreinar undir hraðvagna og núverandi akreinar nýttar, felst stofnkostnaður fyrst og fremst í nýjum vegmerkingum, vegvísnum og umferðarskiltum.

Í þessum kafla er gróft mat lagt á fjárfestingarþörf af uppbyggingu fyrsta áfanga hraðvagnakerfis með einni stofnleið á höfuðborgarsvæðinu. Til hliðsjónar voru fundin dæmi um stofnkostnað vegna uppbyggingar núverandi hraðvagnakerfa í nokkrum borgum auk þess sem staðbundin þekking Mannvits á kostnaði við samgöngumannvirki á höfuðborgarsvæðinu var nýtt.

4.2.1 Erlendar reynslutölur

Erlendar reynslutölur sýna að stofnkostnaður hraðvagnakerfa getur verið mjög breytilegur og mikill munur er á hæsta og lægsta kostnaði á kílómetra á akrein. Því ber að taka öllum kostnaðartölum með mikilli varúð þar sem kostnaður er mjög háður aðstæðum á hverjum stað. Yfirleitt var þess ekki getið í heimildum hvort reynslutölur hafi verið núvirtar (t.d. að dollara árið 2000) eða hvort upphæðir miðist við opunarár. Vegna þessa er taflan hér að aftan (Tafla 1) fyrst og fremst notuð til að gefa hugmyndir um stærðargráðu framkvæmdakostnaðar. Innifalið í erlendu stofnkostnaðartölunum eru sérreinar, biðstöðvar, ökutæki, tæknilegar útfærslur (forgangur á gatnamótum, upplýsingaskilti) o.þ.h.

Niðurstöðurnar gefa til kynna að miðgildi stofnkostnaðar hraðvagnakerfis með fullum aðskilnaði (A-forgangur) sé um 500 milljón kr/km per akrein skv. erlendum reynslutölum. Kerfi með aðskildum sérreinum en sameiginlegum gatnamótum (B-forgangur) um 300 milljón kr/km per akrein og kerfi með sérreinum án aðgreiningar (C-forgangur) um 200 milljón kr/km per akrein. Til samanburðar má geta þess að gróflægur kostnaður jarðlestarkerfa er frá 4.000 til 15.000 milljón kr/km [Wright, 2004]. Hraðvagnakerfi eru því tiltölulega ódýr lausn miðað við önnur almenningsamgöngukerfi með háu þjónustustigi, sjá nánar kafla 4.4.

Tafla 1 – Stofnkostnaður nokkurra núverandi hraðavagnakerfa

	Opnunar- ár	Lengd (km)	Fjöldi akreina	Stofnkostnaður (milljón \$)	Kostnaður (milljón kr/km per akrein)
Kerfi neðanjarðar/i göngum (A-forgangur)					
Boston - Silver Line, USA	2005	6,6	2	1.350	12.276
Seattle, USA	1989	3,4	2	450	7.989
Miðgildi					10.132
Kerfi með fullum aðskilnaði (A-forgangur)					
Adelaide, Ástralía	1989	12,1	2	37	184
Brisbane, Ástralía	2001	16,6	2	263	951
Ottawa, Kanada	1983	25,7	2	213	495
Pittsburgh - South Busway, USA	1977	6,9	2	27	234
Pittsburgh - East Busway, USA	1983	10,9	2	113	620
Pittsburgh - East Busway (stækkun), USA	2003	3,7	2	30	488
Pittsburgh - West Busway, USA	2000	8,0	2	221	1.647
Miðgildi					495
Kerfi með aðskildum sérreinum en sameiginlegum gatnamótum (B-forgangur)					
South Miami - Dade, USA	1996	13,7	2	63	277
Eugene EmX	2007	6,4	1-2	24	292
Boston Silver Line Washington St	2002	3,9	2	27	424
Los Angeles Orange Line	2005	23,3	2	318	818
Quito, Ekvador	1996	16,1	2	58	215
Bogotá, Kólumbía	2000	38,0	4	184	145
Miðgildi					284
Kerfi með sérreinum án aðgreiningar, t.d. HOV (C-forgangur)					
Houston Katy I-10	1984	24,6	2	154	376
Houston Gulf	1988	24,9	1	131	632
Las Vegas MAX	2004	12,1	2	20	100
Los Angeles El Monte Busway	1973	13,7	2	127	558
Dallas I-30	1991	8,4	2	27	192
Dallas I-35E	1996	10,6	2	14	79
Houston Eastex US-59	1999	32,5	1	150	555
Seattle I-5	1985	9,7	2	11	68
Seattle I-405	1986	9,7	2	14	90
San Jose Rapid 522	2005	40,2	1	8	24
Sacramento EBus - Stockton	2004	12,9	-	8	74
San Diego I-15	1988	12,9	2	42	195
Miðgildi					146
Miðgildi alls					292

Annað dæmi um kostnað hraðvagnakerfa má finna í skýrslu þar sem kostnaðurinn er flokkaður eftir helstu þáttum hraðvagnakerfa:

Tafla 2 – Viðmiðunartölur kostnaðar á helstu þáttum hraðvagnakerfa [TCRP 2007]

Component	Unit	Cost/Unit
<i>Running Way</i>		
Off-street busway		
At-grade	Per route-mile	\$5 million
Grade-separated	Per route-mile	\$13 million
Elevated	Per route-mile	\$50 million
Tunnel	Per route-mile	\$200 million
On-street		
Median arterial busway	Per route-mile	\$4 million
Bus lane - new construction	Per route-mile	\$25 million
Bus lane - striping lane	Per route-mile	\$100,000
<i>Transit Preferential Treatments</i>		
Queue bypass		
Parking removal	Per approach	Negligible
Use of right turn lane	Per approach	Negligible
Added lane	Per approach	\$300,000
Curb extension	Per extension	\$60,000
TSP	Per intersection	\$30,000
Special transit phase	Per intersection	\$10,000
<i>Stations</i>		
Typical		
Basic	Per station	\$21,000*
Enhanced	Per station	\$30,000*
Major		
At-grade	Per station	\$150,000
Grade-separated	Per station	\$2.5 million
Intermodal center	Per station	\$12.5 million
Passing lane	Per lane-mile	\$2.7 million
<i>Vehicles</i>		
Conventional standard	Per vehicle	\$325,000
Stylized standard	Per vehicle	\$350,000
Conventional articulated	Per vehicle	\$570,000
Stylized articulated	Per vehicle	\$780,000
Specialized BRT	Per vehicle	\$1.3 million
<i>Fare Collection</i>		
On-board		
Magnetic card media	Per vehicle	\$15,000
Smart media	Per vehicle	\$20,000
Off-board		
Magnetic card media	Per machine	\$60,000
Smart media	Per machine	\$65,000
<i>Passenger Information</i>		
At-station information	Per sign	\$6,000
On-board information	Per vehicle	\$4,000
<i>Branding</i>		
Branding	Per system	Negligible
<i>ITS Applications</i>		
On-board security	Per vehicle	\$10,000
On-board vehicle guidance		
Optical/magnetic sensors	Per mile	\$20,000
Hardware integration	Per vehicle	\$50,000
On-board precision docking		
Optical/magnetic sensors	Per station	\$4,000
Hardware integration	Per vehicle	\$50,000
On-board performance monitoring	Per vehicle	\$2,000
AVL	Per vehicle	\$8,000

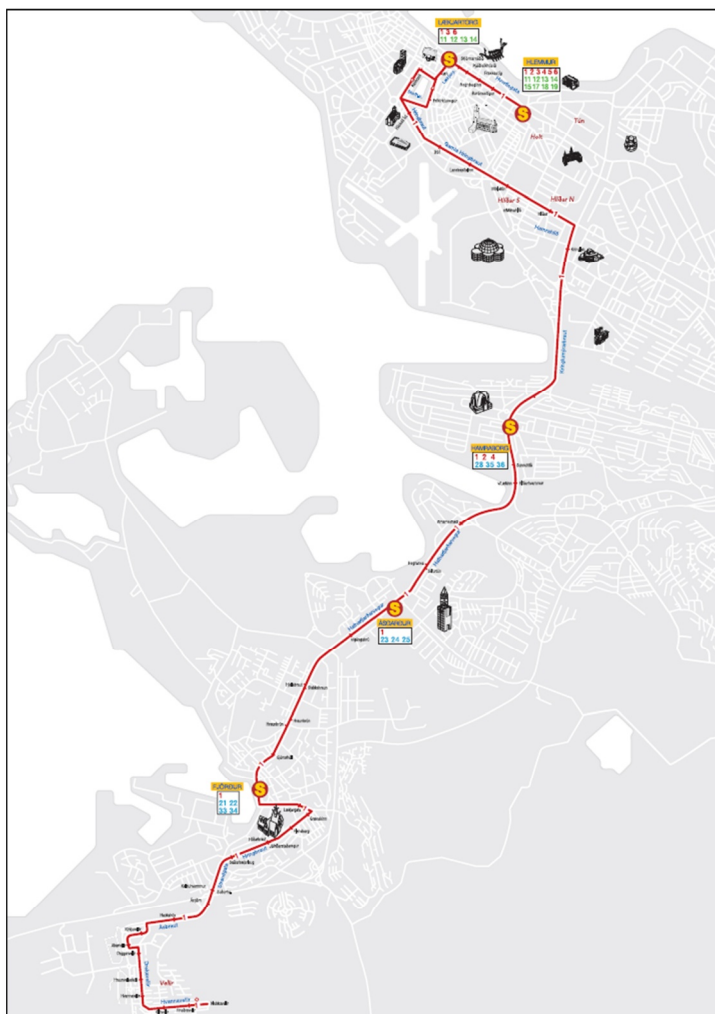
* One direction

NOTE: Values are in 2004 U.S. dollars. Costs include engineering and design.

4.2.2 Stofnkostnaður hraðvagnakerfis á höfuðborgarsvæðinu

Tvær aðferðir voru notaðar til að áætla stofnkostnað einnar stofnleiðar í hraðvagnakerfi á höfuðborgarsvæðinu og byggðu þær báðar á reynslutölum. Aðferð 1 byggði á erlendum reynslutölum úr töflu 1 en aðferð 2 studdist við reynslutölur frá Mannviti fyrir gatnagerð á Íslandi ásamt kostnaði við viðbótareiginleika hraðvagnakerfa úr töflu 2.

Leitast var við að skoða einfaldar og raunhæfar aðgerðir við uppbyggingu hraðvagnakerfis á höfuðborgarsvæðinu. Fyrsta hraðvagnaleiðin þarf að þjóna sem flestum farþegum, en einnig þarf að taka tillit til allra sveitarfélaganna sem reka Strætó bs. Núverandi strætisvagnakerfi höfuðborgarsvæðisins inniheldur sex stofnleiðir sem aka eftir stofnbrautum, milli úthverfa og miðborgar Reykjavíkur og var hugmyndin að skipta út einni stofnleið fyrir hraðvagnaleið. Lengd hraðvagnaleiðar þarf að vera nægilega löng til að stytta ferðatíma um a.m.k. 5 mínútur samanborið við hefðbundna strætisvagnaleið á sömu leið [TCRP 2007]. Því var haft samráð við fulltrúa Strætó bs. til að meta hvaða núverandi stofnleið væri heppilegast að skipta út fyrir nýja hraðvagnaleið. Niðurstaðan varð sú að kanna kostnað þess að skipta út núverandi stofnleið númer 1 í leiðakerfi Strætó bs. fyrir nýja hraðvagnaleið, ekki síst þar sem fyrir liggur mat á kostnaði þess að byggja upp léttlest á þeirri leið.



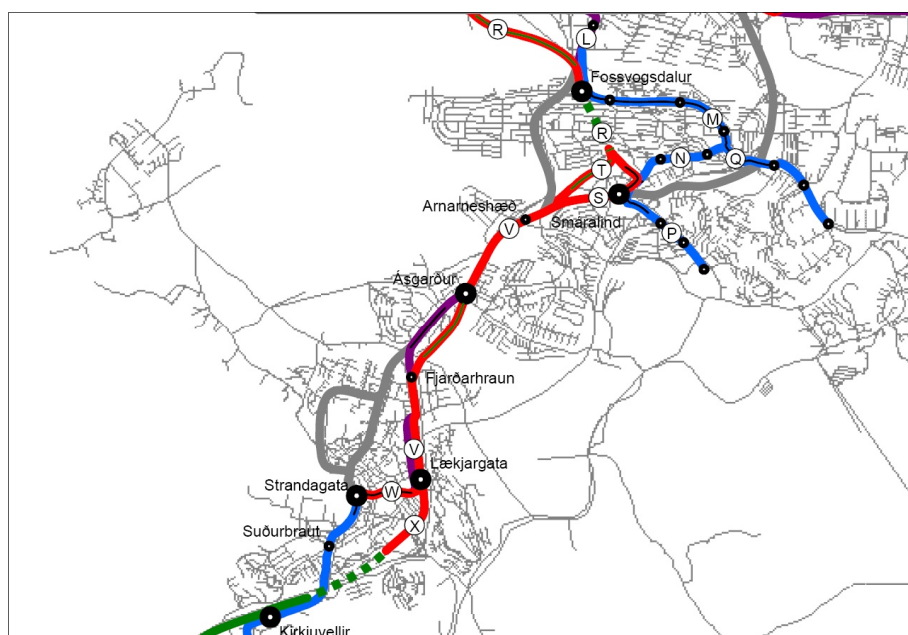
Mynd 8 Leið 1 í leiðakerfi Strætó bs.

Leið 1 er ákjósanlegur valkostur þar sem hún er mest notaða einstaka leiðin í leiðakerfi Strætó bs. skv. nýjstu talningum og þjónustar um leið fjögur sveitarfélög sem öll standa að Strætó bs. Þá ekur hún eftir öðrum að meginásam norður-suður umferðar á höfuðborgarsvæðinu. Stofnkostnaðurinn endurspeglar því hve mikið það kostar að koma fyrir aðskildum sérreinum fyrir hraðvagna milli almenningssamgöngumiðstöðvar í Vatnsmýri (BSI) og verslunarmiðstöðvarinnar Fjarðar í Hafnarfirði.

Til að fá raunhæfan samanburð við léttlestarkerfi var unnið með svipaða staðsetningu hraðvagnaleiðar og Faber Maunsell lagði til um staðsetningu léttlestaleiðar í skýrslu um lestarsamgöngur á SV-landi [VSÓ 2009].



Mynd 9 Hraðvagnakerfi milli miðbæja Hafnarfjarðar og Reykjavíkur (sjá stærri útgáfu í viðauka A)



Mynd 10 Léttlest milli miðbæja Hafnarfjarðar og Reykjavíkur [VSÓ 2009]

Eins og áður kom fram voru tvær aðferðir (1 og 2) notaðar til að meta stofnkostnað fyrsta skrefs á uppbyggingu hraðvagnakerfis á höfuðborgarsvæðinu. Leitast var við að nota einfalda aðferðarfræði og í aðferð 1 var kostnaður metinn út frá tegund akstursleiða, þ.e.a.s. fullur aðskilnaður (forgangur A), aðskildar sérreinar en með sameiginlegum gatnamótum (forgangur B) eða sérreinar án aðgreiningar (forgangur C). Tillaga hraðvagnaleiðar milli Fjarðar og BSÍ sem liggur til grundvallar var því flokkuð eftir ofangreindri tegund akstursleiða og lengd hvers kafla notuð til að meta heildarkostnað. Viðauki A sýnir kort af flokkun akstursleiða skv. aðferð 1.

Í aðferð 2 við mat á stofnkostnaði var gert ráð fyrir að koma fyrir nýjum aðskildum sérreinum fyrir hraðvagna í miðdeili milli núverandi akreina, á leiðinni milli Fjarðar og BSÍ. Miðdeilir milli akbrauta á áætlaðri hraðvagnaleið var skoðaður á loftmyndum og mælingar af loftmyndum leiddu í ljós hvar pláss væri fyrir tvær akreinar (>8m) og hvar þyrfti að bæta við einni (4-8m) eða tveimur (<4m) aðskildum sérreinum. Hraðvagnaleiðin var því flokkuð út frá plássí á miðdeili. Út frá íslenskum reynslutölum fyrir gatnagerð og kostnaðartölum ýmissa eiginleika hraðvagnakerfa mátti því meta heildarstofnkostnað við uppbyggingu fyrsta áfanga hraðvagnakerfis á höfuðborgarsvæðinu. Viðauki B sýnir kort af flokkun akstursleiða skv. aðferð 2.

Þegar aðferð 1 og aðferð 2 eru bornar saman og er hægt að áætla stærðargráðu stofnkostnaðar fyrsta skrefs í uppbyggingu hraðvagnakerfis á höfuðborgarsvæðinu. Niðurstöðuna má sjá í töflu 3 og töflu 4 hér að neðan.

Tafla 3 – Stofnkostnaður hraðvagnakerfis á höfuðborgarsvæðinu (aðferð 1)

Aðferð 1		Lengd [km]	Kostnaður per einingu [milljón kr/km]	Heildarkostnaður [milljón kr]
	Forgangur A		5,1	991
Forgangur B		3,6	569	2.020
Forgangur C		0,0	389	0
Blönduð umferð		2,8	0	0
	Samtals	11,4		7.023

Tafla 4 – Stofnkostnaður hraðvagnakerfis á höfuðborgarsvæðinu (aðferð 2)

	Magn	Kostnaður per einingu [milljón kr/eining]	Heildarkostnaður [milljón kr]	
Aðferð 2	Akreinar			
	>8m miðdeilir	4,2 km	273	1.147
	4-8m miðdeilir	0,4 km	455	182
	<4m miðdeilir	3,9 km	637	2.474
	Rampur (undirstaða)	0,2 km	1.190	238
	Rampur (brú)	0,1 km	5.600	560
	Brú	0,1 km	5.600	560
	Blönduð umferð	2,6 km	0	0
	Samtals akreinar	11,4 km		5.161
	Eiginleikar			
	Forgangur á gatnamótum	8 stk	5,0	40
	Biðstöð	5 stk	25	126
	Hraðvagn (liðvagn)	3 stk	131	393
	Hraðvagn (hefbundin stærð)	3 stk	59	176
	Rukkun fargjalda á biðstöð	10 stk	11	109
Upplýsingaskilti á biðstöð	5 stk	1	5	
Upplýsingaskilti í vagni	6 stk	0,7	4	
Samtals eiginleikar			854	
Samtals			6.015	

Út frá aðferðarfræðinni sem notuð er í þessari skýrslu er ljóst að stærðargráða stofnkostnaður hraðvagnaleiðar milli Fjarðar í Hafnarfirði og BSÍ í Reykjavík er á bilinu 6.000 til 7.000 milljón kr. Heildarlengd leiðarinnar er 11,4 km svo kostnaður á kílómetra er því um 260-310 milljón kr/km per akrein eða 520-620 milljón kr/km. Þetta eru mjög sambærilegar tölur og stofnkostnaður erlendra hraðvagnakerfa með fullum aðskilnaði en sameiginlegum gatnamótum (B-forgangur), t.d. í Eugene, USA (sjá kafla 3.2.1).

Rétt skal taka fram að rekstrarkostnaður hraðvagnakerfa var ekki skoðaður í þessu verkefni, en búast má við að hann sé talsvert hærri en fyrir hefðbundið strætisvagnakerfi vegna aukinna innviða og þjónustu. Við frekara mat á hraðvagnakerfi er nauðsynlegt að kanna vel hver rekstrarkostnaðurinn er í samanburði bæði við hefðbundið hraðvagnakerfi og léttlestarkerfi.

4.3 Ávinningur hraðvagnakerfis

Hraðvagnakerfum er ætlað að sameina kosti lestarkerfa annars vegar (aðskilnaður frá almennri umferð, varanleiki, áreiðanleiki og tíðni) og hefðbundinna strætisvagnakerfa hins vegar (sveigjanleiki, lágur stofn- og rekstrarkostnaður). Með því að breyta einni eða fleiri stofnleiðum í hefðbundnu strætisvagnakerfi yfir í hraðvagnaleiðar, getur ávinningurinn orðið margþættur:

Tafla 5 – Ávinningur bættra almenningsamgangna [ITDP 2007]

Factor	Impacts / indicators
Time savings benefit to transit users	<ul style="list-style-type: none"> • Labour productivity • Quality of life
Time savings benefit to mixed traffic vehicles	<ul style="list-style-type: none"> • Labour productivity • Delivery efficiency for goods and services
Fuel savings from public transport operations	<ul style="list-style-type: none"> • Reduced fuel expenditures for public transport operators • Reduced fuel expenditures for vehicles in mixed traffic • Reduced dependency on imported fuel or reduced usage of domestic supply
Air quality improvements (reduced emissions of CO, NO _x , PM, and SO _x)	<ul style="list-style-type: none"> • Human health • Preservation of built environment • Preservation of natural environment • Labour productivity
Greenhouse gas emission reductions	<ul style="list-style-type: none"> • Global environment
Noise and vibration reductions	<ul style="list-style-type: none"> • Human health • Labour and educational productivity • Built environment
Other environmental improvements	<ul style="list-style-type: none"> • Reduced solid and liquid wastes • Reduced impacts on flora and fauna
Transit system employment	<ul style="list-style-type: none"> • Construction employment • Operational employment Commercial sector • Property values • Shop sales • Employment generation
Amenity benefits to transit passengers	<ul style="list-style-type: none"> • Comfort of passengers • Prestige of system Social benefits • Reductions in crime and social problems in area • Sociability of street environment • Equity for low-income groups • Increased civic pride and sense of community
City image	<ul style="list-style-type: none"> • City-wide pride • Tourism
Urban form	<ul style="list-style-type: none"> • More sustainable urban form, including densification of major corridors • Reduced cost of delivering services such as electricity, sanitation, and water
Political	<ul style="list-style-type: none"> • Delivery of mass transit system within one political term • Delivery of high-quality resource that will produce positive results for virtually all voting groups

Sveigjanleiki hraðvagnakerfa gerir það að verkum að breytingum í atvinnu, landnotkun og samfélagsmynstri er hægt að mæta með því að auka eða minnka afköst. Þar að auki má aðlaga leiðakerfi og færa einstakar leiðir ef þörf krefur. Annar kostur við hraðvagnakerfi er sá að þau má starfrækja innan eða utan sérreina og því auðvelt að bregðast við rekstrartengdum vandamálum. Enn fremur eru hraðvagnakerfi sveigjanleg á byggingartímanum og þau geta hafið rekstur þótt kerfið sé ekki fullklárað. Hægt að bæta við ýmsum umbótum um leið og þær eru tiltækar, t.d. forgangur á ljósagatnamótum eða vögnum með lágu gólfi. Loks er hægt að tengja saman uppbyggingu nýs hraðvagnakerfis við aðrar umbætur í samgöngukerfinu, t.d. veggjöld eða akreinar með breytilegum gjöldum (e.

High Occupancy Toll- eða *HOT-lanes*), þannig að notendur beggja kerfa hagnast. Notendur hraðvagnakerfisins hagnast þegar nýtt kerfi er tekið í notkun sem hugsanlega má fjármagna með tekjum gjaldtökunnar, á meðan bílstjórar einkabíla hagnast á því að færri ökutæki eru á götunum [GAO 2003]. Til að auka arðsemi fjárfestingar í hraðvagnakerfi er mögulegt að nýta þær sérreinar sem byggðar hafa verið undir hraðvagna undir léttlestaspor í framtíðinni og skipta út farartækjum og tækni. Einnig er mögulegt að nota biðstöðvar og aðra innviði hraðvagnakerfis í léttlestarkerfi og spara þannig stofnkostnað við léttlestarkerfi.

Hraðvagnakerfi hafa verið í notkun í nokkurn tíma erlendis og reynsla þeirra hefur verið tekin saman í fjölmörgum skýrslum. Eftirfarandi niðurstöður úr erlendum rannsóknum sýna tölulegan ávinning hraðvagnakerfa:

- EmX hraðvagnakerfið liggur á milli í bandarísku borganna Eugene og Springfield, sem eru af svipaðri stærðargráðu og höfuðborgarsvæðið (samtals 200.000 íbúar). Fyrsta hraðvagnaleiðin sýndi hærri farþegaaukningu á fyrsta árinu en tuttugu ára farþegasþá gerði ráð fyrir. Árið 2011 voru tvöfalt fleiri innstig í hraðvagnaleiðina en voru í gömlu strætisvagnaleiðinni þegar hún var leyst af hólmi árið 2007 [LTD 2012].
- Í skýrslu Transit Cooperative Research Program [TCRP 2003] eru 26 dæmi um ástand í mismunandi borgum skoðuð, bæði fyrir og eftir að hraðvagnar leystu af hefðbundna strætisvagna. Í sumum tilfellum minnkaði ferðatími um meira en 40%. Samdráttur í ferðatíma fer að miklu leyti eftir því hvar vagnarnir aka. Í kerfum þar sem vagnarnir óku á sérreinum minnkaði ferðatími um 32% (Adelaide) til 47% (Houston). Í kerfum þar sem vagnarnir aka með annarri umferð minnkaði ferðatími um 23% (Los Angeles) til 32% (Bogotá).
- Í sömu skýrslu [TCRP 2003] er fjölgun farþega skoðuð eftir að hraðvagnar voru teknir í notkun. Aukningin kemur til vegna aukinnar þjónustu, minni ferðatíma og almennrar fjölgunar. Á heildina litið sýnir þessi fjölgun að hraðvagnar laða að sér nýja notendur. Í Houston voru t.d. allt að 30% farþeganna nýir notendur og allt að 72% ferðuðust áður með einkabílum. Í Los Angeles jókst farþegafjöldi um 33% og í Vancouver höfðu 20% af nýjum notendum áður ferðast með einkabílum.
- Upplýsingar um 36 hraðvagnakerfi í erlendum borgum voru teknar saman í skýrslu [FTA 2009c] og þar kemur í ljós að sum hraðvagnakerfi geta breytt því að ferðir séu farnar með einkabíl yfir í almenningssamgöngur. Niðurstöðurnar voru almennt góðar og í um helmingi tilfella voru 19-33% notenda áður á einkabíl.
- Gögn úr sömu skýrslu [FTA 2009c] sýndu að í 17 erlendum borgum leiddu hraðvagnakerfi til fjölgunar farþega. Í um helmingi tilfella jókst farþegafjöldinn frá 5% til 35%, fjögur hraðvagnakerfi sýndu 36-75% aukningu og í sex tilfellum var aukning farþega yfir 100%. Erfitt er að bera saman þessar niðurstöður, þar sem mismunandi var hvenær aukningin var mæld (nokkrum mánuðum eða nokkrum árum eftir tilkomu hraðvagnakerfisins). Engin skýr fylgni er á milli ferðatíma eða áreiðanleika og aukningar í farþegafjölda. Í Boston stýttist ferðatími á einni leið um 9% en farþegafjöldinn jókst um 75%. Hins vegar í Halifax stýttist ferðatíminn um 33% en farþegafjöldinn jókst eingöngu um 19%.
- Niðurstöður samantektarinnar [FTA 2009c] benda til þess að ekki er hægt að draga þá ályktun að hraðvagnakerfi muni laða að fleiri notendum. Þegar áhrif ýmissa eiginleika hraðvagnakerfisins á farþegafjölda voru skoðuð kom í ljós að tegund akstursleiða (e. *Running Way*) var eini eiginleikinn sem sýndi fylgni við aukinn farþegafjölda. Af þeim hraðvagnakerfum þar sem aukning í farþegafjölda var 43% eða meiri, var um helmingur á aðskildum akbrautum stærsta hluta leiðarinnar. Önnur kerfi með minnstu aukninguna í farþegafjölda

voru með blandaðri umferð. Því má ætla að samspil ýmissa þátta, s.s. ferðatími, áreiðanleiki, jákvæð ímynd og tíðar ferðir, laði að fleiri notendum. Því er mjög mikilvægt að hafa í huga að til að skila sem mestum árangri þurfa hraðvagnakerfi að vera hluti af alhliða samgönguáætlun sem innifelur hækkun skatta á ökutæki og eldsneyti, stífar reglur um landnotkun, takmarkanir á fjölda bílastæða, hækkun bílastæðagjalda og samþættingu almenningsamgangna í breiða lausn á hreyfanleika [IEA 2002].

4.4 Samanburður almenningsamgöngukerfa

Í þessum kafla er settur fram samanburður á hefðbundnu strætisvagnakerfi, hraðvagnakerfi og léttlestarkerfi. Síðastnefnda kerfið hefur verið lengi í umræðunni hérlandis, oftast í tengslum við Keflavíkurflugvöll og tengingu hans við miðborg Reykjavíkur.

4.4.1 Kostnaður

Samanborið við léttlestarkerfi má segja að hraðvagnakerfi sé samgöngumáti með töluvert lægri stofnkostnaði og aðeins lakari þjónustu/frammistöðu. Þ.a.l. eru hraðvagnakerfi mun betri kostur sem fyrsta skref í uppfærslu á hefðbundnu strætisvagnakerfi. Er farþega fjöldinn eykst og aðlöðun fleiri farþega skiptir æ meira máli, þá verður léttlestarkerfi sífellt fýsilegri kostur. Ein rannsókn sýnir að rekstrarkostnaður léttlestarkerfis er töluvert lægri en rekstrarkostnaður hraðvagnakerfis þegar farþega fjöldinn er á stærðargráðunni 2000 farþegar/klst [Vuchic 2007].

Eins og fram kom í kafla 4.2.2 er stærðargráða stofnkostnaðar hraðvagnaleiðar milli Hafnarfjarðar og Reykjavíkur milli 6.000 og 7.000 milljón kr. Stuðst var við skýrslu VSÓ um hagkvæmni þéttbýlislestar á yfirborði á höfuðborgarsvæðinu [VSÓ 2009]. Mjög sambærileg lega var á nýrri hraðvagnaleið í þessari skýrslu og þéttbýlislestarinnar úr skýrslu VSÓ milli Hafnarfjarðar og Reykjavíkur og því hægt að bera saman stærðargráðu stofnkostnaðar beggja leiða. Búið er að taka mið af hækkun bygginga-vísitölu frá því að skýrsla VSÓ kom út þar til þessi skýrsla var unnin og var stofnkostnaður þéttbýlislestar hækkaður sem því nemur. Niðurstöðurnar eru í eftirfarandi töflu.

Tafla 6 – Stofnkostnaður tveggja almenningsamgöngukerfa

Kerfi	Heildar-stofnkostnaður	Lengd	Stofnkostnaður per lengdareiningu
	[milljón kr]	[km]	[milljón kr/km]
Hraðvagnar	6.500	11,4	570
Þéttbýlislest	15.171	12,4	1.223

Hraðvagnakerfi milli Hafnarfjarðar og Reykjavíkur er rúmlega helmingi ódýrara en þéttbýlislest á yfirborði þegar horft er til stofnkostnaðar per lengdareiningu. Þessar tölur eru í góðu samræmi við niðurstöður skýrslu VSÓ þar sem segir að stofn- og rekstrarkostnaður hraðvagnakerfa sé um helmingur af stofn- og rekstrarkostnaði lesta [VSÓ 2009]. Farþegaspá var ekki framkvæmd í þessu verkefni og því var ekki hægt að meta stofnkostnað per farþega.

Í skýrslu GAO kemur fram að stofnkostnaður hraðvagnakerfa með fullum aðskilnaði var að meðaltali um 8,4 milljón dollara/km, kerfi með sérreinum 5,6 milljón dollara/km og kerfi með blandaðri umferð kostuðu að meðaltali um 0,4 milljón dollara/km (m.v. dollara árið 2000). Til að setja þessar tölur í samhengi, var stofnkostnaður 18 núverandi léttlestarkerfa reiknaður. Kostnaður léttlestarkerfis var á bilinu 7,7-73,8 milljón dollara/km en meðalkostnaður var um 21,6 milljón dollara/km (m.v. dollara árið 2000). Stofnkostnaður hraðvagnakerfa er töluvert lægri og má rekja ástæðuna helst til þess að léttlestarkerfi þurfa sérstakt merkjakerfi, rafmagnskerfi, hangandi rafmagnsvíra til að knýja lestarvagnana, teina og undirbyggingu undir þá [GAO 2003]. Aftur kemur í ljós að hraðvagnakerfi voru með rúmlega helmingi lægri stofnkostnað en léttlestarkerfi.

Í annarri skýrslu frá FTA er tekinn saman stofnkostnaður fyrir hefðbundið strætisvagnakerfi, hraðvagnakerfi af ódýru (e. *BRT-lite*) og dýru (e. *Full-service BRT*) gerðinni, léttlestarkerfi og jarðlestarkerfi í Los Angeles. Stofnkostnaðurinn var eftirfarandi [FTA 2009a]:

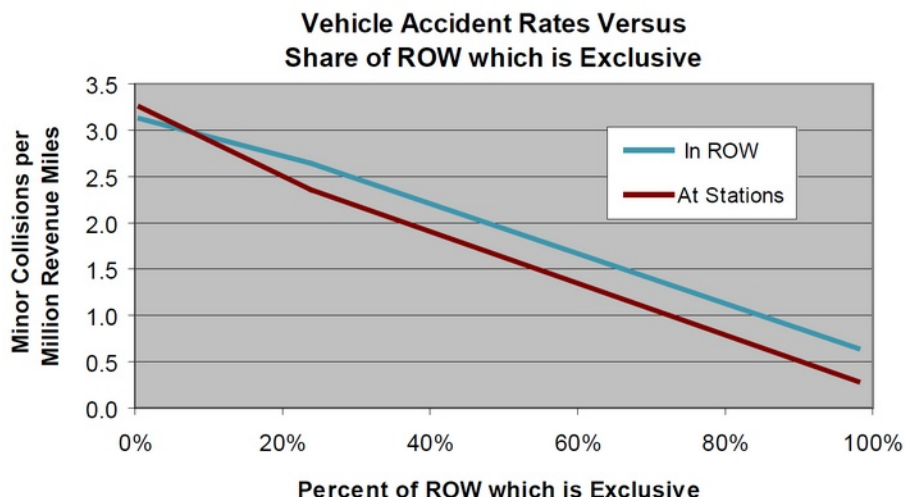
- 0,05 milljón dollara/km fyrir hefðbundið strætisvagnakerfi
- 0,2 milljón dollara/km fyrir „BRT-lite“
- 14,7 milljón dollara/km fyrir „Full-service BRT“
- 36,7-41,4 milljón dollara/km fyrir léttlestarkerfi
- 200,0 milljón dollara/km fyrir jarðlestarkerfi.

Enn og aftur kemur í ljós að hraðvagnakerfi (nú með fullum aðskilnaði, eða „Full-service BRT“) eru rúmlega helmingi ódýrari en léttlestarkerfi.

4.4.2 Öryggi

Lítið af gögnum hefur verið safnað um öryggismál í tengslum við hraðvagnakerfi og því ekkert hægt að fullyrða í þeim efnum. Gögn frá Pittsburgh benda hins vegar til þess að það er tölfræðilega marktækur munur á slysiðni hraðvagnakerfa á aðskildum sérreinum og hefðbundinna strætisvagnakerfa. Hraðvagnakerfin hafa færri slys per þjónustueiningu (ökutækja-km eða ökutækja-klst) en strætisvagnakerfi í blandaðri umferð [FTA 2009c].

Slysaögn fyrir hefðbundna strætisvagna, léttlestar og önnur form af almenningssamgöngum benda til þess að slysiðnin lækki almennt, eftir því sem stærra hlutfall leiðarinnar er aðskilið frá annarri umferð. Þetta á bæði við um slys á götunum sjálfum, sem og á biðstöðvunum. Mynd 11 sýnir nánar hvernig slysiðnin lækkar, en aðeins eru slys með engum eða minniháttar meiðslum meðtalin. Rétt skal taka fram að slys með alvarlegum meiðslum geta aukist við aukinn aðskilnað umferðar og um 80% af slysum léttlesta eiga sér stað á gatnamótum. Yfirleitt má rekja orsökina til umferðar sem þverar gatnamótin (annað hvort á rauðu ljósi eða að ökumenn eru ómeðvitaðir um návist almenningsvagnsins).



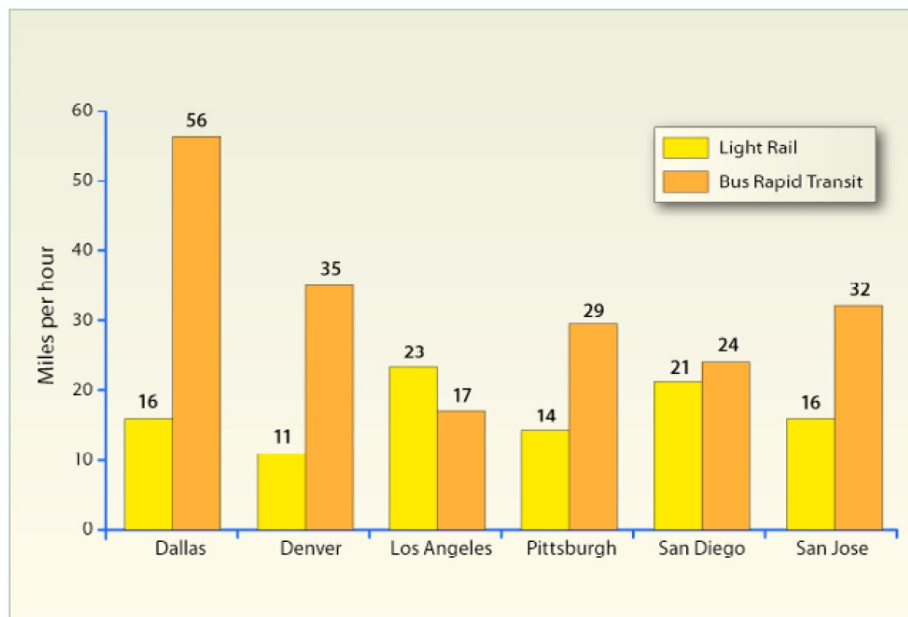
Mynd 11 – Slysátíðni eftir hlutfalli akstursleiðar sem er aðskilin frá annarri umferð [FTA 2009c]

4.4.3 Ferðatími

Hraðvagnakerfi stytta ferðatíma umtalsvert samanborið við hefðbundin strætisvagnakerfi og má rekja ástæðuna til margvíslegra þátta. Helst ber að nefna aðgreindar akstursbrautir, lengra bil milli biðstöðva, styttri tíma sem tekur að hleypa farþegum um borð eða frá borði (fleiri dyr og fyrirframgreidd fargjöld) og notkun ýmissa tæknilausna (e. *ITS*), t.d. forgangur á ljósastýrðum gatnamótum. Skv. nýlegum reynslutölum frá Bandaríkjunum er stytting ferðatímans á stærðargráðunni 25-50%. Ellefu hraðvagnakerfi utan Bandaríkjanna voru skoðuð með tilliti til meðalhraða vagnanna og var meðalhraði hraðvagna á bilinu 22 til 120% hærri en meðalhraði hefðbundinna strætisvagna í blandaðri umferð [FTA 2009c].

Hraðvagnakerfi og léttlestarkerfi hafa þann kostinn umfram jarðlestarkerfi eða lestarkerfi á upphækkuðum teinum (ofan almennrar umferðar) að töluvert betra aðgengi er að vögnunum í fyrrnefndu kerfunum. Ekki þarf að fara upp eða niður stiga til að komast á „brautarpallinn“. Hins vegar þegar farþegi er kominn inn í vagninn, þá er ferðahraðinn (e. *commercial speed*) mun meiri fyrir jarðlestar- og upphækkuð kerfi eða um 28-35 km/klst að meðaltali. Léttlestarkerfi ná meðalhraða um 12-20 km/klst en hraðvagnakerfi um 20-30 km/klst. Þessar tölur eru mjög háðar lengd milli biðstöðva, fjölda gatnamóta og forgangi á þeim [ITDP 2007].

Nokkur núverandi léttlestarkerfi og hraðvagnakerfi í Bandaríkjunum voru borin saman m.t.t. meðalhraða og sýndu niðurstöðurnar að í fimm af sex borgum sem voru skoðaðar var hraðvagnakerfi með hærri meðalhraða (sjá Mynd 12). Helsta ástæðan fyrir þessum mun var sú að hraðvagnarnir gátu nýtt sér samflotsreinar (e. *High Occupancy Vehicle* eða *HOV*) og náð þannig háum hraða á löngum köflum. Þegar þessar samflotsreinar voru undanskildar í rannsókninni kom í ljós að hraðvagnakerfi og léttlestarkerfi væru líklega með sambærilegan ferðahraða.



Mynd 12 – Samanburður á meðalferðahraða í hraðvagna- og léttlestarkerfi [ITDP 2007]

4.4.4 Ímynd

Notendur almenningssamgangna virðast hafa lestakerfi á hærri stalli þegar valið stendur á milli þess eða strætisvagnakerfis, þrátt fyrir ef eiginleikar þjónustunnar væru þeir sömu (hraði, tíðni o.þ.h.). Líklega má rekja þessa jákvæðu ímynd lestarkerfa til ýmissa hönnunarþátta. Farþegar kjósa einfalt, auðskiljanlegt leiðakerfi og vagna og biðstöðvar sem eru hönnuð til að vera aðlaðandi og þægileg. Lestar eru almennt álitnar hraðskreiðari, þægilegri, hljóðlátari, öruggari, áreiðanlegri og minna mengandi en strætisvagnar á götum borgarinnar. Þótt lestarkerfi laði að sér fleiri notendur en hefðbundin strætisvagnakerfi, er til takmarkað magn af upplýsingum um samanburð lestarkerfa og hraðvagnakerfa í þessum efnum. Þær rannsóknir sem fyrirfinnast benda hins vegar til að hraðvagnakerfi geti laðað að sér svipaðan fjölda notenda og léttlestarkerfi, ef eiginleikar þjónustunnar eru samþærilegir. Einnig er lítið um rannsóknir á kostnaðar-árangurgreiningu (*e. cost-effectiveness*) og áhrifum þess að bæta ímynd hraðvagnakerfa [FTA 2009c].

Flest núverandi hraðvagnakerfi kappkosta að hafa biðstöðvar frábrugðnar hefðbundnum biðstöðvum strætisvagnakerfisins sem yfirleitt er til staðar. Munurinn felst aðallega að koma skjóli, sætum, lýsingu og öðrum þægindum upp á annað stig og að útlit biðstöðvarinnar tengist útliti og ímynd hraðvagnanna [FTA 2009c].

Sérstök rannsókn á ímynd mismunandi almenningssamgöngukerfa [FTA 2009a] leiddi í ljós að ódýrt hraðvagnakerfi (*e. BRT-lite*) fékk aðeins lægri heildareinkunn en dýrt hraðvagnakerfi, í könnun meðal notenda, á meðan kostnaðurinn var u.þ.b. 100 sinnum minni. Ódýra hraðvagnakerfið fékk einnig mun hærri einkunn en hefðbundna strætisvagnakerfið, þrátt fyrir að vera einnig í blandaðri umferð. Notendum fannst hraðvagnakerfið vera nokkurs konar hágæða útgáfa af strætisvagnakerfinu.

4.5 Borgarskipulag (TOD)

Erfitt er að meta hvaða beinu áhrif borgarskipulag hefur á ekna vegalengd einkabíla og losun gróðurhúsalofttegunda eitt og sér. Fræðimenn hafa þó borið saman ferðavenjur milli mismunandi hverfa og þá sérstaklega til að kanna áhrif af samgöngumiðuðu skipulagi landnotkunar, skipulagi sem sérstaklega á að stuðla að aukinni notkun almenningsgangna.

Erlendis hefur rutt sér til rúms hugmyndafræði um svokallað samgöngumiðuð skipulag (e. *Transit Oriented Development* eða *TOD*), þ.e. samgöngumiðuð skipulag með áherslu á almennings-samgöngur. Megininntak hugmyndafræðinnar er skipulag landnotkunar sem hámarkar aðgengi að almennings-samgöngum. Götur í TOD hverfum eru skipulagðar og hannaðar sem rými fyrir alla ferðamáta (e. *complete street*) og íbúðar-, þjónustu-, og atvinnuhúsnæði er blandað með það að markmiði að íbúar þurfi lítið að sækja út fyrir hverfið. Góð þjónusta almennings-samgangna mætir stórum hluta ferðarfarfar fólks á leið inn/út úr hverfinu, einkabilinn er ekki í aðalhlutverki.

Helstu viðmið fyrir samgöngumiðuð skipulag með áherslu á almennings-samgöngur [Tumlin og Milliard-Ball 2003 og VTPI 2008]:

- Dæmigert TOD er með lestarstöð eða strætisvagnstöð í miðjunni. Umhverfis hana, í 400-800 m radius, er tiltölulega þétt byggð af íbúðarhúsnæði og atvinnuhúsnæði.
- Byggðin er þétt og blanda af íbúðum, atvinnu, skólum og þjónustu sem er grundvöllur fyrir notkun almennings-samgangna allan sólarhringinn, ekki bara á annatímum árdegis og síðdegis. Húsnæði er í öllum verðflokkum til að tryggja lýðfræðilega blöndu íbúa.
- Þjónusta almennings-samgangna á leið gegnum hverfið er hröð, tíð, áreiðanleg og þægileg. Tíðni þjónustu er 15 mínútur eða minna.
- Biðstöðvar eru þægilegar og öruggar með rauntímaferðaupplýsingum, salernum og góðri aðstöðu fyrir reiðhjól til að tengja saman vistvæna ferðamáta.
- Hefðbundnar kröfur um lágmarksfjölda bílastæða gilda ekki. Í stað þeirra eru kröfur um hámarksfjölda bílastæða, t.d. ekki fleiri en 500 stæði á hver 1.000 störf.
- Markaðsverð er rukkað fyrir notkun á bílastæðum með möguleika á frávikum fyrir verslanir sem rukka ekki viðskiptavinum sem versla fyrir ákveðna lágmarksupphæð (e. *parking validation*).
- Settar eru reglur í skipulagsskilmála um yfirbragð byggðar og staðsetningu bílastæða. Bílastæði við íbúðarhús eru gjarnan höfð við bakhliðar þeirra.
- Uppbyggingarreitir, sem eru innan við 400 m að ummáli, mynda þétt gatnanet með dreifðri og rólegri bílaumferð. Vegfarendur geta valið um margar leiðir milli áfangastaða óháð ferðamáta. Vegalengdum er þannig haldið í lágmarki og dregið er úr samsöfnun bílaumferðar.
- Umferðarhraða er haldið niðri með hraðatakmarkandi aðgerðum og vegtollar notaðir til að halda bílaumferð inn/út úr hverfinu í ásættanlegu horfi.
- Í göturými er tekið frá gott pláss fyrir gangandi og hjólandi vegfarendur, dregið er úr aðskilnaði samgöngumáta, göturými er skipulagt og hannað fyrir alla.

Rannsóknir á áhrifum þess að fylgja viðmiðum TOD hugmyndafræði við skipulag hverfa benda til að íbúar slíkra hverfa eigi færri ökutæki, aki minna og stóli meira á göngu og almennings-samgöngur sem ferðamáta en íbúar í öðrum hverfum. Nýleg rannsókn á sautján TOD í Bandaríkjunum leiddi í ljós að

umferðarsköpun á venjulegum virkum degi var að meðaltali 44% minni en rannsóknir hafa mælt í hefðbundnum hverfum. Á annatíma var munurinn ennþá meiri, 49% minni umferðarsköpun á annatíma árdegis og 48% minni á annatíma síðdegis [Cervero 2008]

Rannsókn á TOD í Portland, Oregon, bendir til að þar séu að meðaltali 0,73 ökutæki/heimili en til samanburðar þá eru að meðaltali 1,3 ökutæki/heimili á landsvísu í Bandaríkjunum [Ohland og Poticha, 2006]. Önnur rannsókn sýndi að íbúar í TOD aka 45% minna en íbúar í hefðbundnum „bíla-hverfum“ [Bailey 2007].

Tafla 7 sýnir samanburð á ferðavenjum í mismunandi hverfum í Portland og nágrenni [Ohland og Poticha 2006].

Tafla 7 – Samanburður á ferðavenjum í hverfum með mismunandi landnotkun

Landnotkun	Bílaeign	Ekin vegalengd	Ferðamátaval				
	[bilar/ heimili]	[km/íbúa]	Einkabíll	Ganga	Almenningssamgöngur	Hjól	Annað
Hverfi með góðum almenningssamgöngum og blandaðri landnotkun (TOD)	0,93	16	58,1%	27,0%	11,5%	1,9%	1,5%
Hverfi með góðum almenningssamgöngum	1,50	21	74,4%	15,2%	7,9%	1,4%	1,1%
Önnur hverfi í sömu sýslu	1,74	28	81,5%	9,7%	3,5%	1,6%	3,7%

Í töflunni sést að bílaeign er minni í TOD en í öðrum hverfum og íbúar þar nota vistvæna ferðamáta mun meira en íbúar í öðrum hverfum. Þá má túlka samanburð í töflunni þannig að til að ná verulegum árangri í vistvænu ferðamátavali íbúa er landnotkun og skilmálar í skipulagi mjög mikilvægir, góð þjónusta almenningssamgangna dugar ekki til ein og sér. Eins er rétt að vekja athygli á því að þó svo að ný hverfi í „bílaborg“ verði skipulögð með TOD viðmið í huga má búast við að íbúar þeirra fari yfir 50% ferða sinna á einkabíl. Til lengri tíma, með samgöngumiðaðri endurskipulagningu byggðar í eldri hverfum í nágrenninu, má búast við að það hlutfall lækki.

4.6 Skipulag hraðvagnakerfa

Leiðbeiningar um skipulag hraðvagnakerfa (e. *Bus Rapid Transit Guide*) voru gefnar út í júní 2007 af Institute for Transportation & Development Policy [ITDP 2007] og komu yfir tuttugu höfundar að gerð þeirra. Helstu skrefum við skipulag hraðvagnakerfa eru gerð skil í leiðbeiningunum og eru þau eftirfarandi:

- A. Undirbúningur verkefnis
 - Stofnun verks
 - Val á tæknilausnum
 - Skipulag verks
 - Greining á eftirspurn
 - Staðsetning leiða
 - Samráð og samvinna
- B. Rekstrarfyrirkomulag
 - Hönnun leiðakerfis og þjónustu
 - Afkastageta og hraði
 - Gatnamót og ljósaþyring
 - Þjónusta viðskiptavina
- C. Hönnun mannvirkis
 - Innviðir
 - Tæknilausnir ökutækja
 - Gjaldheimta
- D. Samþætting
 - Tenging við aðra ferðamáta
 - Stjórnun umferðarálags
 - Landnotkun
- E. Viðskiptaáætlun
 - Fyrirkomulag fyrirtækis og deilda
 - Rekstrarkostnaður og fargjöld
 - Fjármögnun
 - Markaðssetning
- F. Stöðumat og framkvæmd
 - Eftirlitskerfi og matsáætlun
 - Framkvæmdaáætlun

Huga þarf vel að öllum þessum atriðum og vanda þarf til verks þegar hraðvagnakerfi eru skipulögð. Hætta er á að ef einn hönnunarpáttur gleymist gæti það haft verulegar afleiðingar fyrir verkefnið og komið í veg fyrir að kerfið virkaði sem skyldi. Því er mjög mikilvægt að undirbúningsvinnan sé þannig að fátt geti komið á óvart á síðari stigum.

Stjórnedeild Evrópusambandsins um orku og flutninga (e. *Directorate General for Energy and Transport*) gaf út árið 2009 leiðarvísi að uppbyggingu hágæða almenningsamgangna fyrir litlar og millistórar borgir [PROCEED 2009]. Jafnvel þótt leiðbeiningarnar fjalli ekki beinlínis um hraðvagnakerfi (sjá t.d. lið „ix. Hugsa lest, nota strætó“) , er þar að finna mjög góðar ráðleggingar sem snúa almennt að almenningsamgöngukerfum og eru teknar saman í sextán liðum:



- i. Fá pólitískan stuðning
- ii. Tryggja örugga og langtíma fjármögnun
- iii. Grípa til aðgerða sem stuðla að notkun almenningsamgangna
- iv. Setja almenningsamgöngur í forgang í aðalskipulagi
- v. Skilgreina ábyrgðir milli hlutaðeigandi aðila
- vi. Nota bestu lausnir frá öðrum borgum
- vii. Gera ítarlega greiningu á þjónustusvæði
- viii. Meta frammistöðu og árangur kerfisins með öruggri gæðastjórnun
- ix. Hugsa lest, nota strætó
- x. Tryggja hágæðalausnir í öllum þáttum kerfisins
- xi. Þjónustutími og tíðni ferða staðlað á öllum leiðum
- xii. Samþætta mismunandi almenningsamgöngukerfi
- xiii. Samfleyt markaðssetning er þýðingarmikil til að ná árangri
- xiv. Hámarka samfellu og lágmarka breytingar á almenningsamgöngukerfinu
- xv. Þjóða upp á aðlaðandi gjaldskrá og auðvelt greiðslufyrirkomulag
- xvi. Gera ítarlega skoðun á nýjum tæknilausnum

5. Ráðleggingar um næstu skref

Í þingsályktunartillögu um samgönguáætlun 2011-2022 segir m.a. að með sjálfbærri samgönguáætlun í samvinnu við sveitarfélögin verði lokið við skilgreiningu á grunnneti almenningsamgangna innan þéttbýlis. Áfram verði unnið að auknum forgangi almenningsamgangna í umferðinni með uppbyggingu sérreina, forgangi á umferðarljósum og öðrum aðgerðum. Meginmarkmið tíu ára tilraunaverkefnis um eflingu almenningsamgangna verði a.m.k. að tvöfalda hlutdeild almenningsamgangna í öllum ferðum sem farnar eru á höfuðborgarsvæðinu.

Til að þetta meginmarkmið náist er skynsamlegt og jafnvel nauðsynlegt að á tímabilinu þróist hluti af hefðbundnu strætisvagnakerfi höfuðborgarsvæðisins yfir í hraðvagnakerfi. Dæmin hér á undan sýna að komið er að þeim tímamarki að hefðbundnir vagnar í óbreyttu kerfi flytja ekki mikið fleiri farþega.

Við endurskoðun svæðisskipulags höfuðborgarsvæðisins sem fyrirhugað er á næstu misserum er lykilatriði að sveitarfélögin taki frá rými fyrir almenningsamgöngur framtíðarinnar og leggi niður framtíðarsýn og skipulag fjöldaflutninga á fólki innan svæðisins.

Áður en farið er út í fjárfestingu af svipaðri stærðargráðu og hraðvagnakerfi sem er til umfjöllunar í þessari skýrslu, er nauðsynlegt að gera ítarlegri rannsóknir á rekstrarkostnaði, hagkvæmni hraðvagnakerfisins og framkvæma félagshagfræðilega greiningu á ávinningi verkefnisins (e. *socio-economic analysis*). Þannig eru könnuð bein og óbein áhrif slíkrar framkvæmdar á samfélag og umhverfi. Að auki þarf að vinna farþegafjöldaspá til að meta áætlaðan fjölda notenda, sem yrði inntaksstærð í hagkvæmnisrannsóknina þegar tekjur af fargjöldum og fleiri stærðir yrðu metnar.

Töluverð reynsla er af hraðvagnakerfum og hágæða almenningsamgöngukerfum almennt úti í heimi og búið er að útbúa góðar leiðarbeiningar. Evrópusambandið gaf út PROCEED leiðavísinn sem snýr að uppbyggingu hágæða almenningsamgöngum fyrir litlar og millistórar borgir [PROCEED 2009]. Í Bandaríkjunum voru gefnar út leiðbeiningar annars vegar um skipulag hraðvagnakerfa [ITDP 2007] og hins vegar fyrir sérfræðinga í samgöngumálum sem vinna að hraðvagnakerfum [TCRP 2007]. Það er mat ráðgjafa að þeir sem koma að undirbúningi hraðvagnakerfa hér á landi kynni sér þessar leiðbeiningar með gagnrýnum hug og noti bestu lausnir þeirra sem henta best við íslenskar aðstæður.

Að lokum telur ráðgjafi þörf á að leita samstarfs hjá almenningsamgönguyfirvöldum (Lane Transit District) í Eugene, Bandaríkjunum. Þeirra hraðvagnakerfi, Emerald Express (EmX) er frábært dæmi um „full-service BRT“ í borg sem er mjög sambærileg Reykjavík að stærð.

6. Heimildaskrá

- Almenna Verkfræðistofan (2010). *Sérakreinar strætisvagna á höfuðborgarsvæðinu*. Rannsóknarsjóður Vegagerðarinnar.
- Bailey, L. (2007). *Public Transportation and Petroleum Savings in the U.S.: Reducing Dependence on Oil*. ICF International for the American Public Transportation Association.
- Cervero R., Borkowitz T., Ibosho-Sloop K., Hull E., Rosales J., Poticha S., Wood J., Dunphy R., Koelbel C. (2008). *Effects of TOD on Housing, Parking, and Travel – TCRP Report 128*. Final Draft 08/01/2008. PB PlaceMaking, Robert Cervero PhD, Center for Transit Oriented Development, Urban Land Institute. Transit Cooperative Research Program. Research Findings. Limited use document.
- Frans Mensonides (2012). Heimasíða Frans Mensonides - <http://www.fransmensonides.nl/maxx.htm>. Skoðuð 15.02.2012.
- FTA – Federal Transit Administration (2009a). *Quantifying the Importance of Image and Perception to Bus Rapid Transit*. Report No: FTA-FL-26-7109.2009.2. United States Department of Transportation. National Bus Rapid Transit Institute. Center for Urban Transportation Research. Redhill Group, Inc.
- FTA – Federal Transit Administration (2009b). *The EmX Franklin Corridor – BRT Project Evaluation*. Report No: FTA-FL-26-7109.2009.3. United States Department of Transportation. National Bus Rapid Transit Institute. Center for Urban Transportation Research.
- FTA – Federal Transit Administration (2009c). *Characteristics of BUS RAPID TRANSIT for Decision Making*. Project No: FTA-FL-26-7109.2009.1. United States Department of Transportation. National Bus Rapid Transit Institute.
- ftmetro (2012). Heimasíða ftmetro - <http://www.goftr.com/swansea/>. Skoðuð 16.02.2012.
- GAO – General Accounting Office (2003). *FEDERAL TRANSIT ADMINISTRATION – Bus Rapid Transit Offers Communities a Flexible Mass Transit Option*. GAO-03-729T. Testimony Before the Committee on Banking, Housing, and Urban Affairs. U.S. Senate. Washington D.C.
- GoBRT (2011). Heimasíða Go BRT - <http://www.gobrt.org/Eugene.html>. Skoðuð 01.09.2011.
- Harpa Stefánsdóttir og Hildigunnur Haraldsdóttir (2010). *Skipulag á höfuðborgarsvæðinu – sjálfbær þróun í samgöngum – áfangaskýrsla mars 2010*. Rannsóknarsjóður Vegagerðarinnar.
- Hildigunnur Haraldsdóttir og Harpa Stefánsdóttir (2010). *Skipulag á höfuðborgarsvæðinu – sjálfbær þróun í samgöngum – áfangaskýrsla október 2010*. Rannsóknarsjóður Vegagerðarinnar.
- IRR – Innanríkisráðuneytið (2011). *Tillaga til þingsályktunar um samgönguáætlun fyrir árin 2011-2022*. Þingskjal 534 – 393. mál. Lögð fyrir Alþingi á 140. löggjafarþingi 2011-2012.

- ITDP – Institute for Transportation & Development Policy (2007). *Bus Rapid Transit – Planning Guide*. Institute for Transportation & Development Policy. New York.
- LTD – Lane Transit District (2009). *Fact Sheet – West Eugene EmX Extension*. Minnisblað á heimasíðu Lane Council of Governments (LCOG). http://www.lcog.org/documents/meetings/tcac/1111/CAC7_EmX-Fact-Sheet-LTD-Oct2011.pdf. Síða skoðuð 13.02.2012.
- LTD – Lane Transit District (2012). Heimasíða Lane Transit District - <http://www.ltd.org/ada.html?link=/search/showresult.html&noada=1&versionthread=0823b43d0c6fb372c3fd423dfb2e2167>. Frétt skoðuð 22.02.2012.
- Mannvit (2009). *Minnkun losunar gróðurhúsalofttegunda frá bifreiðum og tækjum*. Unnið fyrir Vegagerðina og nýtt af Sérfræðinganefnd Umhverfisráðuneytisins.
- Mannvit (2010). *Aðreinar og fráreinar – Slysatiðni – Miklabraut milli Skeiðarvogs og Lönguhlíðar*. Rannsóknarsjóður Vegagerðarinnar.
- Ohland, G., Poticha, S. (2006). *Street Smart: Streetcars and Cities in the 21st Century*. Reconnecting America – Center for Transit-Oriented Development. PROCEED (2009). *Principles of successful high quality public transport operation and development – DELIVERABLE 4 Guidelines for European High Quality Public Transport in small and medium sized cities*. No TREN/05/FP6TR/S07.58672/020002. Directorate General for Energy and Transport.
- Strætó (2011). *Farþegatalningar haustið 2011, 2. hluti – Tölulegar staðreyndir*. Höfundur Einar Kristjánsson Sviðsstjóri skipulags- og þróunarsviðs Strætó bs.
- SYSTRA (2012). Heimasíða SYSTRA, alþjóðlegra ráðgjafaverkfræðinga í lestar- og borgarsamgöngum - <http://www.systra.com>. Skoðuð 15.02.2012.
- TCRP – Transit Cooperative Research Program (2003). *Report 90: Bus Rapid Transit, Volume 1 - Case Studies in Bus Rapid Transit*. Transportation Research Board. Washington, D.C.
- TCRP – Transit Cooperative Research Program (2007). *Report 118: Bus Rapid Transit Practitioner's Guide*. Sponsored by the Federal Transit Administration. Transportation Research Board. Washington, D.C.
- Tromerca (2012). Heimasíða Tromerca - http://www.tromerca.gob.ve/index.php?option=com_content&view=article&id=116:trolebus-de-merida-supero-cifra-de-usuarios-movilizados-pordia. Skoðuð 13.02.2012.
- Tumlin, J., Millard-Ball, A. (2003). *How to Make Transit-Oriented Development Work*. Planning Magazine, American Planning Association (www.planning.org).
- VSÓ, Samgönguráðuneytið og Umhverfis- og samgöngusvið Reykjavíkurborgar (2009). *Lestar-samgöngur á SV-landi – Endurmat á hagkvæmni*. Verkefni unnið í kjölfar samþykktar borgarráðs Reykjavíkur 27. mars 2008.



VTPI – Victoria Transport Policy Institute (2008). *Transit Oriented Development. Using Public Transit to Create More Accessible and Livable Neighborhoods*. Úr netvæddri alfræðiorðabók VTPI um stjórnun umferðarálags.

Vuchic, R. V. (2007). *Urban Transit – Systems and Technology*. John Wiley & Sons, Inc. New Jersey. USA

Wiki (2011a). Heimasíða Wikipedia - [http://en.wikipedia.org/wiki/Emerald_Express_\(EmX\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Emerald_Express_(EmX)). Skoðuð 01.09.2011.








Viðauki A



Hraðvagnakerfi

Tegund akstursleiða

Skýringar

-  Blönduð umferð (engin framkvæmd)
-  Fullur aðskilnaður (forgangur A)
-  Aðskildar sérreinar en sameiginleg gatnamót (forgangur B)
-  Biðstöð
-  Forgangur á gatnamótum




Viðauki B




Hraðvagnakerfi

Rými á miðeyju

Skýringar

 > 8,0 m miðeyja (pláss f. tvær akreinar)

 4,0- 8,0m miðeyja (pláss f. eina akrein)

 < 4,0 m miðeyja (ekki pláss f. eina akrein)

 Rampi /brú

 Biðstöð

 Forgangur á gatnamótum