



BORGARLÍNA OG UMFERÐARÖRYGGI

Rannsóknarverkefni

Október 2019



18167

S:\2018\18167\Greinagerð\18167_sk190930_Borgarlínu og umferðaröryggi.docx

Nr. útg.	Dagsetning	Unnið	Yfirfarið	Samþykkt
1	1.10.2019	SJ/NÓE/LMG	SÓ	SJ

Unnið af:

VSÓ Ráðgjöf
Borgartúni 20, 105 Reykjavík

www.vso.is

Unnið fyrir:



Vegagerðin
Borgartúni 5-7, 105 Reykjavík

Efnisyfirlit

1	Samantekt	3
2	Inngangur	4
2.1	Tilgangur og markmið	4
3	Almennt	5
4	Öryggi	6
5	Þversnið og staðsetning sérreina	6
6	Hraði	8
7	Stoppistöðvar	9
7.1	Hliðraðar stoppistöðvar	10
7.2	Samhverf stoppistöð	11
7.3	Stoppistöð á miðeyju	12
7.4	Stoppistöð við jaðarlæga sérrein	12
7.5	Gönguþveranir við stoppistöðvar	13
8	Gatnamót	14
8.1	Skiltuð gatnamót	14
8.2	Ljósastýrð gatnamót	15
8.3	Hringtorg	16
8.4	Lykkjur	19
8.5	Aðrar lausnir	19
9	Gangandi og hjólandi	20
9.1	Gönguþveranir	21
9.2	Göngu- og hjólastígar	22
10	Öryggissvæði	23
11	Kerfisskipti	25
12	Öryggismat og -rýni	26
13	Niðurstöður	26
14	Heimildir	28
15	Viðauki	29

1 Samantekt

Hryggjarstyrkkið í Svæðisskipulagi höfuðborgarsvæðisins til ársins 2040 sem samþykkt var árið 2015 er þróunar- og samgönguás. Áætlað er að hágæða almenningssamgöngur, eða svokölluð Borgarlína, verði meðfram ásnum og er stefnt að því að hún verði Bus Rapid Transit kerfi (BRT). Mikil umræða hefur skapast um þessar hágæða almenningssamgöngur og er nú gert ráð fyrir umfangsmiklu Borgarlínu kerfi sem mun fara víða um höfuðborgarsvæðið. Tilgangur þessa verkefnisins er að varpa ljósi á helstu þætti sem þarf að huga að við skipulagningu og hönnun Borgarlínu m.t.t umferðaröryggis og vera þannig innlegg í upplýsta umræðu um Borgarlínu. Í verkefninu er litið til erlendra rannsókna um umferðaröryggi BRT.

Breyting á umferðaröryggi tengist því ekki beint hvaða tæknilausn verður notuð, t.d. BRT eða léttlest, heldur er það frekar innviðauppbýggingin sem fylgir innleiðingu samgöngukerfisins. Reynslan sýnir að með tilkomu BRT sem er vel útfært eykst öryggi. Því meiri forgang sem kerfunum er veittur, óháð tækninni sem notuð er, því meira eykst umferðaröryggi. Áætlanir gera ráð fyrir að Borgarlína muni nýta sérreinar og af því leiðir að öryggi í samgöngum eykst, sem mun hafa jákvæð áhrif á umferðaröryggi á höfuðborgarsvæðinu.

Miðlæg BRT, bann á vinstri beygjum og ljósastýrðar göngubveranir með miðeyju hafa marktæk jákvæð áhrif á umferðaröryggi BRT.

Styttri ferðatími og aukinn meðalhraði BRT, miðað við hefðbundið strætókerfi, stafar helst af meiri forgangi, lengri vegalengdar á milli stoppistöðva og stærð biðstöðva en ekki hærrí hámarkshraða. Almenn tækjar hámarkshraði almenningssvagna ekki með tilkomu BRT-kerfis.

Mikilvægt er að kröfur um öryggissvæði séu uppfylltar og að ná athygli vegfarenda, sérstaklega á stoppistöðvum, til að auka umferðaröryggi. Jafnframt ætti að huga sérstaklega að skólaleiðum og umferðarþróun á framkvæmdatíma en skýrleiki og upplýsingagjöf eru þar lykilþættir.

Aðgerðir og lausnir í viðurkenndum leiðbeiningum um uppbyggingu almenningssamgangna, BRT og léttlesta, uppfylla í langflestum tilfellum kröfur um umferðaröryggi og aðgengi fyrir alla. Því er lagt til að slíkum leiðbeiningum verði fylgt til hins ýtrasta.

Íslendingar eru ekki vanir BRT og það getur leitt til nýrra og ófyrirsjáanlegra áskorana í umferðaröryggi. Mikilvægt er því að framkvæma bæði umferðaröryggismat og umferðaröryggisrýni.

2 Inngangur

Eftirfarandi skýrsla er afrakstur rannsóknar VSÓ Ráðgjafar sem nefnist *Borgarlína og umferðaröryggi*. Rannsóknin var styrkt af Rannsóknarsjóði Vegagerðarinnar. Verkefnið var unnið af Svanhildi Jónsdóttur, Nils Ólafi Egilssyni og Láru Margréti Gísladóttur hjá VSÓ Ráðgjöf.

Höfundar skýrslunnar bera ábyrgð á innihaldi hennar. Niðurstöður hennar ber ekki að túlka sem yfirlýsta stefnu Vegagerðarinnar né álit þeirra stofnana eða fyrirtækja sem höfundar starfa hjá.

Hryggjarstykkið í Svæðisskipulagi höfuðborgarsvæðisins sem samþykkt var árið 2015 er þróunar- og samgönguás. Áætlað er að hágæða almenningssamgöngukerfi, svokölluð Borgarlína, verði meðfram ásnum.

Borgarlína er hágæða almenningssamgöngukerfi sem fyrirhugað er að byggja á höfuðborgarsvæðinu en hágæða almenningssamgöngur eru ekki til staðar á Íslandi í dag og því um nýjung að ræða fyrir Ísland. Stefnt er að því að Borgarlína verði Bus Rapid Transit kerfi (BRT-kerfi) sem oft hefur verið líkt við léttlest á gúmmihjólum. Borgarlína mun hafa áhrif á nærumhverfi sitt þ.m.t. umferðaröryggi. Notast verður við skammstöfunina BRT í þessari skýrslu.

Í verkefninu var litið til erlendra rannsókna um umferðaröryggi BRT. Við vinnslu verkefnisins voru einnig nýttar rannsóknir um léttlestar en margt er líkt með þessum kerfum. Staðsetning sérreina, þversnið, hraði, gatnamót og stoppistöðvar voru meðal helstu atriða sem skoðuð voru.

2.1 Tilgangur og markmið

Tilgangur og markmið verkefnisins er að varpa ljósi á helstu þætti sem þarf að huga að við skipulagningu og hönnun Borgarlínu m.t.t umferðaröryggis og vera þannig innlegg í upplýsta umræðu um Borgarlínu.

3 Almennt

Borgarlína mun m.a. aka á sérreinum, aka á 5-10 tíðni, hafa forgang á gatnamótum og aukin afköst, vera með áreiðanlega þjónustu og þreplaust aðgengi, einnig upphituð skýli á helstu stöðum og fargjald verður greitt utan vagna (Samtök sveitarfélaga á höfuðborgarsvæðinu, 2017).

BRT getur verið á miðlægum eða jaðarlægum sérreinum, sjá dæmi á myndum 3.1-3.2. Einnig getur BRT verið í blandaðri umferð, sbr. mynd 3.3, en þá er hættu á að gæðin minnki fljótt. Í heimildum sem rýndar voru var algengt að fjallað væri um sérreinar sitthvoru megin við akbrautir (sjá mynd 3.4) enda stundum flokkað sem hálfgerð BRT kerfi, í dag fást engin stig í BRT Standard (ITDB, 2016) fyrir slíka útfærslu. Þróunin virðist vera sú að vinsældir sérreina sitthvoru megin við akbrautir hafi dvínað og að miðlægt BRT sé algengast.



Mynd 3.1 Miðlægt BRT, vagn ekur á sérreinum í miðju.



Mynd 3.2 Jaðarlægt BRT, vagn ekur á sérreinum öðru megin.



Mynd 3.3 BRT í blandaðri umferð.



Mynd 3.4 Sérrein sitthvoru megin við akbrautir.

4 Öryggi

Reynslan sýnir að hágæða almenningsamgöngukerfi hafa almennt jákvæð áhrif á umferðaröryggi (Statens Vegvesen, 2016). Rannsóknir benda til þess að bætt umferðaröryggi tengist ekki beint hvaða tæknilausn er innleidd, s.s. BRT eða léttlestarkerfi, heldur er það frekar innviðaupbyggingin sem fylgir innleiðingu samgöngukerfisins. Því meiri forgang sem kerfunum er veittur, óháð því hvernig kerfi um ræðir, eykst umferðaröryggi svo það er mikilvægt að BRT vagnar keyri á sérreinum (WRI, 2015). Nauðsynlegt er að göngu- og hjólastígakerfi séu hluti af innviðaupbyggingunni því samþætting stígakerfa og BRT bætir aðgengi farþega og bætir umferðaröryggi (ITDP, 2016). Umferð um nálæg hverfi við BRT getur í einhverjum tilfellum aukist, sjá t.d. kafla 8.4 um lykkjur og mikilvægt er að huga að umferðaröryggi í þeim hverfum (WRI, 2015).

Við innleiðingu BRT í Reykjavík þarf einnig að huga að því að íbúar hér á landi eru óvanir sérreinum þar sem keyrt er í báðar áttir. Reynslan sýnir að óvönnum vegfarendum getur fundist ruglandi að þvera tvístefndar BRT sérreinar og fundist þeir óöryggir. Það er því mikilvægt að merkingar við göngubveranir séu skýrar og veki athygli vegfarenda á því að líta til beggja átta (Vejregler, 2016a).

Aðgerðir og lausnir í leiðbeiningum um uppbyggingu almenningsamgangna og BRT kerfa uppfylla, í langflestum tilfellum, kröfur um umferðaröryggi og um aðgengi fyrir alla. Því ætti að fylgja slíkum leiðbeiningum til hins ýtrasta og að framkvæmt sé umferðaröryggismat og umferðaröryggisrýni.

5 Þversnið og staðsetning sérreina

Flestum heimildum ber saman um að miðlægt BRT sé öruggara en sérreinar sem aka sitthvoru megin við akbrautir, óháð því hvort að vinstri beygjur yfir BRT séu bannaðar eða ekki. Best er þó að takmarka og helst banna alveg vinstri beygjur. Sérreinar sem aka sitthvoru megin við akbrautir eru öruggari en hefðbundið strætókerfi í blönduðum akstri og þá helst vegna aukins forgangs og aðskilnaðar. Erfitt reyndist að finna heimildir um umferðaröryggi jaðarlægs BRT og því er erfitt að fullyrða hversu örugg sú lausn er.

Kostur miðlægs BRT er að það tryggir örugga fjarlægð milli BRT og gangandi og hjólandi vegfarenda. Það eykur almennt öryggi þeirra og dregur úr hættu á hjólandi nýti sérreina BRT kerfisins. BRT ætti að vera aðskilið frá almennri umferð með fýsiskum aðskilnaði, til dæmis kantstein, miðeyjum eða gróðri. Sé máluð kantlína notuð en ekki fýsiskur aðskilnaður þá er æskilegt að hraði sé minni en 40 km/klst, þó á því séu til einhverjar undantekningar (Vejregler, 2016b).

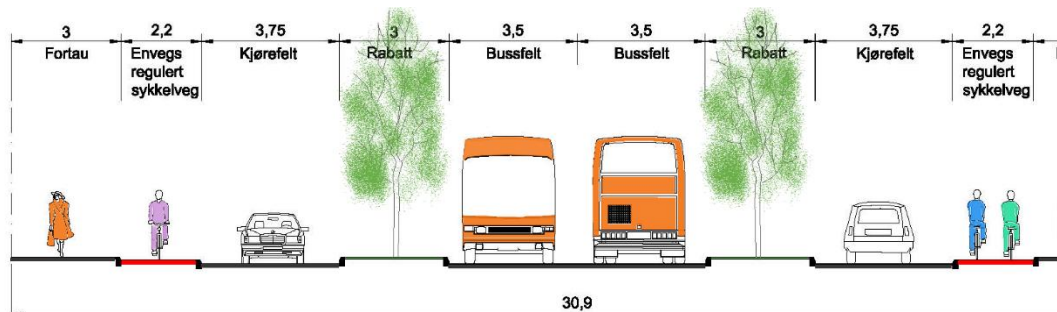
Sérreinar sem aka sitthvoru megin við akbrautir geta leitt til árekstra við umferð meðfram vegkantinum, svo sem við leigubíla sem eru að taka upp farþega, bíla sem þurfa að beygja til hægri yfir akbraut eða sendibíla sem eru að koma með vörur (ITDP, 2007, bls. 186). Ókostur sérreinar sem aka sitthvoru megin við akbrautir er að allir bílar sem beygja af og inn á aðalgötu þurfa að þvera BRT, nema að hægri og/eða vinstri beygjur séu bannaðar. Reynst getur erfitt að banna hægri beygjur og það getur haft neikvæð áhrif á umferðaröryggi. Auðveldara er að banna vinstri beygjur fyrir miðlægt BRT, því hægt er að setja vinstri beygjur í lykkju.

Við sérreinar sem aka sitthvoru megin við akbrautir á að vera skýr aðskilnaður við stíga, til dæmis kantsteinn eða gróður, sem ræðst af rými í þversniði og öryggissvæði BRT. Aðskilnaður getur aukið öryggistilfinningu gangandi og hjólandi vegfarenda en langur fýsiskur aðskilnaður getur virkað sem mikil hindrun og valdið óöryggi þegar umferð er róleg. Þetta þarf að hafa í huga í sambandi við umferðaröryggi (Vejregler, 2016b).

Jaðarlægt BRT og sérreinar sem aka sitthvoru megin við akbrautir geta verið hentugri kostur í einhverjum tilfellum en miðlægt BRT, t.d. ef fá gatnamót eru á löngum vegkafla. Það sama gildir þegar BRT liggur meðfram almenningsgöðum, tjörnum eða opnum svæðum. (ITDP, 2007).

Jaðarlægt BRT hentar vel þar sem öll byggð/áningarstaðir eru öðru megin og þar með þurfa vegfarendur ekki að þvera almenna umferð. Jafntframt myndast tækifæri til að skapa rólegt umhverfi fyrir farþega. Hins vegar geta t.d. gatnamót og vóruflutningar verið erfiðar viðfangs m.t.t. umferðaröryggis og ósamhverft umhverfi og óskýrar aðstæður geta reynst vegfarendum erfiðar (Mannvit, 2019).

Staðlað þversnið með BRT ætti að vera nægilega breitt til þess að rúma stoppistöð, BRT í báðar áttir, tvær brautar fyrir umferð í báðar áttir og nægt rými fyrir hjólandi og gangandi. Á mynd 5.1 er sýnt dæmi um þversnið með miðlægu BRT. Fjallað er um breiddir stoppistöðva, stíga og öryggissvæði sem hafa áhrif á þversnið í köflum 7, 9 og 10.



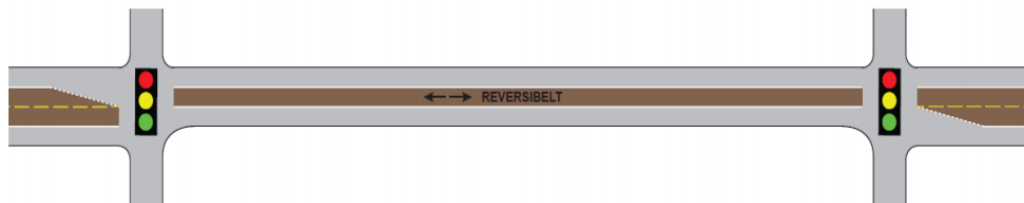
Mynd 5.1 Dæmi um þversnið af miðlægu BRT. (Reykjavíkurborg, 2019)

Ef rými í þversniði er ekki nægilegt fyrir BRT á sérrein kemur til greina að hafa BRT í blandaðri umferð. Lítið er svo á að umferðaröryggi BRT í blandaðri umferð sé svipað og hefðbundið strætókerfi í blönduðum akstri og því er miðlægt BRT talið öruggara en BRT í blandaðri umferð. Sé valið að hafa BRT í blandaðri umferð ætti að huga sérstaklega að því að velja hraða fyrir BRT sem hentar umhverfinu. Staðir þar sem þessi lausn kemur helst til greina er á götum þar sem umferð er lítil, fá gatnamót og gönguþveranir og helst á stuttum vegköflum.

Þegar rými er takmarkað fyrir þversnið er einnig hægt að hafa tímabundna sérrein þar sem umferðinni er stýrt með ljósum þannig að þegar BRT þarf að komast í gegn er lokað fyrir umferð á akbraut og opnað eftir að BRT er kominn á akbraut, sjá mynd 5.2 (X2AB, 2015). Annar möguleiki er tvístefnt BRT með tímaskiptingu en þá er forgangur BRT eftir því hvað klukkan er og í hvaða átt umferðin er mest, sjá mynd 5.3 (X2AB, 2015, bls. 43). Heimildir um reynslu vegna umferðaröryggi þessara lausna eru af skörum skammti. Þó er bent á að almennt skuli reyna að koma í veg fyrir að BRT keyri í öfuga akstursstefnu vegna þess að líkurnar á að fótgangandi slasi sig eru verulegar (ITDP, 2007, bls. 187-188). Rannsóknir í Latnesku-Ameríku sýna aukningu á öllum tegundum slysa, alvarlegum- og banaslysum, fótgangandi og árekstrum við þær aðstæður. Aukning á slysum virðist liggja í því að vegfarendur eru ekki viðbúnir umferð úr öfugri átt (WRI, 2015, bls. 103). Hafa ætti þó í huga að umferðaröryggi í Latnesku-Ameríku er almennt ekki talið jafn gott og á Íslandi, einnig er umferðin þar mun meiri og götur stærri.



Mynd 5.2 Tímabundin ljósastrýrð BRT sérrein (X2AB, 2015).



Mynd 5.3 Tvístefna BRT á stuttum götukafli (Statens vegvesen, 2016).

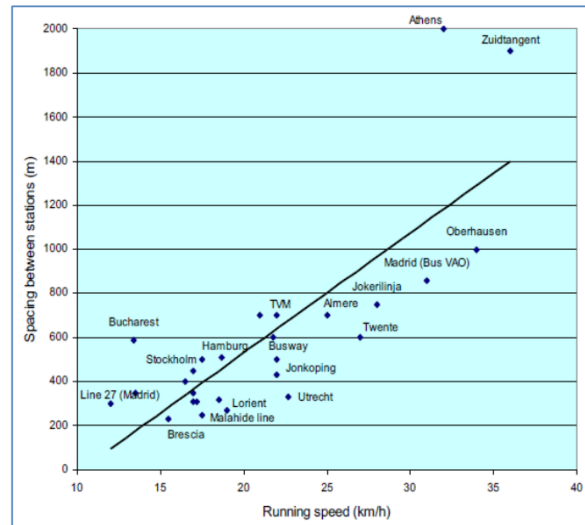
6 Hraði

BRT hefur þann kost, fram yfir strætókerfið sem þekktist hér á Íslandi, að vera skilvirkara og farþegar komast hraðar yfir. Þá vakna eðlilega spurningar hjá almenningi um það hvort vagnarnir muni keyra mjög hratt og jafnvel hraðar en umferðarreglur leyfa.

Helsta ástæðan fyrir því að BRT kerfi ná góðum meðalhraða er sú að vagnarnir keyra á sérreinum, miðlægum eða jaðarlægum, frekar en að hámarkshraðinn sé hærrí. Til að vagninn verði fyrir sem minnstri truflun og geti haldið jöfnum hraða er æskilegt að það sé fýsískur aðskilnaður milli sérreina og almennrar umferðar. Meðalhraðinn ræðst þó alltaf af umhverfi BRT og getur hann því verið mjög misjafn. Dæmi eru um að BRT vagnar hafi náð hámarkshraða allt að 110 km/klst í Adelaide í Ástralíu og 70-90 km/klst í Ottawa í Kanada, þar sem aðskilnaður er góður og langt á milli stöðva. Þá eru dæmi um að meðalhraði BRT kerfa sé meiri í úthverfum borga heldur en í miðborgum (Statens Vegvesen, 2016).

Meðalhraði BRT kerfa ræðst einnig af lengdinni á milli stoppistöðva, sem oft er á bilinu 500 til 600 metrar. Meðalhraði nútíma léttlesta og BRT er oft um 22-23 km/klst en til eru dæmi um að lokuð BRT kerfi, þ.e.a.s. kerfi sem eru alveg aðskilin frá almennri umferð, hafi náð allt að 25 km/klst meðalhraða (ITDP, 2007). Mynd 6.1 sýnir sambandið milli fjarlægðar á milli stoppistöðva og hraða BRT í nokkrum borgum í Evrópu. Sjá má að því meiri sem fjarlægðin er því hraðar ferðast BRT (Statens Vegvesen, 2016).

Tækniframfarir eru líka ástæða fyrir því að BRT kerfi hafa náð góðum meðalhraða. Sem dæmi má nefna að í Nantes í Frakklandi er ferðatíminn með BRT nokkuð styttri en með sporvagnakerfinu, þrátt fyrir að það sé styttra á milli stoppistöðva í BRT kerfinu, þar sem vagnarnir í BRT kerfinu hafa betri hröðun og styttri stöðvunartíma en sporvagnarnir (X2AB, 2015). Önnur ástæða fyrir því að BRT ná svipuðum ferðatíma og sporvagnakerfi er sú að stoppistöðvarnar rúma nú mun fleiri vagna en áður, sem að býður uppá betra flæði vagna (ITDP, 2007).



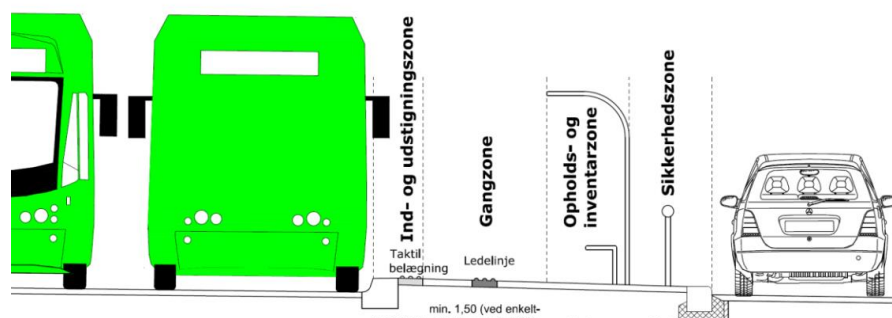
Mynd 6.1 Samband milli fjarlægðar og hraða (Statens Vegvesen, 2016).

Betri stoppistöðvar bæta einnig ferðatímann þar sem aðgengi farþega að vögnunum er betra, ekkert þrep upp í vagninn eða stórt bil á milli brautarpalla og vagna, einnig borga farþegar ekki í vögnunum heldur hafa þeir borgað áður en þeir fara um borð. Þessir tveir þættir flýta mikið fyrir inn- og útstigum úr vögnunum sem hefur mikil áhrif á ferðatímann (X2AB, 2015).

Ofangreind atriði sýna að bætt skipulag, aukinn aðskilnaður BRT frá almennri umferð og tækniframfarir eru helstu ástæðurnar fyrir því að meðalhraði BRT kerfa er hærri en strætókerfa í blönduðum akstri, en ekki aukinn aksturshraði. Þá hefur aukinn forgangur vagnanna og betra aðgengi á stoppistöðvum jákvæð áhrif á ferðatímann.

7 Stoppistöðvar

Stærð brautarpalla á stoppistöðvum skiptir miklu máli þegar kemur að öryggi farþega. Við ákvörðun á stærð brautarpalla ætti að gera þarfagreiningu, fyrir hverja og eina stöð, um mögulegan fjölda farþega. Mikilvægt er að brautarpallarnir rúmi alla þá farþega sem nota stoppistöðina á háannatíma því annars er hætt á því að farþegar fari að bíða á miðeyjunum eða sérreininni, þar sem öryggi þeirra er ekki tryggt. Stærðin ræðst einnig af stærð og fjölda vagna sem stoppa á stoppistöðinni. Mynd 7.1 sýnir þversnið af dæmigerðri stoppistöð. Brautarpallurinn skal minnst vera 3ja metra breiður og þar af verður að vera 2ja metra breið gönguleið umhverfis biðskýlið, sem þýðir að biðskýlið getur einungis verið 1 metra breytt ef brautarpallurinn er 3 metra breiður. Þá verður að vera 0,4 metra breytt öryggissvæði fyrir aftan biðskýlið, að vegi með almennri umferð (Statens Vegvesen, 2016).



Mynd 7.1 Þversnið af stoppistöð (Vejregler, 2016a).

Til þess að uppfylla alþjóðlegar kröfur um öryggi þarf aðgengi upp á brautarpalla að vera gott, þreplaust aðgengi inn í vagna þarf að vera tryggt og vel hugað að þörfum hreyfihamlaðra og blindra. Einnig er mikilvægt að biðskýli séu vel hönnuð og rúmgóð, með bekkjum og upplýsingaskjám fyrir farþega. Stoppistöðvar þurfa jafnframt að vera vel lýstar til að auka þægindi og öryggistilfinningu farþega.

Það er mikið öryggi falið í því fyrir farþega BRT kerfa að hafa sem minnst bil á milli brautarpalls og vagns og til eru ýmsar leiðir til að ná því (X2AB, 2015). Nokkrar ástæður geta verið fyrir því að bil myndast, t.d. illa hönnuð stoppistöð eða léleg þjálfun vagnstjóra (ITDP, 2014b).

Til þess að auðvelda vagnstjórum að keyra eins nálægt stoppistöðinni og mögulegt er má setja leiðbeinandi kantsteina sem skemma ekki dekk vagnanna eða leiðbeinandi línur til að fylgja og komast nær brautarpallinum. Nokkrar tegundir eru til af kantsteinum og má sjá eitt dæmi á mynd 7.2. Þá eru einnig til nokkrar útfærslur af leiðbeinandi línunum og skiptast þær í tvennt, annars vegar línur sem bílstjórinn fylgir og hins vegar línur sem tölva, tengd við stýribúnað vagnsins, les inn og fylgir. Viðbótar ávinningurinn af því að setja upp tölur í vögnum er þó lítil miðað við kostnaðarmuninn. Mynd 7.3 sýnir útfærslu þar sem bílstjóri vagns fylgir gulri línu á götunni með því að nota gula línu á mælaborðinu (ITDP, 2014). Einnig er hægt að hafa litla palla á vögnunum sem standa aðeins út, til þess að minnka bilið á milli vagns og brautarpalls, eða hafa brautarpalla sem að standa dálítið út (X2AB, 2015, bls. 48).



Mynd 7.2 Leiðbeinandi kantsteinnur.

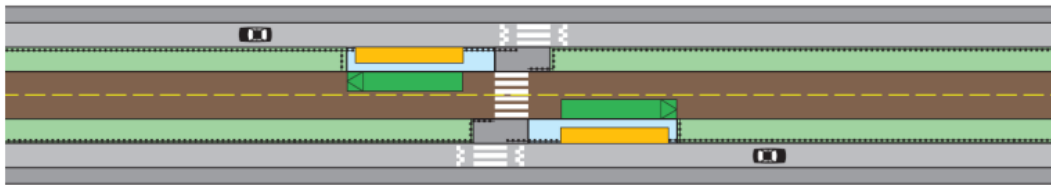


Mynd 7.3 BRT vagn keyrir eftir leiðbeinandi línu, sjá gula línu (ITDP, 2014).

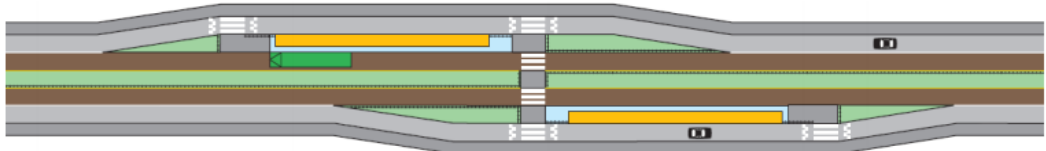
Í köflum 7.1-7.6 verður farið yfir nokkrar mögulegar staðsetningar á stoppistöðvum, bæði fyrir miðlægar og jaðarlægar sérreinar. Útfærslurnar í köflum 7.1-7.3 geta bæði gilt fyrir miðlægar sérreinar og jaðarlægar sérreinar þar sem vagnar aka öðru megin, hlið við hlið.

7.1 Hliðraðar stoppistöðvar

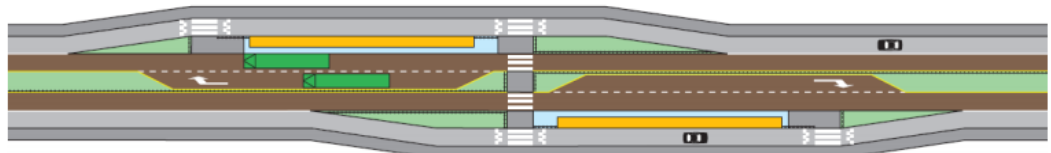
Sjá má nokkur dæmi um hliðraðar stoppistöðvar á myndum 7.4-7.6. Mynd 7.4 sýnir útfærslu á stoppistöð þar sem miðlæga sérreinin er aðskilin frá almennri umferð með miðeyju. Myndir 7.5 og 7.6 sýna mismunandi útfærslur á stoppistöð þar sem miðlæga sérreinin er einungis aðskilin frá almennri umferð með málaðri línu en miðdeilir er á milli akstursstefna BRT kerfisins. Á mynd 7.6 má sjá lausn þar sem framúrakstur vagna er leyfður við stoppistöð sem veitir meiri sveigjanleika (Statens Vegvesen, 2016). Einnig má nefna að þar sem rými er takmarkað og miðeyja er ekki jafn breið og brautarpallur, getur hentað að hliðra stoppistöðvum enn frekar, en þá getur breidd þversniðs verið minni.



Mynd 7.4 Hliðruð stoppistöð þar sem miðlæg sérrein er aðskilin frá almennri umferð með miðdeili (Statens Vegvesen, 2016).



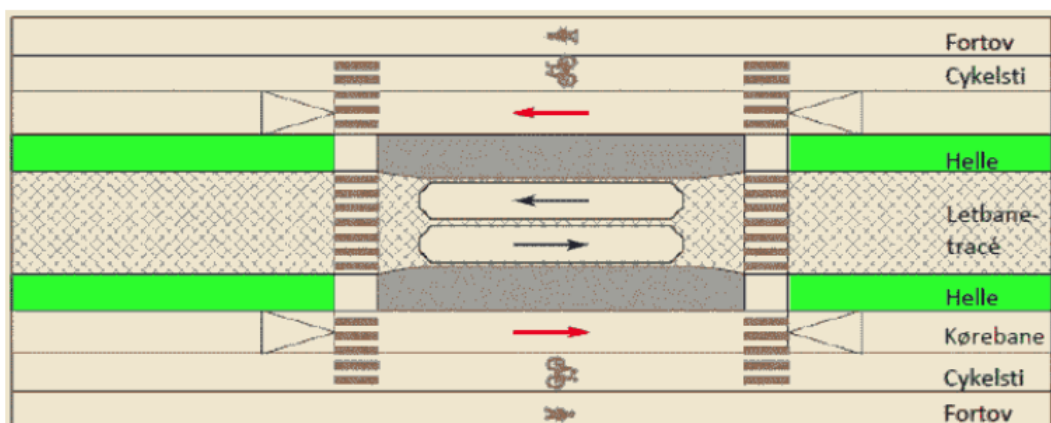
Mynd 7.5 Hliðruð stoppistöð þar sem miðlæg sérrein er aðskilin frá almennri umferð með málaðri línu (Statens Vegvesen, 2016).



Mynd 7.6 Hliðruð stoppistöð, framúrakstur vagna leyfður (Statens Vegvesen, 2016).

7.2 Samhverf stoppistöð

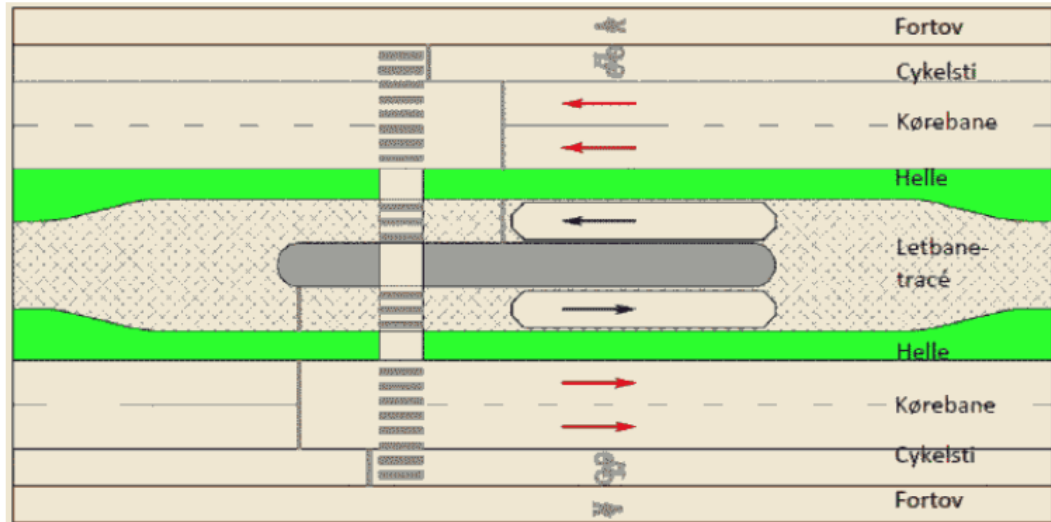
Samhverf stoppistöð, eins og sjá má á mynd 7.7, er mjög notendavæn þar sem farþegar eiga auðvelt með að skipta á milli akstursstefna. Þessi útfærsla hentar vel á stórum og fjölmönnum stoppistöðum þar sem gönguþveranir eru sitthvoru megin við stoppistöðvarnar (Vejregler, 2016d).



Mynd 7.7 Samhverf stoppistöð (Vejregler, 2016d).

7.3 Stoppistöð á miðeyju

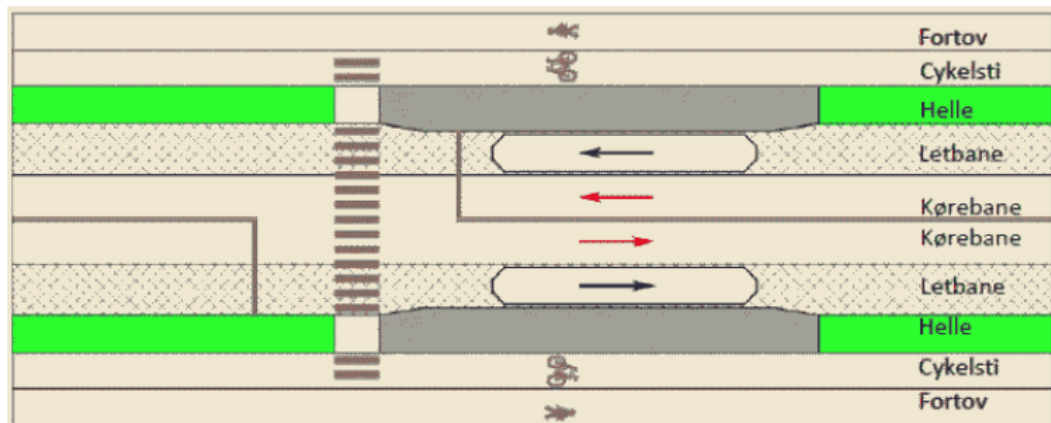
Stoppistöð á miðeyju er sýnd á mynd 7.8 og er hún mjög hentug og örugg fyrir farþega sem þurfa að skipta um akstursstefnu, þar sem þeir þurfa ekki að þvera BRT brautina (Vejregler, 2016d). Hafa ætti í huga að á stoppistöðvum á miðeyjum þurfa að vera hurðir á báðum hliðum vagnanna og almennir vagnar geta því ekki notað þær.



Mynd 7.8 Stoppistöð á miðeyju (Vejregler, 2016d).

7.4 Stoppistöð við jaðarlæga sérrein

Á mynd 7.9 má sjá stoppistöð við jaðarlæga sérrein þar sem vagnar aka beggja vegna við almenna umferð (Vejregler, 2016d).



Mynd 7.9 Samhverf stoppistöð við jaðarlæga sérrein (Vejregler, 2016d).

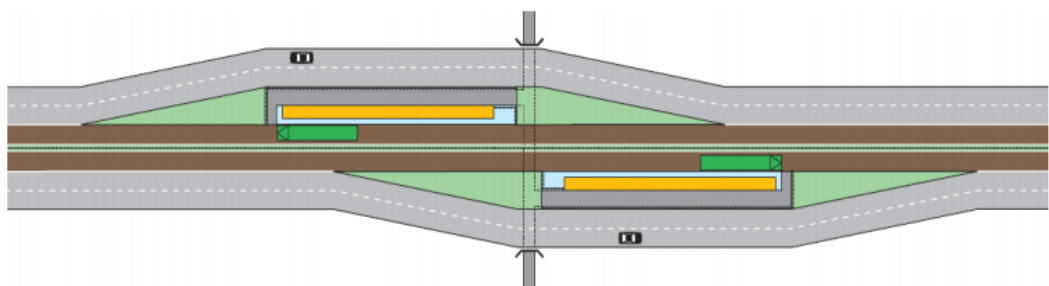
7.5 Gönguþveranir við stoppistöðvar

Huga þarf sérstaklega að hönnun gönguþverana við stoppistöðvar fyrir miðlægt BRT þar sem vegfarendur þurfa að þvera almenna umferð til að komast á stoppistöðina. Að lækka hraða umferðar við stoppistöðvar og gönguþveranirnar er lykilatriði til að tryggja öryggi og til þess þarf að nota hraðatakmarkandi aðgerðir. Æskilegt er að minnka breidd akbrautar fyrir umferð í 3 metra í nágrenni við stoppistöð (X2AB, 2015, bls. 47) og einnig koma til greina upphækkaðar gönguþveranir. Fyrir BRT má nota snjallar hraðahindranir, þ.e. „actibump“ en forðast ætti notkun kotta sem hraðalækkandi aðgerð í BRT kerfum.

Skásettar gönguþveranir til móts við akstursstefnu umferðarinnar, sbr. mynd 7.4, eru ekki nauðsynlegar en þær auka öryggi gangandi vegfarenda (Statens Vegvesen, 2016).

Hönnunarreglur fyrir stoppistöðvar Strætó bs. segja að þar sem gönguþveranir eru nálægt stoppistöðvum ætti fjarlægðin frá gönguþverun að afturhluta vagns að vera að minnsta kosti 5 metrar (Strætó bs., 2016). Í norska staðlinum (Statens Vegvesen, 2017a) segir enn fremur að brautarpallar megi minnst vera einum metra fyrir aftan gönguþverun. Stundum er þó nauðsynlegt er að hafa tvær gönguþveranir á stoppistöð á samhverfum, stórum og fjölmennum stoppistöðvum (Vejregler, 2016d). Þegar gönguþveranir eru ljósastýrðar á milli brautarpalla á stoppistöð ætti að vera gönguljós sem aðeins er rautt þegar BRT nálgast (Vejregler, 2016c).

Ef ekki er mögulegt að ná hraðanum niður við stoppistöðvar, til dæmis á fjölakreina stofnbrautum, verður annaðhvort að gera undirgöng að stoppistöðvunum eða göngubrú. Á mynd 7.10 má sjá dæmi um hliðraða stoppistöð þar sem undirgöng liggja til og frá stoppistöð fyrir farþega. Hafa verður í huga að rampar upp á stoppistöðvarnar þurfa að vera nógu langir til þess að uppfylla aðgengi fyrir alla og er gert ráð fyrir að þeir þurfi að vera um það bil 80 metra langir. Einnig er hægt að notast við göngubrú en þá þyrftu rampar niður á stoppistöðvarnar að vera enn lengri (Statens Vegvesen, 2016). Undirgöng og göngubrú eru öruggustu lausnirnar fyrir gangandi og hjólandi vegfarendur því þá eru alveg aðskildir frá annarri umferð.



Mynd 7.10 BRT kerfi á fjölakreina stofnbraut, undirgöng liggja að stoppistöðvum (Statens Vegvesen, 2016).

8 Gatnamót

Flest slys verða á gatnamótum þar sem stórar umferðaræðar krossa BRT leið. Því er lykilatriði að tryggja gott öryggi á þeim (WRI, 2015). Reiknimódel benda til þess að fyrir hverja auka akrein sem liggur í gegnum gatnamót fjölga alvarlegum slysum línulega um 17 %. Því er lykilatriði að hanna lítil og einföld gatnamót (WRI, 2015).

Það skiptir máli, varðandi öryggi á gatnamótum, úr hversu mörgum áttum er komið að gatnamótunum, sem og hversu margar akreinar eru úr hverri átt. Gatnamót þar sem umferð þverar BRT eru óruggari en gatnamót þar sem einungis hægri beygjur eru leyfðar.

Það eykur því öryggi á gatnamótum að breyta hefðbundnum X-gatnamótum í tvö T gatnamót og halda áfram með miðlæga umferðareyju (Duduta, o.fl., 2012). Gatnamót þar sem vinstri beygjur eru ekki leyfðar eru öruggari en gatnamót þar sem má taka vinstri beygju, en rannsóknir benda til þess að gatnamót sem hafa miðlæga sérrein þar sem vinstri beygjur eru leyfðar séu sérstaklega órugg (WRI, 2015).

Séu ljósastýrðar lausnir valdar ætti að huga að því hvernig lausnin virkar m.t.t umferðaröryggis komi það til að ljósinn verði óvirk.

Á gatnamótum er sérstaklega mikilvægt að hönnunarkröfum um vegferil fyrir BRT og aðra vegfarendur sé fylgt og stuðla með því að sem mestu öryggi á gatnamótum. Huga ætti sérstaklega að hjólandi sem þvera sérrein og að svæðum þar sem gangandi stoppa, s.s. á miðeyjum.

Í kafla 8.1-8.5 er fjallað um mismunandi tegundir gatnamóta og að hverju beri helst að huga m.t.t. umferðaröryggis. Í kaflanum er almennt notast við heimildir úr Vejregler, 2016c, nema annað sé tekið fram.

8.1 Skiltuð gatnamót

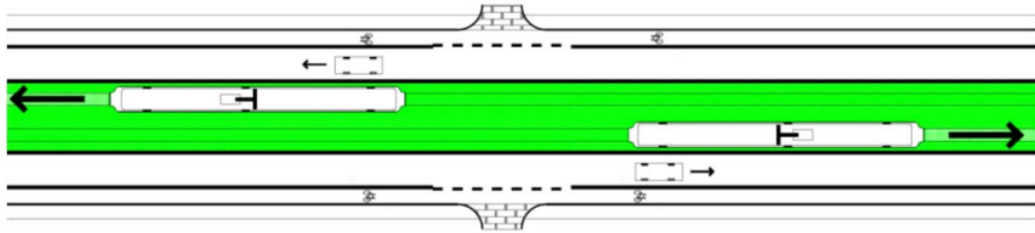
Almennt ætti aðeins ætti að velja að hafa skiltuð gatnamót þar sem umferð á hliðargötu hefur einkenni hverfisgötu, þ.e. að umferð sé undir 1.000 bílum/sólarhring. Einnig ætti einungis að velja þá lausn í tilfellum þar sem það er metið svo að ekki sé mögulegt eða hentugt að loka hliðargötu. Sé sú lausn valin er mikilvægt að yfirsýn yfir gatnamót sé góð og að sjónlengdir séu uppfylltar.

Þar sem mikill fjöldi vegfarenda þarf að þvera sérreinar ætti að setja upp ljósastýringu.

Mögulegt er að velja skiltuð gatnamót þar sem BRT ekur í blandaðri umferð og er það metið svo að sú lausn hafi ekki neikvæð áhrif á umferðaröryggi, séu sjónlengdir góðar á hliðargötu.

Á skiltuðum X-gatnamótum ætti ekki að leyfa bílum að þvera miðlægar sérreinar. Heldur ætti að útfæra gatnamótin sem tvö skiltuð T-gatnamót til móts við hvort annað, líkt og sýnt er á mynd 8.1 en þá eru aðeins leyfðar hægri beygur. Ástæða þessa er að sérstök hættu er á að bílar á aðalgötu sem hyggjast beygja til vinstri á hliðargötu, og þar með þvert yfir sérrein, eru í sérstakri hættu á að lenda í árekstri við Borgarlínu sem ekur í sömu átt. Reynslan sýnir að erfitt sé fyrir ökumann að átta sig á og greina að vagn sé að nálgast í hliðar- og bakspeglum. Sé nauðsynlegt að umferð þveri aðalgötu ætti að velja ljósastýrð gatnamót.

Mælt er með að staðsetning stoppistöðva m.t.t. skiltaðra gatnamóta sé þannig að komið sé að stoppistöðinni áður en komið er að gatnamótunum.

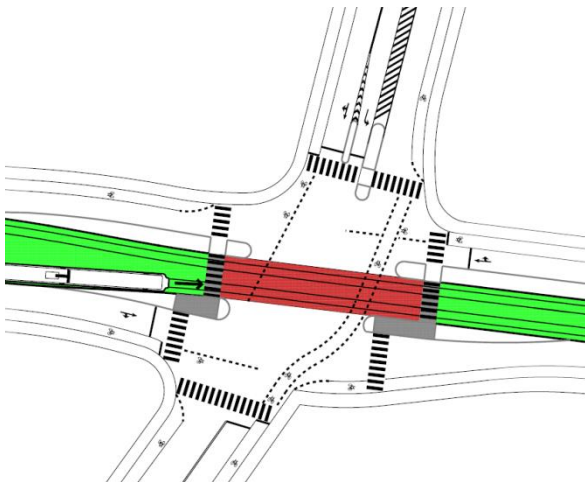


Mynd 8.1. Skiltuð gatnamót. Tvenn T-gatnamót til móts við hvort annað með miðlæga sérrein (Vejregler, 2016c).

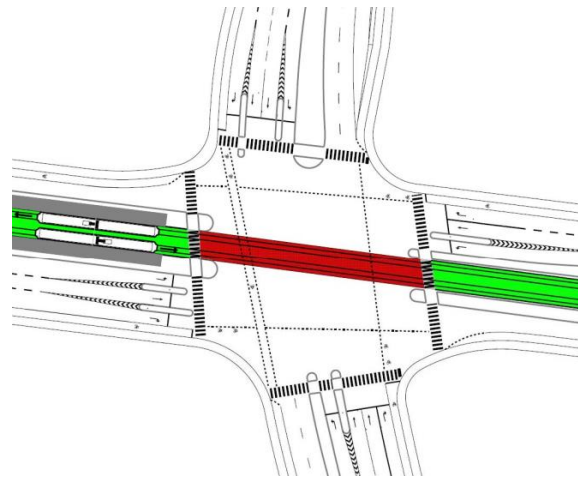
8.2 Ljósastýrð gatnamót

Sé fyrirhugað að hafa X- eða T-gatnamót þar sem BRT þverar fjölfarnar götur ætti að velja ljósastýrð gatnamót.

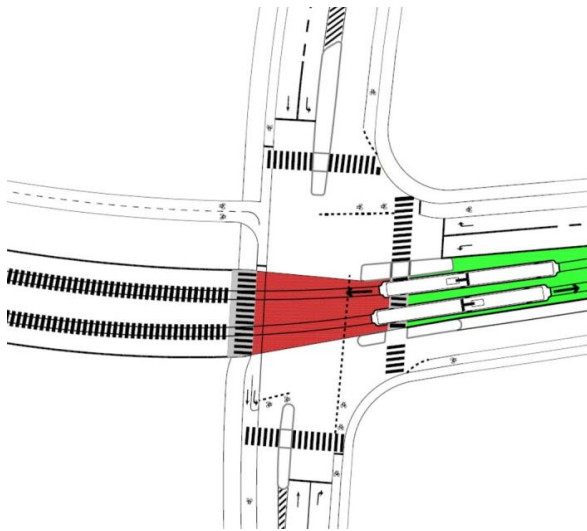
Útfærslur ljósastýrðra X- og T-gatnamóta eru margar. Það sem hefur helst áhrif á útfærslu þeirra er umferðarmagn, fjöldi þeirra sem beygja og samsetning vegfarenda. Liggja þarf fyrir hvort um jaðarlægt eða miðlægt BRT sé að ræða, eða hvort BRT sé í blandaðri umferð þegar útfærsla er valin. Dæmi um mismunandi útfærslur má sjá á myndum 8.2-8.5 og einnig má sjá fleiri dæmi í viðauka, aðeins til skýringar en gefa ekki til kynna tilhögun yfirborðsmerkinga.



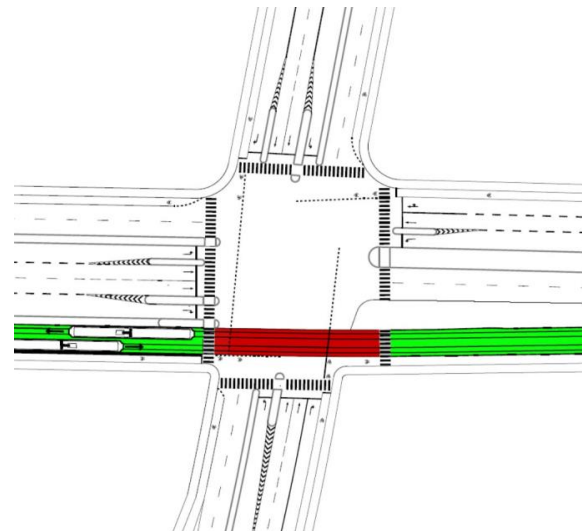
Mynd 8.2 Ljósastýrð einföld X-gatnamót með miðlægu BRT, vinstri beygja yfir sérreinina bönnuð (Vejregler, 2016c).



Mynd 8.3 Ljósastýrð stór X-gatnamót með miðlægu BRT. Vinstri beygja leyfð. (Vejregler, 2016c).



Mynd 8.4 Ljósastýrð T-gatnamót með miðlægu BRT. BRT ekur yfir gatnamótin yfir á sérreinar þar sem engir aðrir bílar eru (Vejregler, 2016c).



Mynd 8.5 Ljósastýrð stór X-gatnamót með jaðarlægu BRT (Vejregler, 2016c).

Við hönnun gatnamóta fyrir BRT og önnur gatnamót þarf sérstaklega að huga að lausnum fyrir virka vegfarendur til að tryggja umferðaröryggi. Lausnir fyrir gangandi og hjólandi eru mismunandi milli útfærsla en horfa ætti sérstaklega á staðsetningu vegfarendanna í götusniði og útfærslu á þverun. Útfærsla ljósa er mismunandi en allar eiga þær það sameiginlegt að hreinsunartími áður en „nýtt“ grænt ljós kviknar þarf að vera uppfylltur.

Fyrir hjólandi skal tryggja að vinstri beygja sé tekin í tveimur skrefum, fyrst hjólað beint yfir þverun og svo til vinstri, nauðsynlegt er að gott rými og útfærsla sé á biðsvæði. Val á þessari útfærslu fyrir hjólandi er sérstaklega mikilvægt fyrir jaðarlægt BRT.

Ókostur ljósastýrðra gatnamóta getur verið sá að aðalvegur fái minni forgang og þar með einnig hjólandi. Huga ætti að því hvort velja ætti lausnir fyrir hjólandi í öðru plani, þ.e. brú eða göng, svo hjólandi geti haldið áfram án hindrunar á aðalvegi (Statens Vegvesen, 2016).

8.3 Hringtorg

Ekki eru allir sammála um ágæti hringtorga m.t.t. umferðaröryggis á gatnamótum með BRT en lausnin hefur m.a. verið notuð í Noregi, Svíþjóð, Frakklandi, Kólumbíu og Ekvador.

Í dönsku leiðbeiningunum kemur fram að ekki sé hægt að mæla með hringtorgi sem lausn á gatnamótum með BRT og ekki eru settar fram skematískar myndir eða leiðbeiningar um útfærslu. Bent er á að í Frakklandi séu dæmi um að BRT aki í gegnum miðeyju á ljósastýrðum hringtorgum og að reynslan sýni að þar sé slysatíðni hærrí en á ljósastýrðum gatnamótum. Danir leggja til að þar sem BRT er skipulagt og eigi að aka um núverandi gatnamót með hringtorgi sé heppilegast að endurbyggja þau og gera að ljósastýrðum gatnamótum.

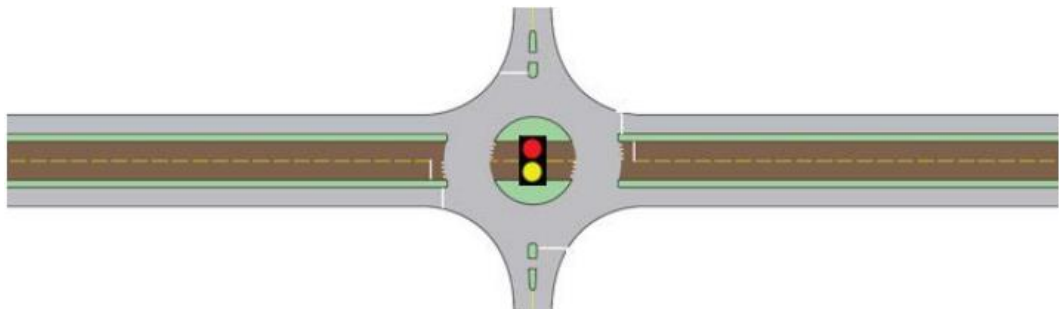
Norðmenn hafa sett fram þrjár útfærslur á hringtorgi fyrir miðlægt BRT sem ekur í gegnum miðeyju hringtorgs. Á myndum 8.6 og 8.7 er sýnd *hringtorgsútfærsla 1* sem notuð hefur verið í fyrir BRT í Stavanger, Bussveien og var sú lausn fyrst notuð árið 2011. Lausnin felur í sér að ljósastýring er á öllum örmum inn í hringtorgið fyrir bíla og fyrir hjól, og fyrir BRT bæði áður en ekið er inn í hringtorg og áður en ekið er úr miðeyju. Í hringtorgi fléttast hjólaumferð inn í bílaumferð.

Fram kemur í Statens Vegvesen að lausnin hafi virkað vel m.t.t. foragangs BRT og umferðaröryggis en lausnin hefur neikvæð áhrif á afkastagetu bílaumferðar vegna þess hve rautt ljós er oft á umferðarstrauma bíla.



Mynd 8.6

Löftmynd af hringtorgi með BRT í Stavanger, hringtorgalausn 1 (Statens Vegvesen, 2017b).

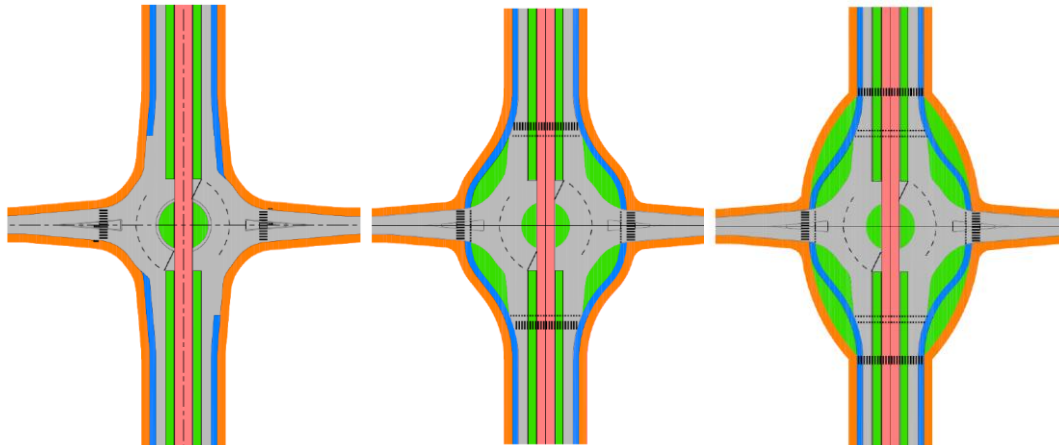


Mynd 8.7

Planmynd af hringtorgaútfærslu 1. Ljósastýring á öllum örmum og fyrir BRT bæði áður en ekið er inn í hringtorg og áður en ekið er úr miðeyju (Statens Vegvesen, 2016).

Á mynd 8.8 má sjá aðra útfærslu, *hringtorgsútfærslu 2*, sem byggir á því að hringtorgið sé ljósastýrt að hluta, þ.e. ljósastýring er á umferð á hliðarvegum og vinstri beygjum yfir aðalveg en önnur umferð á aðalvegi er ekki ljósastýrð. Þessi útfærsla er notuð í nokkrum bæjum í Frakklandi og einnig í Jönköping í Svíþjóð en þegar skýrsla sem vísað er í var gefin út árið 2015 hafði lausnin reynst vel og ekki verið skráð neitt slys. (Statens Vegvesen, 2016).

Á myndum 8.9 og 8.10 má svo sjá *hringtorgaútfærslur 3a og 3b*, sem eru eins og útfærsla 2 nema þar eru hjólandi á sérrein en báðar þessar útfærslur krefjast meira rýmis. Tillögur 3a og 3b eru nánast eins en tillaga 3b er með stærra grænna svæði og eyjur á hliðarvegum fyrir gangandi og hjólandi.



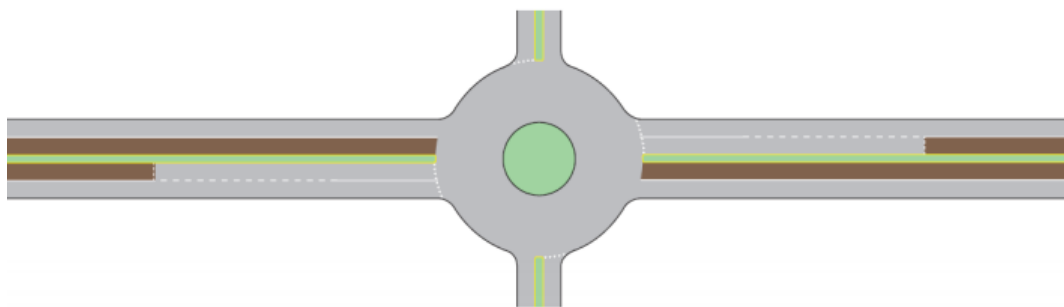
Mynd 8.8
Planmynd af hringtorgsútfærslu 2, ljósastýring að hluta, gangandi þvera ekki aðalgötu og hjólandi í blandaðri umferð (Statens Vegvesen, 2017b).

Mynd 8.9
Planmynd af hringtorgsútfærslu 3a, ljósastýring að hluta og hjólandi eru á sérrein (Statens Vegvesen, 2017b).

Mynd 8.10
Planmynd af hringtorgsútfærslu 3b, ljósastýring að hluta og hjólandi eru á sérrein (Statens Vegvesen, 2017b).

Statens vegvesen lét gera rýni m.a. á umferðaröryggi á hringtorgsútfærslunum þremur. Helstu niðurstöður eru þær að ekki er mælt með hringtorgslausnum 2 og 3 vegna þess að þær töldust of flóknar og þar væri umferðaröryggi ekki tryggt. Hringtorgsútfærsla 2 er ekki talin góð fyrir gangandi og hjólandi vegfarendur og hringtorgsútfærsla 3 hefur marga bágapunkta, sem hafa slæm áhrif á umferðaröryggi. Rýnar mæla því með að ef nota á hringtorg á gatnamótum skuli nýta hringtorgsútfærslu 1 og að þar séu stoppistöðvar í aðeins meiri fjarlægð frá gatnamótum en þær eru í dag. (Statens Vegvesen, 2017b).

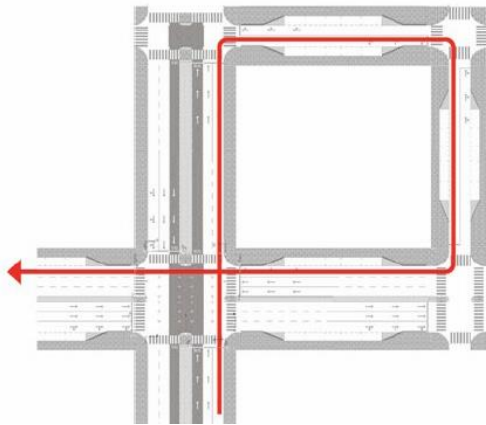
Mögulegt er að láta BRT nýta hefðbundið hringtorg, sérstaklega ef BRT þarf að taka beygjur, sjá mynd 8.11. Mögulegt er þá að hafa blandaða umferð og hætta með sérrein áður en ekið er í hringtorgið. Þetta er þó talin vera verri lausn en áður nefndar hringtorgslausnir því þægindi farþega eru verri og afköst BRT minni. (Statens Vegvesen, 2017b).



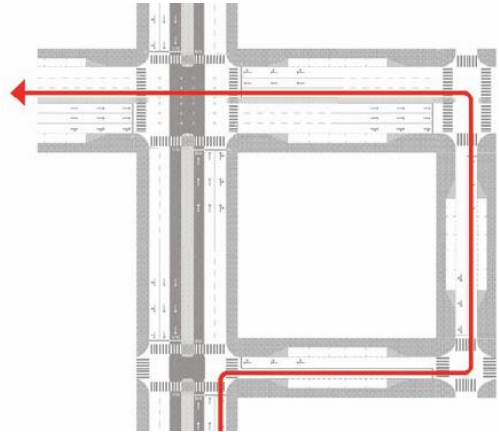
Mynd 8.11 Planmynd af hefðbundnu hringtorgi þar sem BRT ekur með blandaðri umferð (Statens Vegvesen, 2016).

8.4 Lykkjur

Með því að banna vinstri beygjur á gatnamótum þá geta orðið til svokallaðar lykkjur. Dæmigerðar lykkjur má sjá á myndum 8.12 og 8.13. Hvað varðar öryggi er tillaga á mynd 8.12. betri, þ.e. að byrja lykkjuna eftir að farið er yfir gatnamótin, þar sem það útilokar allar vinstribeygjur í lykkjunni.



Mynd 8.12 Lykkja, aðeins með hægri beygjum (WRI, 2015).

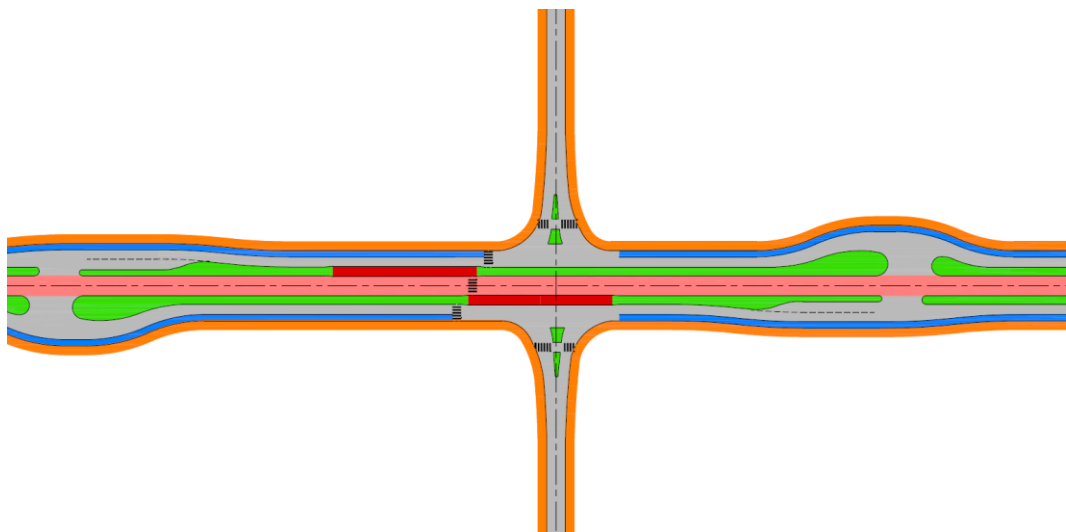


Mynd 8.13 Lykkja, með hægri beygju og tveimur vinstri beygjum (WRI, 2015).

Séu lykkjur notaðar er mikilvægt að göturnar, sem lykkjan liggur um, þoli aukna umferð, að öryggi í þeim sé tryggt og að lykkjan sé ekki of löng, því ef lykkjan er of löng gæti það leitt til þess að ökumenn velji að fara aðra leið sem gæti haft áhrif á öryggi annarra gatna. (WRI, 2015).

8.5 Aðrar lausnir

Norðmenn hafa sett fram útfærslu sem þeir nefna „Kryss uten Kryss“ eða „gatnamót án gatnamóta“, sjá mynd 8.14. En þá eru settar lykkjur stuttu eftir gatnamót í staðinn fyrir vinstri beygju, lykkjurnar eru ljósastýrðar U-beygjur. Þessi lausn kemur í veg fyrir vinstri beygjur á gatnamótum og þverun á sérreinum á gatnamótum. Lausninni fylgir mikið öryggi fyrir alla vegfarendur. Í rýni þar sem útfærslan er borin saman við hringtorg, myndir 8.7- 8.13, og ljósastýrð gatnamót er það metið sem svo að þessi útfærsla sé öruggasta lausnin (Statens Vegvesen, 2016; Statens Vegvesen, 2017b).



Mynd 8.14 „Kryss uten Kryss“ (Statens Vegvesen, 2017b).

9 Gangandi og hjólandi

Rúmlega 75% af farþegum BRT kerfa hjóla eða ganga að stoppistöðvum (X2AB, 2015, bls. 8). Það er því mikilvægt að huga að öryggi gangandi og hjólandi, við stoppistöðvar, gatnamót og á stígum. Einnig er fjallað um gangandi og hjólandi í köflum 7.5 og 8.

Rannsóknir sýna að stærsti hluti slysa sem verða í tengslum við BRT kerfi verða við göngupveranir. Flestu slysin verða þegar farþegar eru að flýta sér yfir göngupverun, s.s. til þess að ná vagni, og fylgjast ekki nógu vel með umferðinni. Íslendingar hafa fengið að kynnað jaðarlægum sérreinum, þar sem vagnar aka beggja vegna við almenna umferð, en eru alls óvanir miðlægum sérreinum.

Reynslan sýnir að óvönnum vegfarendum getur fundist ruglandi að keyrt sé í báðar áttir á miðlægum sérreinum, þegar þeir þvera þær. Þegar óvanir vegfarendur hafa þverað almenna umferð, sem kemur úr vinstri átt, áttu þeir sig ekki á því að þeir þurfa að líta til beggja átta, heldur horfa einungis til hægri, líkt og þeir væru að þvera hefðbundna götu með hægri umferð. Það er því mjög mikilvægt að settar séu upp einhverskonar merkingar til þess að fólk átti sig á því að umferðin á miðlægum sérreinum er í báðar áttir (Vejregler, 2016a). Mynd 10.1 sýnir dæmi um skilti sem vekur athygli á tvístefnunni og mætti setja upp við göngupveranir. Á mynd 10.2 má svo sjá göngupverun þar sem vakin er athygli á tvístefnu (Vejregler, 2016a).

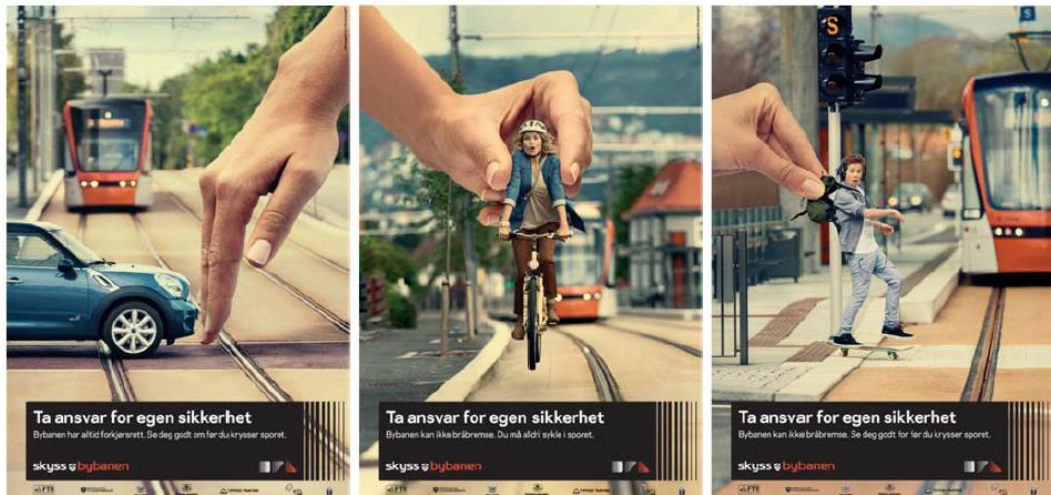


Mynd 10.1 Skilti sem vekur athygli á tvístefnu (Vejregler, 2016a).



Mynd 10.2 Göngupverun þar sem vakin er athygli á tvístefnu (Vejregler, 2016a).

Ef BRT fer um götu þar sem mikið er um gangandi vegfarendur er mjög mikilvægt að hafa skýran aðskilnað og gefa skýrt til kynna að það eru bæði fótgangandi og vagnar á ferðinni (Vejregler, 2016a). Auglýsingaherferðir hafa reynst vel í öðrum borgum þar sem settar voru upp nýjar léttlestar eða BRT. Í Bergen í Noregi var farið í slíka herferð þegar nýtt léttlestarkerfi var sett upp og hafði hún jákvæð áhrif á umferðaröryggi. Auglýsingarnar eiga að kynna þær breytingar á aðstæðum í umferðinni sem BRT hefur í för með sér og hvetja fólk til þess að huga að eigin öryggi. Árangurríkt hefur reynst að upplýsingabæklingar séu bornir út í hús, auglýsingar birtar í sjónvarpinu og plaköt hengd upp, áður en BRT kerfið er tekið í notkun. Þá er mælt með að hafa plaköt á stoppistöðvum og í BRT vögnum í einhvern tíma eftir að kerfið er tekið í notkun (Vejregler, 2016c). Því má þó velta fyrir sér að með tilkomu og vinsældum samfélagsmiðla, ólínulegrar sjónvarpsdagskrár og höfnun fólks á prentuðu efni hvort árangursríkara sé að leggja áherslu á þá miðla. Á mynd 10.3 má sjá dæmi um auglýsingar úr auglýsingaherferð sem gerð var í Bergen.



Mynd 10.3 Auglýsingar í auglýsingaherferð vegna tilkomu nýrrar léttlestar í Bergen í Noregi (Vejregler, 2016c).

9.1 Gönguþveranir

Staðsetja þarf gönguþveranir þannig að sem flestir hjólandi og gangandi vegfarendur velji að nota þær en þveri ekki annarsstaðar. Staðsetningin þarf að vera ákveðin í samhengi við hjólastíga en einnig þarf að taka tillit til gangandi (Vejregler, 2016c).

Við hönnun á gönguþverunum, sérstaklega við stoppistöðvar, ætti að hafa í huga hvernig fólk hagar sér. Takmarka ætti möguleikann á að stytta sér leið og nota grindverk til þess að stýra fólk í átt að gönguþverunum (WRI, 2015). Það hefur þó komið fyrir að fólk virði ekki slíkar aðgerðir, kræki fyrir grindverkin og þveri sérreinina fyrir framan vagnana, sem getur reynst hættulegt (Vejregler, 2016a).

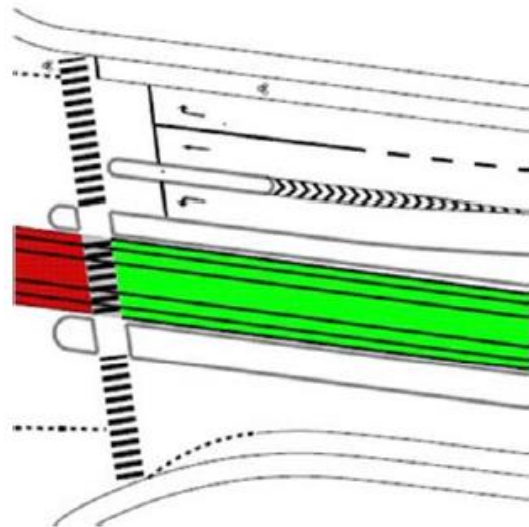
Gönguþveranir geta bæði verið við gatnamót og á beinum köflum en leitast ætti við að staðsetja þær við stoppistöðvar (Statens Vegvesen, 2016). Fyrir gönguþveranir almennt er kostur að staðsetja þær á beinum köflum því þar er sjónlengd oftast góð til beggja átta en krafa um sjónlengd er háð aksturshraða, umhverfi og breiddar sem á að þvera. Gróður getur skert sjónlengd svo að við gönguþveranir ætti helst einungis að notast við kantstein og/eða lágan gróður. Gönguþveranir eiga að vera hannaðar þannig að þær skeri sig úr nálægu umhverfi og séu vel sjáanlegar. Þetta má t.d. gera með því að þrengja götur, hafa upphækkaðar gönguþveranir, setja upp skilti og í sumum tilfellum ljósastýringu (Vejregler, 2016c).

Í dönsku leiðbeiningum, um léttlestar og BRT kerfi, er ekki mælt með því að hafa gönguþveranir sem þvera þrjár akreinar, eða fleiri, án miðeyja (Vejregler, 2016c) en í Noregi er höfuðreglan sú að ekki skuli þvera fleiri en eina akrein í hvora átt (Statens Vegvesen, 2016). Í Noregi má gera undantekningu ef aksturshraði er ekki meiri en 40 km/klst og miðeyjur eru til staðar.

Forðast skal að þvera tvístefnda BRT sérrými (mynd 5.3) í plani þar sem akstursstefna eftir þeim er breytileg og því getur verið mjög ruglandi að þvera þær (Statens Vegvesen, 2016).

Á gönguþverunum er æskilegt að hafa miðeyjur sitthvoru megin við BRT brautina, sjá mynd 10.4, svo hægt sé að þvera götuna á mismiklum hraða og gangandi geti staðið öruggir á eyjunum ef þeir ná ekki alla leið yfir. Miðeyja og ljósastýring á gönguþverun hafa marktæk jákvæð áhrif á umferðaröryggi (Duduta, o.fl., 2013).

Miðeyjurnar eiga að vera minnst 2 metrar á breidd en lengdin skal samsvara breidd gangbrautarinnar, auk 1 metra sitthvoru megin við hana (Vejregler, 2016c).



Mynd 10.4. Gönguþverun við gatnamót, miðeyjur sitthvoru megin við BRT braut (Vejregler, 2016c).

9.2 Göngu- og hjólastígar

Ein lykilsenda þess að umferðaröryggi BRT verði gott er að stígar að stoppistöðvum séu skilvirkir og öruggir, með góðum gæðum og góðri lýsingu (X2AB, 2015, bls. 46). Samþætting hjólastígakerfa og BRT kerfa bætir aðgengi farþega og eykur umferðaröryggi. Góð samþætting býður fólki einnig uppá þann kost að ferðast allra sinna leiða á sjálfbæran og umhverfisvænan hátt. Hjólastígakerfi ættu að tengja íbúðahverfi, verslunarkjarna, skóla og atvinnukjarna við nálæga stoppistöð svo BRT kerfið nýtist sem flestum. Fjölmennir áfangastaðir, t.d. skólar, innan 2 km fjarlægðar frá BRT stoppistöð ættu að vera tengdir stoppistöðinni með hágæða hjólastíg (ITDP, 2016).

Miklar líkur eru á því að hjólandi vegfarendur nýti sér BRT brautir ef hjólastígar eru ekki til staðar, sjá mynd 10.5, þar sem þar er fullkominn aðskilnaður frá almennri umferð, fá gatnamót og hagstæð ljósastýring (Statens Vegvesen, 2017a; ITDP, 2014a). Þetta hefur leitt til alvarlegra slysa milli BRT vagna og hjólandi vegfarenda í öðrum löndum. Auk þess bitnar þetta á akstri BRT kerfa þar sem vagnar geta þurft að hægja á sér og víkja fyrir hjólandi (ITDP, 2014a).

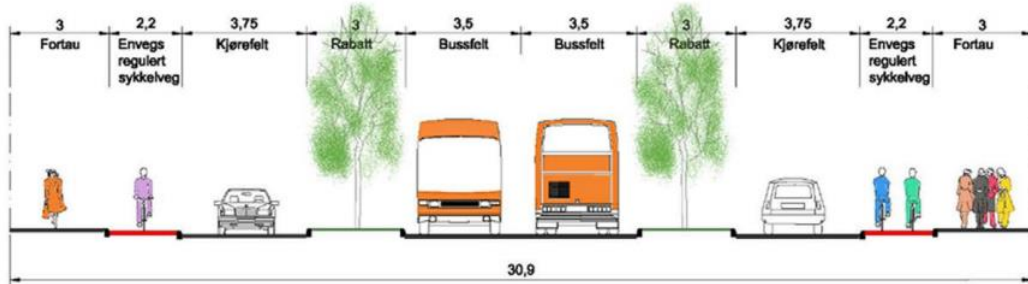
Samkvæmt reglugerðum í Danmörku, Noregi og Svíþjóð eiga hjólréiðar á BRT sérreinum að vera bannaðar.

Allsstaðar þar sem BRT er ættu að vera hjólastígar eða hjólareinar til staðar, samsíða sérreinunum, svo hjólandi freistist síður til þess að notfæra sér þær BRT reinarnar.



Mynd 10.5 Hjólréiðamaður nýtir sér BRT braut (ITDP, 2014a).

Mynd 10.6 sýnir æskilega staðsetningu hjólastíga. Í Svíþjóð er miðað við að hjólastígar séu ekki nær sérreinum en 0,75 metrar (X2AB, 2015) en í Danmörku eiga þeir ekki að vera nær en 2,5 metrar (Vejregler, 2016d). Æskileg breidd hjólastígs er 2,2 metrar, í hvora átt, en lágmarksbreidd er 1,8 metrar. Ef tvístefna er á stígnum er lágmarksbreiddin 2,5 metrar. Æskilegt er að hæð kantsteins milli götu og hjólastígs sé 5-12 cm (Samtök sveitarfélaga á höfuðborgarsvæðinu, 2018).



Mynd 10.6 Þversnið sem sýnir æskilega staðsetningu hjólastígs þar sem BRT kerfi er á miðlægri sérrein (Statens Vegvesen, 2019).

10 Öryggissvæði

Þar sem akbraut fyrir bílaumferð er meðfram BRT þarf að huga að öryggissvæði bílaumferðar. Samkvæmt veghönnunarreglum Vegagerðarinnar er lágmarksbreidd öryggissvæðis háð hraða og umferð, ekki er sérstaklega tilgreint hvort viðmið eigi við um dreifbýli eða þéttbýli. Ekki eru gefin nein viðmið fyrir hönnunarhraða sem er minni en 50 km/klst en fyrir veg með hönnunarhraða 50 km/klst er lágmarksöryggisbreiddin 2-4 metrar (Vegagerðin, 2010a).

Tafla 10.1: Lágmarksbreidd öryggissvæðis í m samkvæmt Vegagerðinni.

ÁDU _h	Hönnunarhraði, V _h (km/klst)										
	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
0 – 300			2	3	4	5	6	7	9	10	10
301 – 3.000			3	4	5	6	7	8	10	11	11
> 3.000			4	5	6	7	9	10	12	12	12

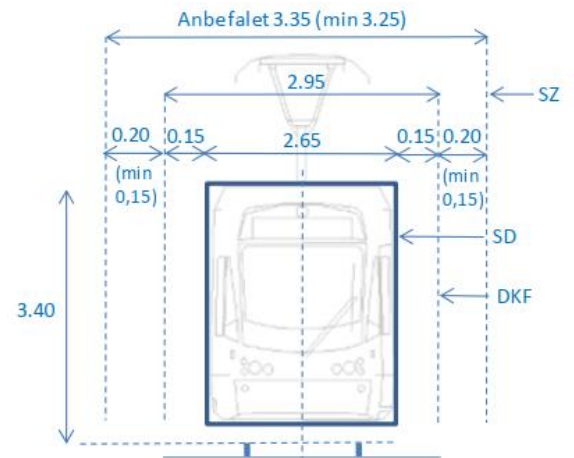
Í Danmörku er lágmarksöryggisbreidd fyrir þéttbýli einungis ákvörðuð út frá hraða og er honum skipt í fjóra flokka: Mjög lágur hraði, lágur hraði, millihár hraði og hár hraði. Sjá má í töflu 10.2 að kröfurnar eru minni en kröfur Vegagerðarinnar og fyrir veg eða götu með hönnunarhraða 50 km/klst er lágmarksöryggisbreiddin 1,0 metri (Vejregler, 2016b). Þar sem kröfur Vegagerðarinnar um lágmarksöryggisbreidd eru hugsaðar fyrir þjóðvegi mætti nýta dönsk viðmið fyrir þéttbýli við ákvörðun á öryggissvæði fyrir BRT.

Tafla 10.2: Lágmarksöryggisbreidd í samkvæmt dönsku reglugerðinni.

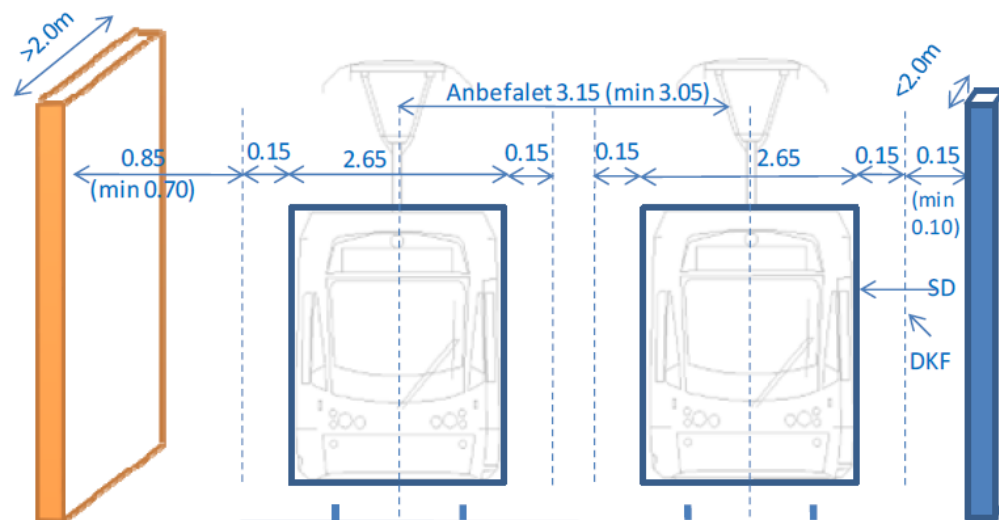
Hraði	[m]
Høj (60-70 km/t)	3,00
Middel (50 km/t)	1,00
Lav (30-40 km/t)	0,50
Meget lav (10-20 km/t)	0,25

Danir fjalla um öryggissvæði léttlesta og má velta fyrir sér hvort sömu viðmið ættu að gilda fyrir BRT. Fram kemur að æskilegt öryggissvæði léttlesta sé 0,35 metrar (0,15m+0,20m), sem hefur áhrif breidd sérreina. Engir gangandi eða hjólandi vegfarendur mega vera innan öryggissvæðisins auk þess sem bannað er að setja skilti og töflur þar (Vejregler 2016b).

Ef einhverjar lóðréttar hindranir, svo sem veggir eða staurar, eru áætlaðir í grennd við léttlestar þarf að stækka öryggissvæðið. Eins og sjá má á mynd 10.3 er lágmarks fjarlægðin 0,7 metrar fyrir hindrun sem er lengri en 2 metrar en mælt er með að hafa hana í 0,85 metra fjarlægð. Heildarfjarlægðin frá vagni í hindrun er þá 1 metri. Fyrir hindrun sem er styttri en 2 metrar er heildarfjarlægðin a.m.k. 0,3 metrar (Vejregler, 2016b).

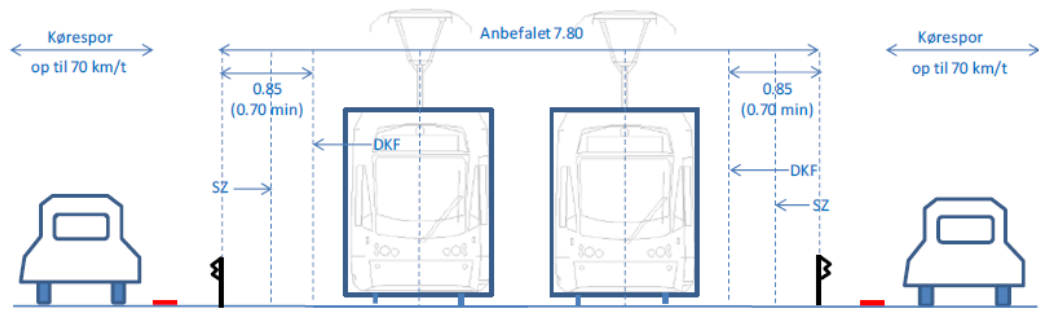


Mynd 10.2 Frítt svæði (DKF) og rásarsvæði (SZ) (Vejregler, 2016b).



Mynd 10.3 Fjarlægð frá BRT vagni í lóðréttu hindrun (Vejregler, 2016b).

Fyrir léttlestar skal gera ráð fyrir rýmingarsvæði (EZ), sjá mynd 10.4, og spurning er um hvort sömu viðmið gildi fyrir BRT. Ef léttlest er miðlæg má nota almennar akbrautir sem rýmingarsvæði. Þá má einnig nota stoppistöðvar svo lengi sem brautarpallarnir eru ekki hærri en 0,5 metrar, miðað við léttlest. Rýmingarsvæðið skal minnst vera 2 metra hátt og 0,7 metra breitt en á stuttum köflum, sem innihalda engar hindranir svo sem brúarstólpa, má breiddin fara niður í 0,45 metra. Ráðlögð breidd á rýmingarsvæði er 0,85 metrar. Sé vegrið sett meðfram miðlægum BRT sérreinum, t.d. vegna hraða nærliggjandi umferðar, þurfa vegrið að vera staðsett utan rýmingarsvæðis (EZ), sjá mynd 10.4.

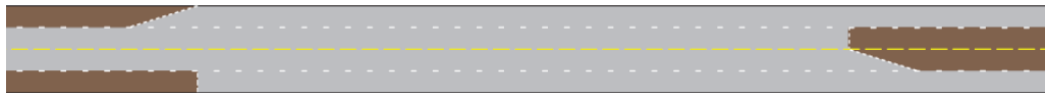


Mynd 10.4 BRT braut á miðlægri sérrein (Vejregler, 2016b).

11 Kerfisskipti

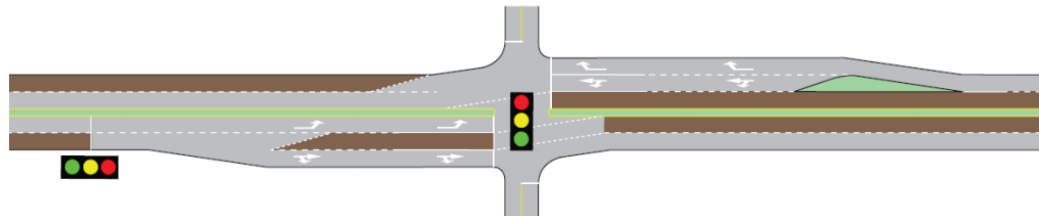
Þegar BRT skiptir úr miðlægri sérrein í jaðarlæga sérrein, eða öfugt, kallast það kerfisskipti (no. systemskifter). Kerfisskipti geta átt sér stað bæði á beinum vegköflum og á gatnamótum, en mikilvægt er að þau séu vel útfærð til þess að hámarka umferðaröryggi.

Á mynd 11.1 má sjá dæmi um kerfisskipti á beinum vegkafla. Ef aksturshraðinn á veginum er meiri en 60 km/klst þarf skiptikaflinn að vera minnst 300 m, en ef aksturshraðinn er 60 km/klst eða minni má hann vera 200 m. Einnig er hægt að hafa ljósastryingu á kerfisskiptunum, þannig að BRT er gefinn forgangur á skiptikaflanum, en þá má minnka lengdina á skiptikaflanum enn frekar (Statens Vegvesen, 2016).



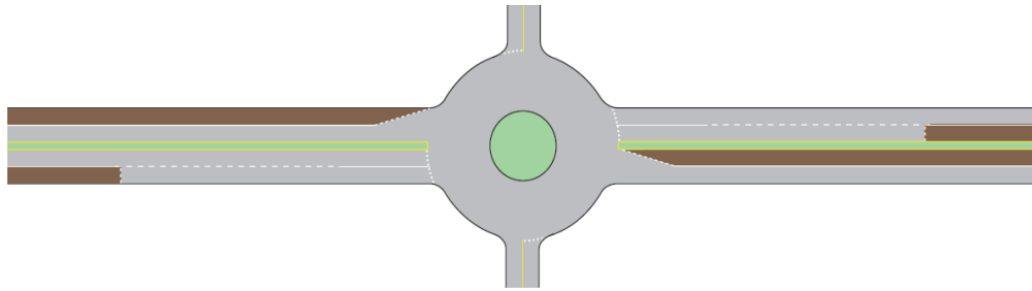
Mynd 11.1 Kerfisskipti á beinum vegkafla (Statens Vegvesen, 2016).

Þegar kerfisskipti eiga sér stað á gatnamótum er mesta áskorunin að samþætta kerfisskiptin og beygjuakreinar annarrar umferðar. Mynd 11.2 sýnir kerfisskipti á ljósastryðum gatnamótum. Þessi útfærsla krefst þess að sérstök ljós séu fyrir BRT, sem getur leitt til lengri biðtíma á gatnamótunum ef umferð er mikil. Huga þarf vel að umferðarskiltum við gatnamótin og tryggja að ef umferðarljósinn detta út, geti umferðin haldið áfram um gatnamótin (Statens Vegvesen, 2016).



Mynd 11.2 Kerfisskipti á ljósastryðum gatnamótum (Statens Vegvesen, 2016)

Mynd 11.3 sýnir kerfisskipti á hringtorgi. Þessi útfærsla er einföld en mikilvægt er að sérreinar endi nokkru áður en komið er að hringtorginu svo öll umferð geti farið á þá akrein sem hentar best (Statens Vegvesen, 2016).



Mynd 11.3 Kerfisskipti á hringtorgi (Statens Vegvesen, 2016).

12 Öryggismat og -rýni

Íslendingar eru ekki vanir BRT og getur það leitt til nýrra áskorana í umferðaröryggi sem getur verið erfitt að spá fyrir um. Þegar BRT og önnur samgöngumannvirki eru í undirbúningi er mikilvægt að gera umferðaröryggismat á skipulagsstigi og umferðaröryggisrýni á öllum hönnunarstigum sem og þegar hefja á notkun.

Í umferðaröryggismati og -rýni fyrir BRT er mikilvægt að rýna bráðabirgðaleiðir sem í sumum tilfellum eru í notkun í lengri tíma þannig að upplifun á framkvæmdastað sé jákvæð fyrir alla ferðamáta en skýrleiki og upplýsingagiöf eru þar lykilþættir. Huga ætti sérstaklega að skólaleiðum og öðrum fjölförnum leiðum.

Innleiðing BRT er stórt verkefni og algengt er að slíkum verkefnum sé áfangaskipt, allir verkhlutar eru ekki framkvæmdir á sama tíma. Verkkaupi er ábyrgur fyrir því að á hönnunar- og undirbúningsstigi séu gerðar ráðstafanir til að tryggja öryggi og þar með að áhættumat sé gert á hönnun. Verkkaupi getur einnig falið verkefnastjóra eða verktaka þetta hlutverk. Á framkvæmdatíma ætti svo gera áhættumat (ÖHU) sem snýr að öryggi, heilsu og umhverfi, ásamt því að skipaður sé ÖHU-fulltrúi sem sér um eftirlit.

13 Niðurstöður

Breyting á umferðaröryggi tengist því ekki beint hvaða tæknilausn verður notuð, t.d. BRT eða léttlest, heldur er það frekar innviðauppbýggingin sem fylgir innleiðingu samgöngukerfisins. Reynslan sýnir að með tilkomu vel útfærðs BRT eykst öryggi. Því meiri forgang sem kerfunum er veittur, óháð því hvernig tækni er notuð, því meira eykst umferðaröryggi. Áætlanir gera ráð fyrir að Borgarlína muni nýta sérreinar og af því leiðir að öryggi í samgöngum eykst, sem mun hafa jákvæð áhrif á umferðaröryggi á höfuðborgarsvæðinu.

Styttri ferðatími og aukinn meðalhraði BRT, miðað við hefðbundið strætókerfi, stafar helst af meiri forgangi, lengri vegalengdar á milli stoppistöðva og stærð biðstöðva en ekki hærri hámarkshraða. Almenn tækni hámarkshraði almenningsvagna ekki með tilkomu BRT-kerfis.

BRT getur verið í blandaðri umferð, verið miðlægt eða jaðarlægt, og einnig eru til umfjöllunar og samanburðar sérreinar sem aka sitthvoru megin við akbrautir. Flestum heimildum ber saman um að miðlægt BRT sé öruggara en sérreinar sem aka sitthvoru megin við akbrautir, óháð því hvort að vinstri beygjur yfir BRT séu bannaðar eða ekki. Best er þó að takmarka og helst banna alveg vinstri beygjur. Sérreinar sem aka sitthvoru megin við akbrautir eru öruggari en hefðbundið strætókerfi í blönduðum akstri og þá helst vegna aukins forgangs og aðskilnaðar. Erfitt reyndist að finna heimildir um umferðaröryggi jaðarlægs BRT og því erfitt að fullyrða hversu örugg sú lausn er.

Það skiptir máli, varðandi öryggi á gatnamótum, úr hversu mörgum áttum er komið að gatnamótunum, sem og hversu margar akreinar eru úr hverri átt. X-gatnamót þar sem

umferð þverar BRT með vinstri beygjum eru óruggari en gatnamót þar sem einungis hægri beygjur eru leyfðar. Það eykur því öryggi á gatnamótum að breyta hefðbundnum X-gatnamótum í tvö T gatnamót. Ekki eru allir sammála um ágæti hringtorga m.t.t. umferðaröryggis á gatnamótum. Við hönnun gatnamóta ætti sérstaklega að huga að gangandi og hjólandi.

Fyrir stoppistöðvar er mikilvægt að brautarpallur sé nægilega stór, að aðgengi sé fyrir alla og göngubveranir séu vel útfærðar. Eitt af lykilatriðum þess að umferðaröryggi BRT verði gott er að stígar að stoppistöðvum þurfa að vera skilvirkir og öruggir, með góðum gæðum og góðri lýsingu. Mikilvægt er að tryggja að hraði við stoppistöðvar sé ekki of hár og nota þarf hraðatakmarkandi aðgerðir s.s. að minnka breiddir akbrauta.

Íbúar landsins eru óvanir sérreinum og sýnir reynslan að óvönnum vegfarendum getur fundist ruglandi að þvera þær. Það er því mjög mikilvægt að settar séu upp merkingar við göngubveranir til þess að fólk átti sig á því að umferðin á sérreinum er í báðar áttir. Einnig er þekkt frá öðrum löndum að farið sé í auglýsingaherferðir þegar taka á í notkun nýtt almenningssamgöngukerfi og það hefur reynst hafa jákvæð áhrif á umferðaröryggi.

Mikilvægt að ná athygli vegfarenda, sérstaklega á stoppistöðvum til að auka umferðaröryggi. Jafnframt er mikilvægt að kröfur um öryggissvæði séu uppfylltar og að kerfisskipti (no. systemskifter) séu örugg. Huga ætti sérstaklega að skólaleiðum og umferðarþróun á framkvæmdatíma, og eru skýrleiki og upplýsingagjöf þar lykilþættir.

Aðgerðir og lausnir í viðurkenndum leiðbeiningum um uppbyggingu almenningssamgangna, BRT og léttlesta uppfylla í langflestum tilfellum kröfur um umferðaröryggi og aðgengi fyrir alla. Því er lagt til að slíkum leiðbeiningum verði fylgt til hins ýtrasta.

Íslendingar eru ekki vanir BRT og getur það leitt til nýrra áskorana í umferðaröryggi sem getur verið erfitt að spá fyrir um og því er lagt til að umferðaröryggimat og umferðaröryggisrýni sé framkvæmt.

14 Heimildir

Duduta, N., Adiazola-Steli, C., Hildalgo, D., Lindau, L. and Santos, (2013). *The relationship between safety, capacity, and operating speed on bus rapid transit*. Paper presented at the 13th World Conference on Transportation Research, Rio de Janeiro, Brazil, July.

Duduta, N., Adiazola-Steli, C., Hildalgo, D., Lindau, L. og Jaffe, R. (2012). *Understanding Road Safety Impact of High – Performance Bus Rapid Transit and Busway Design Features*. Transportation Research Record, 1, 8 – 14.

Energimyndigheten, Sveriges Bussföretag, Trafikverket. (2015). Guidelines för attraktiv kollektivtrafik med fokus på BRT.

Federal Transit Administration, U.S. Department of Transportation. (2004). *Characteristics of Bus Rapid Transit for Decision-Making*.

Institute for Transportation & Development Policy. (2007). *Bus Rapid Transit Planning Guide, 3rd edition*.

Institute for Transportation & Development Policy. (2014) *The Bus Rapid Transit Planning Guide, 4th edition*.

Institute for Transportation & Development Policy. (2016). *The Bus Rapid Transit Standard*.

Mannvit. (2019). Samantekt á erlendum hönnunarleiðbeiningum fyrir hágæða almenningssamgöngur. Vegagerðin og Reykjavíkurborg.

Reykjavíkurborg, Umhverfis- og skipulagssvið. (2019). *Borgarlína: Bráðabirgðaleiðbeiningar fyrir skipulagshönnuði og ráðgjafa, minnisblað*.

Samtök sveitarfélaga á höfuðborgarsvæðinu (2017). *Borgarlínan, Samgöngulausnir á höfuðborgarsvæðinu*. Kynning sem kynnt á opnum fundi SSH um Borgarlínu.

Samtök sveitarfélaga á höfuðborgarsvæðinu. (2018). *Hönnunarleiðbeiningar fyrir hjólréiðar*.

Statens Vegvesen. (2016). *Plassering og utforming av kollektivfelt – BRT: løsning for å fremme miljøvennlig transport*.

Statens Vegvesen. (2017a). Håndbok V127 – Kryssingssteder for gående.

Statens Vegvesen, Stavanger kontorstad. (2017b). *Kryssløsninger for Bussveien*.

Statens Vegvesen, Stavanger kommune. (2019). *Reguleringsplan – Bussveien, Stasjonveien, Gauselvågen*.

Strætó bs. (2016). *Hönnunarreglur fyrir stoppistöðvar Strætó bs*.

Urban Rail Today. (2014). *Bus Rapid Transit*. Sótt september 2019 af <https://urbanrailtoday.com/category/bus-rapid-transit-brt/>.

Vegagerðin. (2010a). *Veghönnunarreglur*.

Vegagerðin. (2010b). *Þjóðvegir í þéttbýli, leiðbeiningar*.

Vejregler. (2016a). *Håndbog – Kollektiv bustrafik og BRT*.

Vejregler. (2016b). *Håndbog – Letbaner i strækninger*.

Vejregler. (2016c). *Håndbog – Letbaner i vejkryds*.

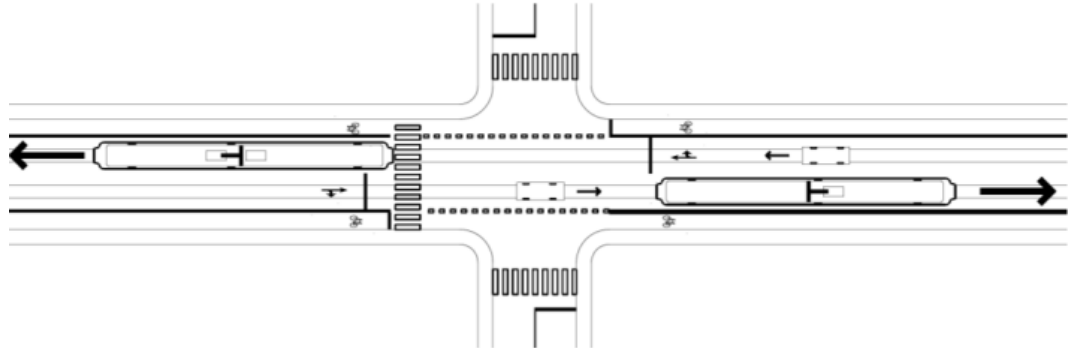
Vejregler. (2016d). *Håndbog – Standsningssteder for letbaner*.

World Resources Institute. (2015). *Traffic safety on bus priority systems: Recommendations for integrating safety into the planning, design, and operation of major routes*.

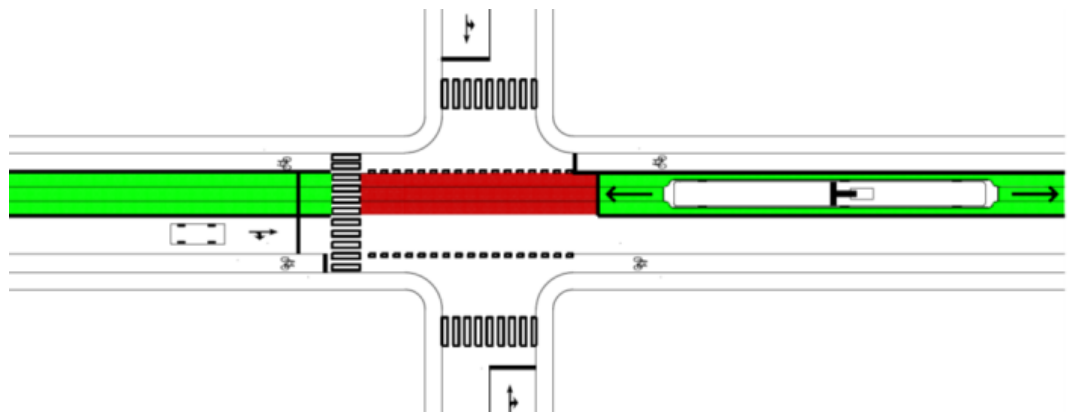
X2AB. (2015). *Guidelines för attraktiv kollektivtrafik med fokus på BRT*.

15 Viðauki

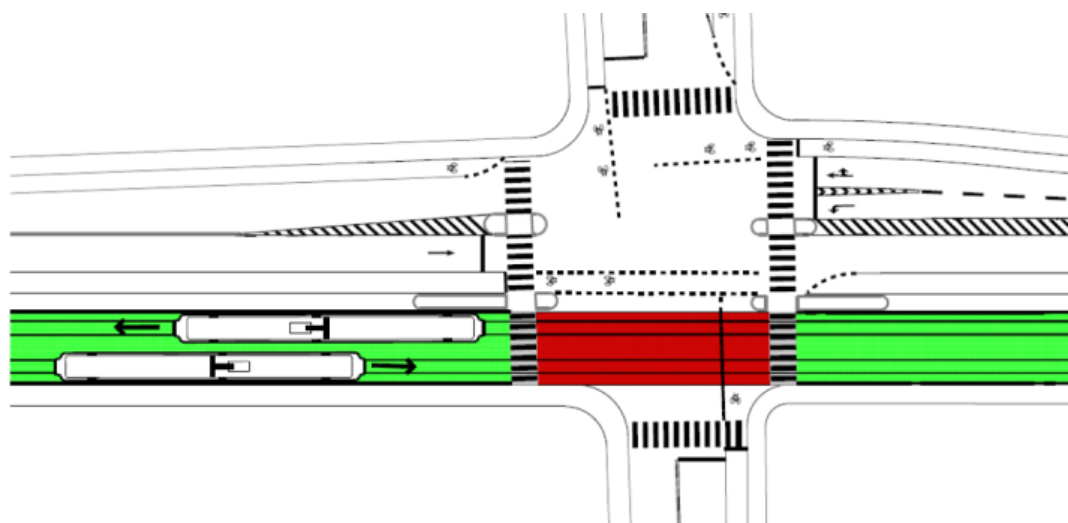
Dæmi um útfærslur ljósastýrðra gatnamóta (Vejregler, 2016c).



Mynd 15.1 Ljósastýrð einföld X-gatnamót með BRT í blandaðri umferð.



Mynd 15.2 Ljósastýrð einföld X-gatnamót þar sem BRT ekur á sérrein meðfram einstefnu.



Mynd 15.3 Ljósastýrð einföld X-gatnamót með jaðarlægu BRT.