

Denne artikel er publiceret i det elektroniske tidsskrift

Artikler fra Trafikdage på Aalborg Universitet

(Proceedings from the Annual Transport Conference at Aalborg University)

ISSN 1603-9696

www.trafikdage.dk/artikelarkiv



Håndbog for letbaner i vejkryds

Anders H. Kaas & Helge Bay, anders.h.kaas@atkinsglobal.com

Atkins Danmark A/S

Abstrakt

Atkins har som rådgiver for Vejdirektoratet arbejdet med håndbogen for letbaner i vejkryds. Der er taget udgangspunkt i de nyeste udenlandske erfaringer med letbanesystemer med input fra udenlandske samarbejdspartnere. Det hidtidige danske arbejde med letbanesystemer i rapporter og analyser er blevet inddraget med kobling til Trafikstyrelsens igangværende arbejder med infrastrukturen for letbaner, i det omfang dette har haft relation til udformning og regulering af vejanlæg.

Håndbogen for udformning og regulering af letbaner i vejkryds beskriver formål, baggrund og forudsætninger for arbejdet med letbaner i vejanlæg, herunder sammenhænge til de øvrige myndighedsparter og til det øvrige vejreglarbejde. Beskrivelsen omfatter retningslinjer og standardløsninger med illustrationer og eksempler på følgende krydstyper:

- Vigepligtsregulerede kryds og overkørsler
- Signalregulerede kryds
- Rundkørsler
- Sti- og fodgængerkrydsninger.

En vigtig del af analysearbejdet har været at studere artikler/rapporter, regelsæt og retningslinjer for letbanesystemer i udenlandske byer med letbanesystemer. Undervejs i arbejdsforløbet har der ligeledes været arrangeret en letbanestudietur til Frankrig for vejregelgruppen for at inspicere moderne letbanesystemer.

Baggrund

Med henblik på den snarlige indførelse af letbaner i flere danske byer har Vejdirektoratet nedsat en vejregelgruppe for letbaner bestående af Vejdirektoratet, Trafikstyrelsen, Politiet samt lokale offentlige myndigheder, som skal varetage planlægning/projektering af de danske letbanesystemer.

Mens de danske erfaringer med letbaner i praksis endnu ikke er eksisterende, savner man bestemt ikke erfaringer i udlandet, hvor letbaner i mange år har været blandt hverdagens mulige valg af transportform i mange europæiske byer.

De tidligere sporvogne er nok det nærmeste vi kommer letbaner i Danmark, men erfaringerne herfra er ikke ret meget værd i dagens trafikmønstre. Mange elementer har ændret sig siden man nedlagde den sidste sporvognsline i 1972. Hele gadebilledet har ændret sig, og biler og letbanemateriel er anderledes i dag. Desuden er både vejforhold og færdselsloven ændret væsentligt i takt med, at der er kommet øget fokus på trafiksikkerhed.

Resultater

Den kommende håndbog er en vejledning, som primært henvender sig til vejmyndigheder, planmyndigheder, trafikelskaber og rådgivere. Håndbogen udgør ikke et egentligt regelsæt, men indeholder anbefalinger til løsninger, som giver en række indikationer af, hvordan man implementere letbaner i det almindelige gaderum.

Eksempelvis hvordan udformer man et vejkryds mest hensigtsmæssigt under hensyntagen til at optimere fremkommeligheden for letbanen og samtidig fastholde en acceptabel fremkommelighed for vejtrafikken og et højt sikkerhedsniveau for alle trafikanter.

I den sidste ende er det politi- og vejmyndighederne, der skal godkende udformningen, men der vil være nogle fælles retningslinjer, som det er vanskeligt at komme uden om. Dermed bliver håndbogen langt hen ad vejen retningsgivende i mange henseender.

Eksempler på udfordringer

Informationskampagner

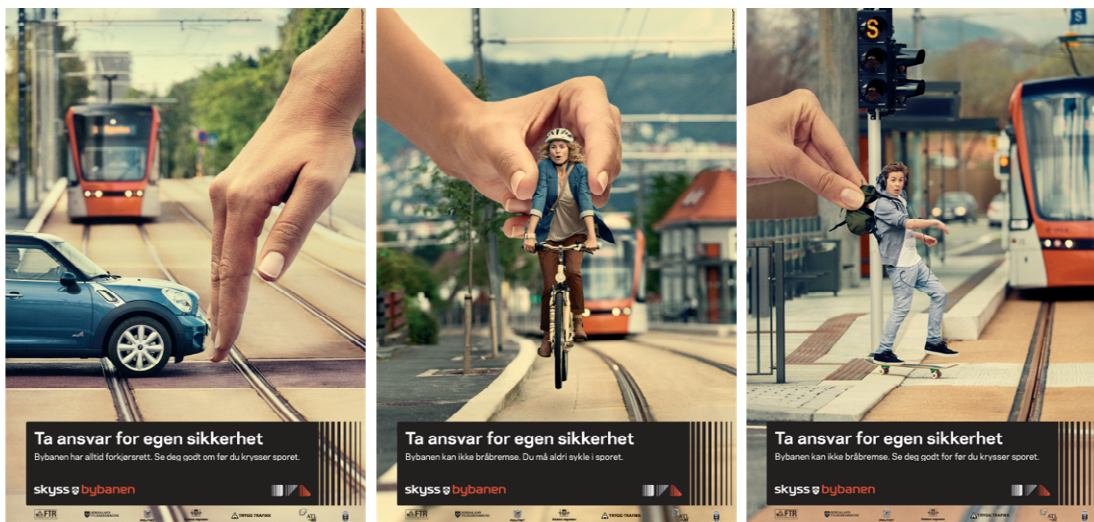
Det er væsentligt, at der før testkørsler på nye letbaner gennemføres større kampagner med information om de nye forhold og regler i relation til letbanetracéer. Der bør produceres let forståeligt informationsmateriale til borgerne i form af foldere, som kan husstandsomdeles i letbanens nærrområde.

Der bør også produceres posters med et letforståeligt budskab om ansvar for egen sikkerhed, når man færdes ved letbaner. Posters bør opsættes på offentlige steder samt anvendes i reklameindslag på TV. Efter åbning af letbanen bør materialet opsættes ved stoppesteder og placeres i letbanetog.

I udlandet har sådanne informationskampagner haft en positiv forebyggende effekt imod sikkerhedsrelaterede opstartsproblemer og øget sikkerheden ved nye letbaneanlæg. Herunder er vist udsnit fra husstandsomdelt folder fra Bergen fra 2010 (figur 1) og posters fra 2013 (figur 2) produceret i forbindelse med letbaneåbninger.



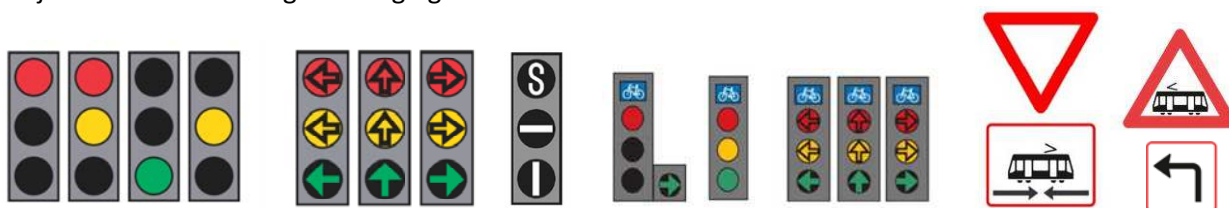
Figur 1: Eksempler på indholdet fra husstandsomdelt borgerfolder fra Bergen 2010.



Figur 2 Eksempler på posters fra sikkerhedskampagne i Bergen 2013

Signalregulerede vejkryds

Den mest kendte vejkrydstype med letbaner er nok den brede gade, hvor letbanetracéen forløber på sit eget "særlige tracé", der er "midtliggende" eller "sideliggende" på vejen. Igennem krydset følger letbanen vejtrafikens sekvens, hvor der ofte gives prioritet for letbanen, således at grøntiden trækkes, når et letbanetog nærmer sig. Letbanen kører på egne signaler, typisk de kendte hvide bussignaler, der let kan indarbejdes i eksisterende signalanlæg og som ikke kan forveksles med de farvede.



Figur 3: Signaler og tavler der anbefales anvendt i signalregulerede kryds med letbaner (eksempler).

Udfordringer ved vejkryds på særlig midtliggende tracé:

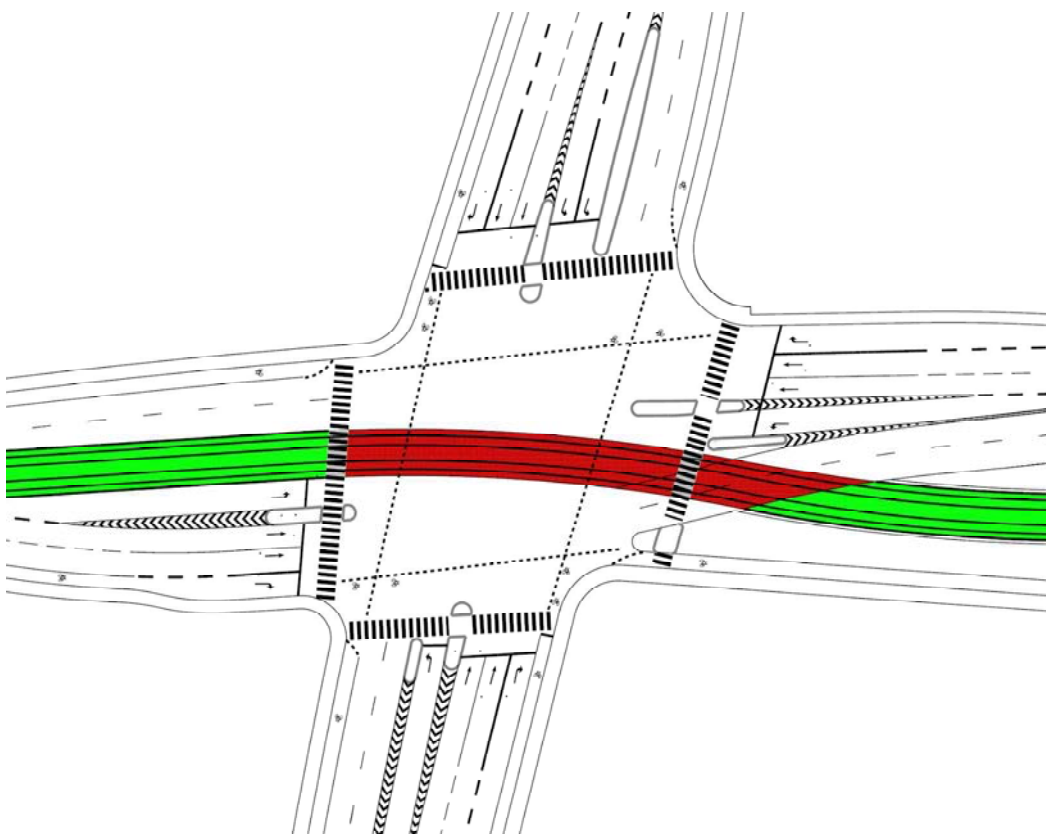
- Krydsende vejtrafik skal advares med en særlig tavle
- Venstresvingende vejtrafik gives advarselstavle og egen sekvens i separate venstresvingbaner med pilsignaler.
- Krydsende cykeltrafik skal ledes til at krydse sporene vinkelret, bl.a. ved at venstresvingende cyklister ledes til at svinge "fra hjørne til hjørne".

Udfordringer ved vejkryds på særlig sideliggende tracé:

- Krydsende vejtrafik skal advares med en særlig tavle
- Højresvingende vejtrafik fra nærmeste vejbane gives advarselstavle og separate svingbaner med pilsignaler.
- Krydsende og særligt svingende cykeltrafik over spor skal ledes og trafikreguleres særskilt.



Figur 4: Midtliggende tracé i Bremen(tv) og sideliggende tracé i Bergen(th). Bemærk forskellige belægnings og særskilte svingbaner.



Figur 5: Signalreguleret kryds - Overgang fra midtliggende til sideliggende særlig tracé udgør en særlig udfordring i indretningen af et kryds. Det røde felt markerer tracé delt med vejtrafik (delt tracé). Det grønne (særlig tracé) kan være belagt med græs. Således kan tracéen farvekodes til hjælp for trafikanterne.

Delt tracé med vejtrafik

I passage af vejkryds deler letbanen tracé med vejtrafikken. Enkelte steder kan man også lade letbanen køre på længere delte tracéer. Letbanespor kan lægges i vejbaner delt med vejtrafikken, hvor vejbredden er for smal til både to vejbaner og to letbanespor. Letbanevognen optræder her som en del af vejtrafikken og skal følge almindelige færdselsregler. Derfor er letbanevogne udrustet med de samme lys og spejle som biltrafikken, samt en kraftig klokke, så den lydmæssigt skiller sig ud fra de øvrige køretøjer. Letbanespor kan enten være delt med vejtrafik i den ene eller i begge retninger. Sammenfletning med vejtrafik sker med et signalanlæg.

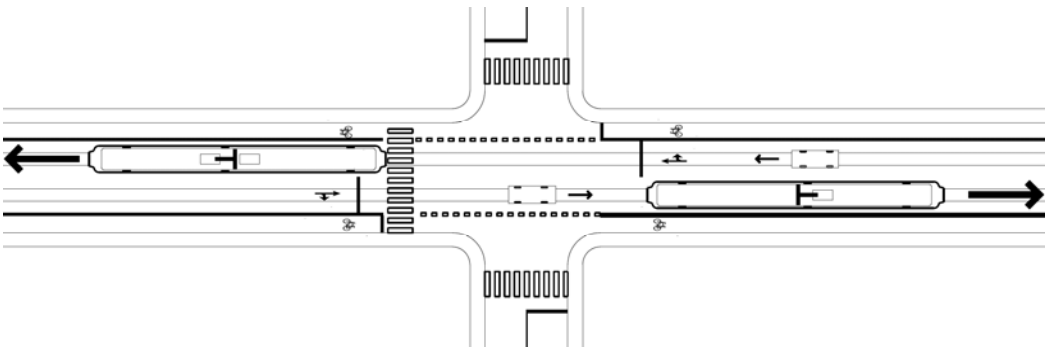


Figur 6: Delt tracé med vejtrafik i Nordhausen, Tyskland samt signalanlæg i Nantes, hvor letbanen fletter ind på en delt tracé.

Signalregulerede kryds på vejstrækninger med delt tracé giver særlige udfordringer.

Udfordringer ved vejkryds på delt tracé:

- Bortset fra venstresvingende vejtrafik opleves kun mindre forandringer i det lysregulerede kryds med delt letbanetracé.
- Venstresvingende vejtrafik kan generere uheldige eller farlige situationer, når der afventes modrettet færdsel uden separate svingbaner. I disse tilfælde bør venstresving forbydes, da dette ofte vil spærre for både biltrafik og letbanetrafik.
- Krydsende cykeltrafik bør ledes til at krydse sporene vinkelret, bl.a. ved at venstresvingende cyklister ledes til at svinge "fra hjørne til hjørne".
- Signalregulering bør udrustes med passende signalsekvenser og prioritering.



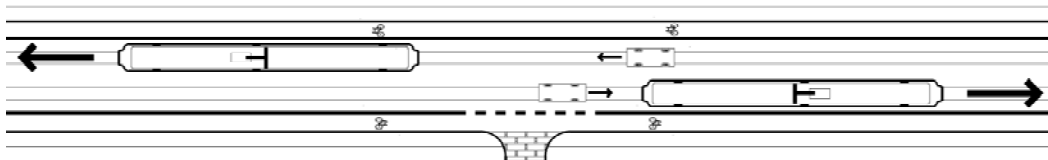
Figur 7: Signalreguleret kryds - Delt tracé igennem firevejskryds i smal gade.

Signalregulerede kryds med letbane kan reguleres ret stramt igennem en velindrettet vognbanestruktur og intelligente signalanlæg. Derfor er udfordringerne i signalregulerede kryds normalt til at løse uden større vanskeligheder, hvis der tages forbehold for følgende:

- Særlige svingbaner med pilsignaler for trafik der krydser letbanetracé, alternativt forbud.
- Særlig opmærksomhed omkring cykeltrafik og fodgængere
- Signalprioritering for letbane
- Nødvendig skiltning

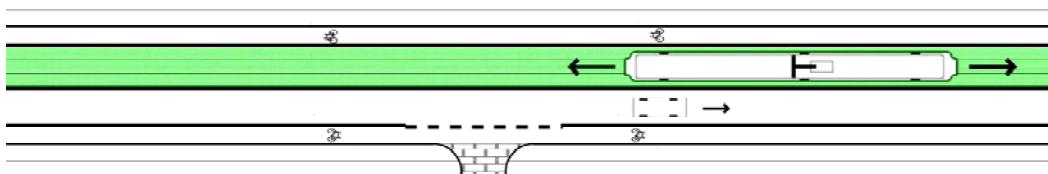
Vigepligtsregulerede vejkrøds

Normalt bør der i alle tre- og firevejskrøds med letbanetracé etableres signalregulering. Under særlige omstændigheder kan det for trevejskrøds, tillades at vejtrafikken krydser letbanetracé vigepligtsreguleret med prioritet for letbanen. Dog betinges der lave trafikmængder på sidevej (fx under 100 køretøjer/døgn, lave hastigheder og gode oversigtsforhold), lav hastighed, nødvendig skiltning, samt at det ikke er muligt eller hensigtsmæssigt at lukke eller omlægge sidevejen.



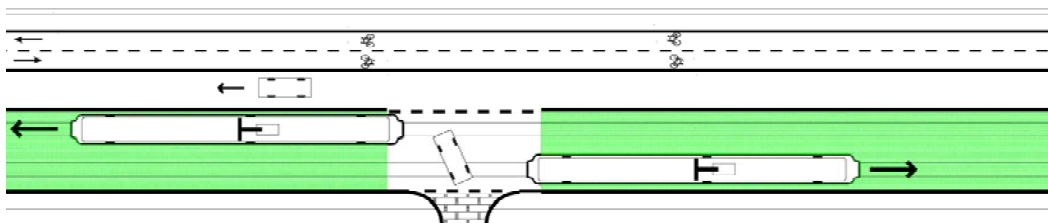
Figur 8: Vigepligtsreguleret kryds - T-kryds på dobbeltrettet vej med delt tracé.

I en smal gade med letbanetracé (figur 8) skal vejtrafikken tilpasse sig forholdene. Med begrænset vejtrafik kan der anlægges delt dobbelttracé, som falder sammen med den normale højrefrafik. Prioriterede kryds på denne vejtype er lige så overskuelige som almindelige prioriterede kryds under forudsætning af hastighedsklasse "Lav". Vejtrafik kan begrænses til lokaltrafik af hensyn til handlende og beboere.



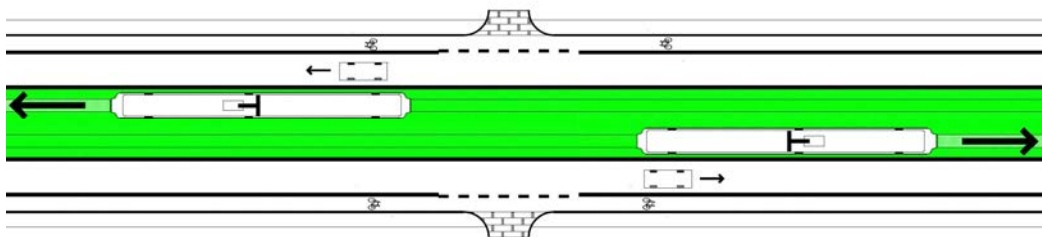
Figur 9: Vigepligtsreguleret kryds - T-kryds på ensrettet vej med særlig dobbeltrettet enkeltracé.

Alternativt kan den smalle gade indrettes med særlig dobbeltrettet enkeltracé og en ensrettet vejbane (figur 9). Enkeltspordrift, der kan etableres over kortere afstande, er behandlet særskilt i håndbogen. Det er én af flere muligheder for at føre letbaner ind til centrum uden bekostelige eksproprieringer eller forsinkende omvejskørsler.



Figur 10: Vigepligtsreguleret T-kryds - Overkørsel på ensrettet vej med særlig sidelagt tracé.

Overkørsler med en lav trafikmængde kan tillades at krydse særlig sidelagt tracé prioriteret. Trafikmængden på vejen skal være begrænset, og oversigtsforholdene skal være gode, før dette kan anbefales.



Figur 11: Vigepligtsreguleret kryds - firevejskryds på vej med midtliggende særlig tracé.

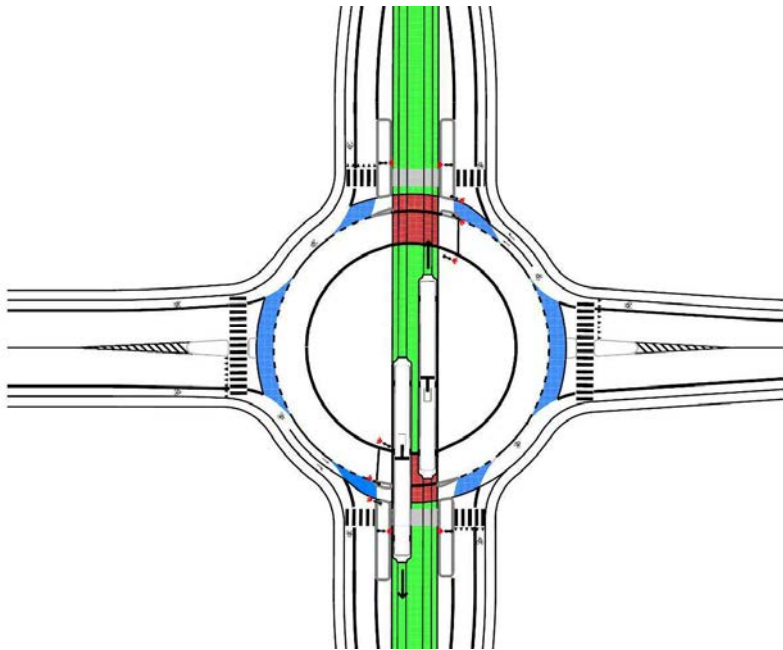
Denne vejtype anses for særlig uoverskuelig for venstresving med vigepligtsregulering. Letbanetracéen er i denne henseende en skærpende omstændighed. Derfor anbefales højre ind/højre ud kørsel i hver side. Det anbefales at gøre letbanetracéen utilgængelig for vejtrafik ved hjælp af kantsten, buske, pullerter, skilte eller andre hjælpemidler, således at udkørsel kun er mulig mod højre. Cyklister kan dog tillades at trække over tracéen som fodgængere i stikrydsninger.

Vigepligtsregulerede vejkrus er en udfordring med letbaner. Det er primært svagheden ved at vejtrafikanter skal kunne overskue både letbane, vej- og cykeltrafik - og overholde vigepligterne for disse uden hjælp fra signaler. På den anden side kan man heller ikke sætte signalanlæg op ved alle små private veje eller udkørsler langs en letbanetracé. Derfor er vigepligtsregulerede krydsninger et nødvendigt værktøj, som kan anbefales i begrænset omfang, når det ikke er muligt at omlægge og samle tilkørsler. Men der skal tages forbehold for:

- Lav trafikmængde og lav hastighed
- Gode oversigtforhold
- Nødvendig skiltning

Rundkørsler

Kombinationen rundkørsel og letbane er som udgangspunkt problematisk og frarådes derfor ved nyanlæg. Erfaringer fra Frankrig viser, at der er en højere frekvens af uheld med vejtrafik i rundkørsler med letbaner end i signalregulerede vejkrus med letbaner. Projekteres en letbane igennem en eksisterende rundkørsel, bør det derfor overvejes at ombygge denne til et signalreguleret vejkrus. Er dette ikke muligt, og er trafikken begrænset, kan der etableres en særlig letbanetracé igennem en rundkørsel udstyret med advarselsanlæg. Vejtrafikken standses kun når en letbanevogn skal passere.



Figur 12: Anbefalet udformning af 1-sporet rundkørsel med advarselsanlæg.

For letbanetog gælder, at rundkørsler skal passeres ved lav hastighed, således at øvrige vejtrafikanter kan nå at erkende køretøjet, som de har vigepligt for. Et advarselsanlæg skal understrege denne vigepligt. For vejtrafikken henvises til almindelige hastighedsforhold i rundkørsler.

Ved passage af letbanetog stoppes vejtrafikken med advarselsanlæg i form af broblink ved letbanens ind- og udkørsel af rundkørslen. Det betyder i de fleste tilfælde, at biltrafikken i cirkulationsarealet standser helt. Biltrafikken kan dog gives mulighed for at svinge til højre under letbanetogs passage bag om ventende biler, men dette bør afhænge af pladsforholdene og sikkerheden for ventende cyklister

Det anbefales at der tages særlige forholdsregler for at sikre cykeltrafikken, der er særlig udsat i rundkørsler, jf. Håndbog om rundkørsler i åbent land. I forbindelse med støttepunkter for fodgængere før krydsning af letbanetracé, etableres også støttepunkt for cyklister foran stoplinje med advarselsblink. Støttepunktet bør være rummeligt nok til, at flere cyklister kan opholde sig dér i sikker afstand til bagfrakommende vejtrafik. Desuden bør der etableres en cykelsvingbane på cykelsti uden for cirkulationsarealet med plads til ventende cyklister.

I figur 13 vises to eksempler på franske rundkørsler med letbane.



Figur 13: Eksempler på franske 1-sporede rundkørsler i Nantes og Angers med advarselsanlæg, i Danmark kendt som "broblink".

Rundkørsler kan anlægges med en særlig letbanetracé igennem midterø, men der bør tages forbehold for:

- Begrænset trafikmængde og hastighed
- Gode oversigtforhold
- Nødvendig skiltning
- At det ikke er muligt eller ønskeligt at omlægge til et signalreguleret trafikkrøds

Sti- og fodgængerkrydsninger

Der er ofte behov for at etablere stikrydsninger for fodgængere og cyklister over en letbanetracé.

Stikrydsninger bør etableres med et sikkerhedsniveau, der erfaringsmæssigt matcher behovet. De krydsende bløde trafikanters opmærksomhed bør generelt skærpes for at opnå den nødvendige opmærksomhed mod letbanen, da krydstypen ellers er forbundet med en væsentlig risiko.

Derfor bør der være fokus på at finde et passende sikkerhedsniveau, der ikke skaber en falsk tryghedsfølelse hos de bløde trafikanter, hvilket ifølge hollandske erfaringer i realiteten kan øge uheldsrisikoen ved stikrydsninger.

- På delt tracé udføres stikrydsninger normalt som for vejtrafik.
- På særlig tracé kræves særlig opmærksomhed, da krydsningstypen ikke er almindelig.
- På egen tracé følges praksis for jernbaneroverskæringer hvilket henhører til Trafikstyrelsen.

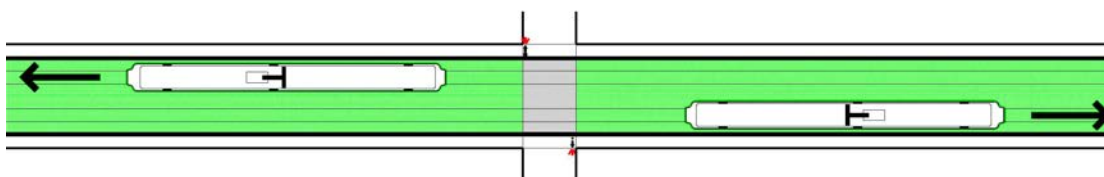
En krydsning af letbane på særlig tracé bør placeres, så flest mulige cyklister og fodgængere motiveres til at krydse letbanen netop dér. Den bør derfor lægges i tilknytning til stisystemer samt under hensyn til fodgængermål. Det er ofte en fordel at placere krydsninger og standsningssteder sammen.

En stikrydsning og dens omgivelser bør udformes, så den adskiller sig fra den øvrige stistrækning. Dette kan ske ved en passende visuel afbrydelse i vej-/sti forløbet fx ved en indsnævring eller udvidelse af rummet foran krydsningen. Herudover kan brug af belægningsskift eller vejudstyr såsom belysning og tavleafmærkning markere krydsningen. Dog bør disse tiltag ikke overdrives eller genere oversigtsforholdene, men blot være tilstrækkelige til at give opmærksomhed på krydsningen.

Ret passage uden sluser:

Figur 14 illustrerer stikrydsning udformet som en ret passage. En ret passage er betinget af gode oversigtsforhold og begrænsede trafikmængder i både passagen og på eventuel tilstødende vej. Alt efter oversigtsforhold vurderes det, om der skal anlægges et advarselsanlæg.

(På enkeltsporet tracé anbefales alene rette passager med advarselsanlæg, på grund af faren for at stitrafikanter ved sluser vender ryggen til kommende tog lige før udgang på tracé.)

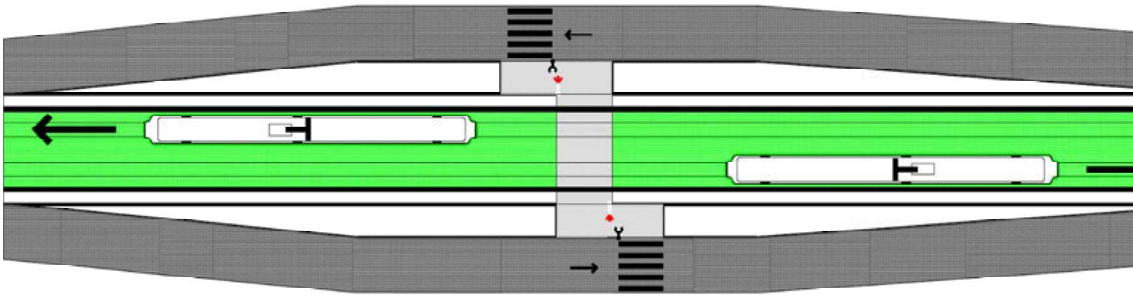


Figur 14: Ret passage uden sluse

Vinkelret passage med sluser:

Figur 15 illustrerer stikrydsning udformet som en vinkelret passage med sluse. Slusen sikrer, at især cyklister og knallerter standser op før passage af letbanetracé, hvilket kan være påkrævet tæt på parallel vejtrafik. Stikrydsninger i nærheden af signalregulerede vejkryds bør altid etableres med sluser.

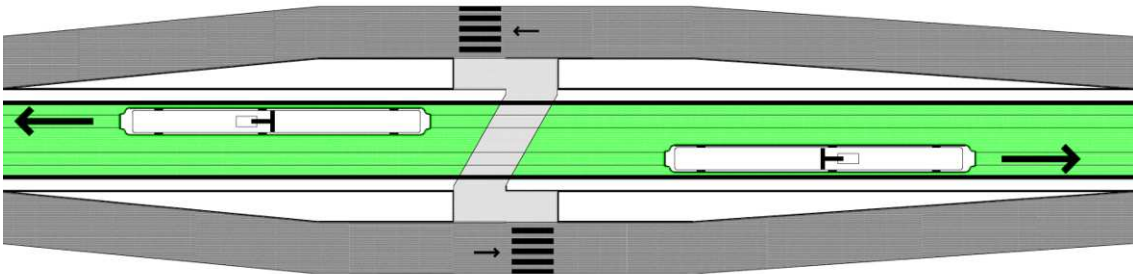
Alt efter oversigtsforholdene vurderes det, om der skal anlægges et advarselsanlæg. (På enkeltspor, se dog Ret passage uden sluser herover).



Figur 15: Vinkelret passage med sluser og advarselsanlæg på tracé parallelt med vej.

Z-passage med sluser:

Figur 16 illustrerer en stikrydsning udformet som en Z-passage med sluse. Ved slusens indgang tvinges stitrafikanterne til at se i venstre retning, hvorfra letbanetrafikken på det nærmeste spor kommer. Ved udgang til nærmeste spor tvinges stitrafikanterne til at se i højre retning, hvorfra letbanetrafikken på det fjerneste spor kommer. Stikrydsningens vinkel på skinnerne må dog ikke blive mindre end de anbefalede 70°. Alt efter oversigtsforholdene vurderes det, om der bør anlægges et advarselsanlæg.



Figur 16: Z-passage med sluser og uden advarselsanlæg på tracé parallelt med vej



Figur 17: Eksempler på stipassager: Passage med sluse og signal, og en helt uden.

Stipassager kan anlægges med forskellige grader af hjælpemidler tilpasset de enkelte steders trafikmængder og oversigtsforhold. Men for meget "hjælp" kan give de bløde trafikanter en falsk tryghedsfølelse, der reducerer opmærksomheden for den reelle fare.

Hollandske erfaringer viser at for meget hjælp til fodgængere og cyklister (i form af signaler, skilte, ledelinjer, sluser mm.) kan virke modsat hensigten, idet ulykkestallet så kan stige.

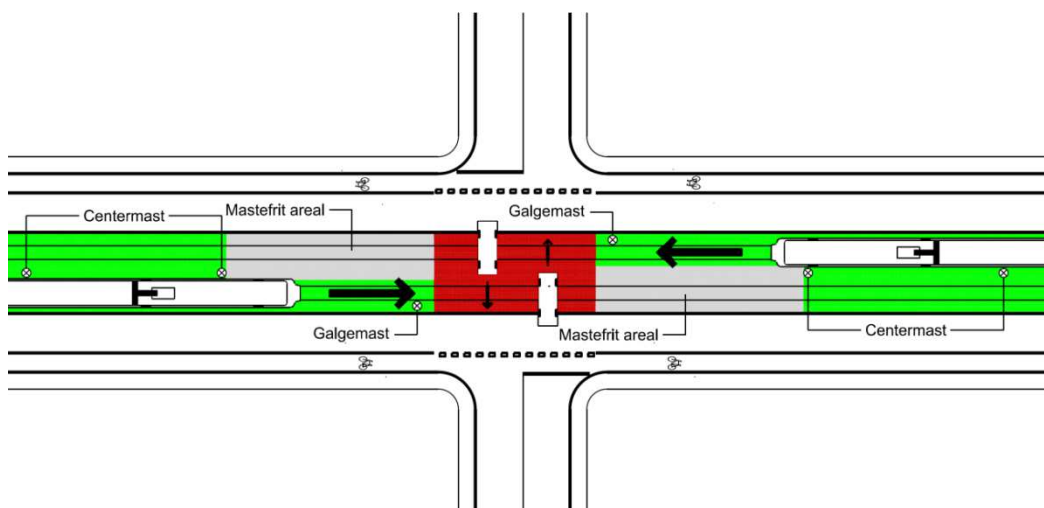
Der bør således sikres at:

- bløde trafikanter via skilte, belægning mm. gøres opmærksom på krydsningen
- opmærksomhedsgivningen bør kun være tilstrækkelig og må ikke overdrives
- stikrydsninger på skoleveje gives særlig opmærksomhed

Sikkerhed ved eventuelle påkørsler i gaderummet

Faste genstande nær tracéen bør etableres i god afstand til krydsende vejtrafik af hensyn til sikkerhed i forbindelse med mulige påkørsler. Skulle en bil blive påkørt af letbanetog i en krydsning, vil den ofte blive slæbt med ud af krydset, hvor mødet med en køreledningsmast kan blive fatalt, da masterne ikke må være eftergivelige.

Dette kan der sikres imod ved at anvende højrestillede galgemaster før kryds, eller køreledningsophæng i tværfelter ophængt i vejsidemaster eller husfacader. Således bør der etableres et mastefrit areal efter letbanens passage af kryds. Længden heraf tilpasses letbanens hastighed, angivet efter franske erfaringstal. Se figur 18.



Figur 18: Eksempel på masteopstilling af galgemaster ved vejryds for begrænsning af skader ved mulige påkørsler.

Afrunding

Indførelsen af letbaner i danske byer vil ændre bybilledet radikalt – ikke blot visuelt, men også hvordan man færdes i og indretter gaderummet, og hvor letbanen fremføres. For befolkningen vil dette være en tilvænningsproces, som kan hjælpes godt på vej med målrettede kampagner, der informerer om, hvordan man bør færdes omkring og ikke mindst respekterer det nye kollektive trafikmiddel.

Derfor bør trafikantlæg udformes hensigtsmæssigt efter erfaringer fra udlandet, specielt i forbindelse med vejkryds og rundkørsler, hvor mange forskellige trafikanttyper mødes i samme punkt. Dette kræver en optimering af sikkerheds- og fremkommelighedsforhold, som tilgodeser tilgængeligheden rimeligt for alle trafikanttyper, dog med det sideformål at begrænse væksten i fremtidens biltrafik og dermed overflødig gøre vejudvidelser på sigt.