KANDIDATSPECIALE JUNI 2019

FODGÆNGERADFÆRD

i et signalreguleret kryds med letbaneperroner i Aarhus

Marie Louise Nielsen &
Marie-Louise Lépine Jørgensen

VEJE OG TRAFIK AALBORG UNIVERSITET

AALBORG UNIVERSITET
STUDENTERRAPPORT

Institut for Byggeri & Anlæg
Thomas Manns Vej 23
9220 Aalborg Ø
E-mail: civil@civil.aau.dk
http://www.byggeri.aau.dk

Titel:

Fodgængeradfærd i et signalreguleret kryds med letbaneperroner i Aarhus.

Engelsk titel:

Pedestrian behaviour in a signalised intersection with a light rail stop in Aarhus.

Forfattere:

Marie Louise Nielsen, studienr.: 20171010
Marie-Louise Lépine Jørgensen, studienr.: 20171013

Hovedvejleder:

Niels Agerholm

Bivejleder:

Charlotte Tønning

Studieretning:

Veje og Trafik

Projekttype:

Kandidatspeciale

Projektperiode:

01. februar 2019 - 07. juni 2019

Sidetal: 99
Appendiks: 18

Resumé

Dette speciale omhandler fodgængeradfærd på to fodgængerovergange med letbaneperron i et trafikeret signaleret kryds i Aarhus. Adfærden er undersøgt ud fra videooptagelser fra en fire dages observationsperiode. I specialet er belyst adfærden hos fodgængere som krydser for rødt, samt hvilken påvirkning tilstedeværelsen af et letbanestop har på rødgængernes adfærd. Adfærden er belyst gennem et adfærds- og konfliktstudie samt et litteraturstudie. I litteraturstudiet gennemgås flere adfærdsstudier for at kortlægge hvilke adfærdsparametre, der påvirker fodgængernes adfærd. Herudover er der undersøgt, hvilke konfliktteknikker, som kan benyttes i forbindelse med en analyse af trafiksikkerhedsmæssige problemstillinger for fodgængerne på projektlokaliteten. Adfærds- og konfliktstudiet er foretaget primært på baggrund af manuelle registreringer. Typiske adfærdsmønstre hos rødgængerne i krydset var blandt andet, 1) at de i høj grad krydsede for rødt mod fortov fra nærmeste støttehelle, 2) at de i overvejende grad ikke havde ophold på en støttehelle ved krydsning for rødt, samt 3) at de blev påvirket af delt fodgængerregulering, og hvis de indgik i en stor gruppe fodgængere i forbindelse med krydsningen. Rødgængere havde i observationsperioden en 13 gange højere risiko for at blive involveret i en konflikt end grøngængere. Letbanepassagerer krydser i høj grad over for rødt i forbindelse med ankomsten af et letbanetog. Hvis letbanen ikke prioriteres i krydset, kan andelen af rødgængere til letbanen reduceres.

Abstract

In 2017, the first light rail line in Denmark was established in the City of Aarhus. Later, the line has expanded and light rail projects has been launched in two other cities in Denmark. The purpose of this thesis, is to contribute with knowledge about pedestrian behaviour and how a light rail influences their behaviour. Pedestrian behaviour is studied at two pedestrian crossings, in a high-traffic signalised intersection with light rail stops. The two pedestrian crossings examined are: 1) a four-stage pedestrian crossing with three centre refuge islands. 2) A three-stage pedestrian crossing with two centre refuge islands. Both crossings in the intersection lead up to a light rail platform. The main focus in this thesis, is to analyse pedestrian behaviour when crossing a red-light together with road safety issues. Data consists of 896 hours of video recorded material, distributed on four cameras located at each end of the pedestrian crossings. Analysis of the video recordings are carried out manually.

17.754 pedestrians in total were registered in the two pedestrian crossings. Most pedestrians were registered on the weekdays Wednesday and Thursday, which is why behaviour on these days, has been focused on in the analysis. The proportion of red-light crossings are also highest on these days, where the proportions are 4-11 % in pedestrian crossing 1 and 2-3 % in pedestrian crossing 2. A study on conflicts in this thesis has shown, that there are a 13 times higher risk of being involved in a conflict when crossing on a red-light, compared to crossing on a green-light.

The number of red-light crossings in each direction, are in general seen highest on the last stage of the pedestrian crossings towards the sidewalk. One exception is however seen in crossing 1, where the number of red-light crossings are highest between two refuge islands in the western direction. This is suggested to be because of the signalisation being divided, where the stages closest to the sidewalks has a longer green period. The proportion of red-light crossings between refugee islands in the western direction are 13 % on pedestrian crossing 1, and the proportion of red-light crossings on the last stage are 18 % to the east and 7 % to the west. In pedestrian crossing 2 the proportion is 4 % on the last stage in both directions.

The majority of red-light crossings happens without the pedestrian stopping on the refuge islands. In addition to not stopping when crossing the refuge island leading towards the light rail platform, the pedestrians in crossing 1 followed another pedestrian on the stage

towards the sidewalk. That is not the case in pedestrian crossing 2. It is suggested that the difference is due to a high number of large groups of pedestrians in crossing 1.

The presence of a light rail has an influence on the red-light crossing behaviour, on both pedestrian crossings. This is espcially seen on the crossing stage between the sidewalk and the refuge island leading towards the light rail platform. Here the majority of red-light crossings are made by pedestrians, who are passengers to the light rail. On pedestrian crossing 1, that amounts to 73 % of all red-light crossings and on pedestrian crossing 2, the percentage is 68 % of all red-light crossings. Passengers to the light rail are also crossing later in the red light period compared to non-light-rail passengers. About 64-70 % of all non–light-rail-passengers, crosses the red-light in the first 10 seconds of the red period, whereas light rail passengeres crosses more scattered during the red-light period. That can be explained by the fact, that most red-light crossings done by passengers, takes places in connection to the arrival of a light rail. About 50 % of the passengers, crosses the red-light in the last minute before a light rail train arrives at the platform. Furthermore, passengers are more likely to run when crossing a red light, compared to non-light-rail passengers. The study of the conflicts in this thesis shows, that 40 % of the pedestrians involved in a conflict, were running towards a light rail train or a bus. The direct influence on pedestrian safety regarding the presence of the light rail, has not been possible to examine, because of a small amount of underlying data. However, it is suggested that an approaching light rail train leads to inexpedient behaviour by the pedestrians who are trying to make the train.

The share of passengers who are red-light crossing in the last minute before a light-rail train arrives, can however be reduced. When the light-rail train is not prioritised in the signalisation, and the pedestrians have had the opportunity to cross on the green light before the light rail train arrives, the total reduction in red-light crossings made by passengers in the last minute are around 70 %. Not prioriotising the light rail, will however reduce its rapidness and prolong the travel time.

Forord

Dette projekt er udarbejdet af Marie Louise Nielsen og Marie-Louise Lépine Jørgensen i forbindelse med kandidatspecialet på civilingeniøruddannelsen Veje og Trafik, ved Det Ingeniør- og Naturvidenskabelige Fakultet på Aalborg Universitet. I projektet undersøges fodgængeradfærden i et trafikeret signalreguleret kryds med standsningssted for letbanen i Aarhus. Projektet skal bidrage til viden om fodgængeradfærd, samt hvordan letbanen, det nye element i trafikken, påvirker fodgængernes adfærd. Omfanget af projektet er 30 ECTS point, og er udarbejdet i perioden fra den 1. februar 2019 til den 7. juni 2019. Projektet omfatter denne rapport med tilhørende appendiks.

I forbindelse med udarbejdelsen af dette projekt, rettes der en stor tak til medarbejdere fra Midttrafik, Aarhus Letbane, Aarhus Kommune og Østjyllands Politi for at være behjælpelige med materiale, tilladelser samt bidrage til en bedre forståelse for krydset og letbanen i Aarhus. Endvidere rettes en tak til projektets hovedvejleder Niels Agerholm og bivejleder Charlotte Tønning for god og fleksibel sparring. Afslutningsvis en tak til Dorte Mariann Nielsen for opsætning af forside og bagside til denne rapport.

Læsevejledning

I indeværende rapport omtales projektlokaliteten som Nobelkrydset. Vejgrenene Nordre Ringgade betegnes som Nordre Ringgade Ø på den østlige side af krydset og Nordre Ringgade V på den vestlige side af krydset. De resterende vejgrene navngives efter navnet på vejen. Fodgængeradfærden undersøges på fodgængerfelterne, som krydser henholdsvis Randersvej i nord og Nørrebrogade i syd. Det nordligste fodgængerfelt omtales i rapporten som fodgængerfelt 1 og det sydlige fodgængerfelt omtales som fodgængerfelt 2. Fodgængerfelterne er opdelt i delstækninger adskilt af støttepunkter. På fodgængerfelt 1 er der fire delstrækninger, navngivet 1.1-1.4 fra højre side set fra til det centrale krydsområde. På fodgængerfelt 2 er der tre delstrækninger navngivet 2.1-2.3 fra højre side set fra til det centrale krydsområde. Støttepunkterne, der adskiller delstrækningerne, navngives fra A-E fra højre set fra det centrale krydsområde, hvor A og E betegner fortovskanterne. På fodgængerfelt 2 er der kun fire støttepunkter, hvormed der ikke forekommer et støttepunkt 2.D. Fra støttepunkt B på begge fodgængerfelter er der adgang til letbaneperron.

Kildehenvisninger i rapporten er efter Harvardmetoden. Der anvendes aktive kilder med Efternavn [år] og passive kilder [Efternavn, år]. Hvis den pågældende kildehenvisning gælder for et afsnit, placeres den efter det sidste punktum. Hvis kildehenvisningen er gældende for en sætning, placeres den før punktum i den pågældende sætning.

En fortegnelse af de anvendte kilder kan findes i litteraturlisten sidst i rapporten. Hvis kilden på tabeller og figurer ikke er angivet i tabel- eller figurteksten er disse fremstillet af forfatterne af dette projekt. Figurer med oversigtskort er udarbejdet i GIS-programmet QGis med kort fra Kortforsyningen. Tabeller og figurer er navngivet efter det pågældende kapitel, hvor eksempelvis den første figur i kapitel 1 hedder figur 1.1.

I rapporten indgår en ordforklaring med primære fagudtryk og definitioner, der anvendes igennem rapporten. Ordforklaringen kan findes på side xi. Appendiks er placeret bagerst i rapporten og angivet med bogstavsnummering. En oversigt over vedhæftede elektroniske appendiks kan findes i appendiks A.

Ordforklaring

Adfærdsparameter:	Skal i denne rapport forstås som mulige handlinger, som en trafikant kan foretage i trafikken. Adfærdsparameteren registreres som en kategorisk variabel.
Fodgænger:	Her benyttes definitionen fra Færdselsloven [Transport-Bygnings- og Boligministeriet, 2018]. Fodgængere omfatter dermed gående samt den, der løber på ski, skøjter, rulleskøjter, skateboards eller lignende, og den, der fører barnevogn eller legevogn. Den, der skubber kørestol, trækker cykel eller knallert, anses ligeledes som gående. Kørestolsbrugere, som kører med almindelig ganghastighed, opfattes ligeledes som gående. Cyklister, som bruger cyklen som løbehjul registreres **ikke** som fodgængere.
Extended Delta-V:	Konfliktindikator der beskriver skaderisikoen ud fra trafikanternes hastighed og masse.
Gap Acceptance:	Fodgængerens vurdering af, om der er et hul i trafikken, som er sikkert nok til, at fodgængeren kan krydse over vejen. Vurderingen sker på bagrund af en række parametre.
Grøngænger:	Fodgænger der påbegynder sin krydsning, mens der er grønt fodgængersignal.
Ikke-social information:	Information om de trafikale forhold, som trafikanten modtager, ved at se på det fysiske miljø omkring dem. Dette er eksempelvis signaler og modkørende biler.
Kollisionsrisiko:	Et udtryk, der anvendes i konfliktstudier, til at vurdere hvor tætte trafikanter er på en kollision i tid og rum.
Konflikt:	En alvorlig hændelse mellem to eller flere trafikanter, hvor de er i risiko for at kollidere, men hvor en kollision ikke forekommer. Dette kaldes også for et nær-uheld.

Konfliktindikator: Et objektivt mål for alvorlighedsgraden af mødet mellem to trafikanter.

Potentiel konflikt: Et møde mellem trafikanter, hvor alvorlighedsgraden er høj, men hvor der ikke er tale om en egentlig trafikkonflikt.

Risiko: En objektiv usikkerhed baseret på sandsynlighedsbetragtninger og statistiske beregninger [Herrstedt, 1981].

Risikovurdering: Vurdering af konsekvenserne ved at udføre en bestemt handling. Risikovurdering er subjektiv og afhænger af trafikantens vurdering af de belønninger og tab, som handlingen kan resultere i.

Rødgænger: Fodgænger der påbegynder sin krydsning, mens der er rødt fodgængersignal.

Skadesrisiko: Et udtryk, der anvendes i konfliktstudier, til at vurdere alvorlighedsgraden af konsekvensen, hvis en kollision havde sket.

Social information: Information om de trafikale forhold, som trafikanten modtager ved at se på andre trafikanters adfærd.

Støttepunkt: Fortov eller heller som fodgængere kan opholde sig på før og under krydsning.

T_2 Den resterende tid til den anden trafikant ankommer til konfliktzonen, samtidig med at den første trafikant er på vej mod eller befinder sig i konfliktzonen.

Trafiksikkerhed: En objektiv vurdering af den acceptable risiko for, at der indtrækker en uønsket hændelse. [Herrstedt, 1981].

Tryghed: Trafikanternes oplevede sikkerhed. Tryghedsfølelsen er fremkaldt gennem oplevelsen af og impulser fra den pågældende trafikale situation samt omgivelserne. [Herrstedt, 1981].

TTC: Konfliktindikatoren Time-to-Collision, der angiver den tidsmæssige afstand mellem trafikanterne til en kollision, hvis de fortsætter med samme hastighed og kurs.

Indholdsfortegnelse

Resumé **v**

Abstract **vii**

Forord **ix**

Læsevejledning ix

Ordforklaring **xi**

1 Indledning **1**

1.1 Valg af projektemne og projektlokalitet 2

1.2 Samspillet mellem trafikanter 3

1.3 Problemformulering 5

1.4 Afgrænsning 6

2 Områdekarakteristik **7**

2.1 Krydset og de nærliggende områder 7

2.2 Trafik 9

2.3 Uheld 17

2.4 Signalstyring 18

2.5 Udvalgte færdselsregler 22

3 Litteraturstudie **23**

3.1 Fodgængeradfærd 23

3.2 Konfliktstudie 36

4 Metode **45**

4.1 Litteraturstudie 45

4.2 Indsamling af videomateriale 46

4.3 Dataanalyse 48

5 Resultater **65**

5.1 Fodgængeradfærd i forhold til signalbillede 66

5.2 Letbanepassagerer 73

5.3 Konflikter 81
5.4 Sammenfatning 85

6 Diskussion **87**
6.1 Resultater 87
6.2 Metodeovervejelser 91
6.3 Sammenfatning 96

7 Konklusion **97**

8 Perspektivering **101**
8.1 Yderligere arbejde med data 101
8.2 Adfærd i forhold til perrontyper og letbaneprioritering 102
8.3 Rødgængere i fodgængerfelt med delt regulering 102
8.4 Risiko for fodgængere, som krydser i løb 102

Litteratur **105**

Appendiks A Oversigt over elektroniske appendiks **113**

Appendiks B Parametre og forudsætninger for uheldsudtræk **115**

Appendiks C Busser på projektlokaliteten **117**

Appendiks D Letbanepassagertælling **123**

Appendiks E Uheld på projektlokaliteten **125**

Appendiks F Styrediagram **127**

Appendiks G Oversigt over undersøgelser anvendt i afsnit 3.1 **131**

Appendiks H Konfliktteknik **135**

Appendiks I Vejret i optageperioden **143**

Appendiks J Letbaneregistering i RUBA **145**

Appendiks K T-Calibration **147**

Appendiks L Antal registrerede fodgængere **149**

Appendiks M Øvrige adfærdsanalyser **153**

Appendiks N Konflikter **165**

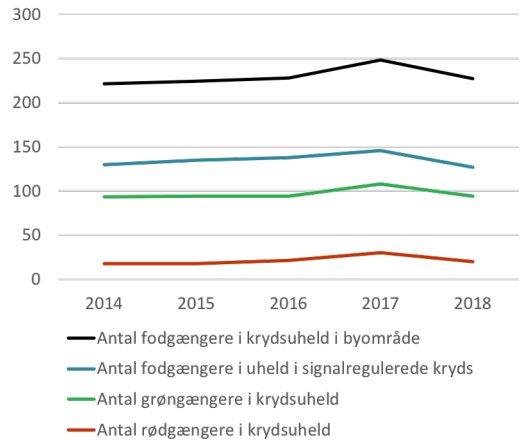
1 Indledning

Gang er den naturligste form for transportmiddel. Fodgængerne har en tendens til at følge de korteste, hurtigste og mest jævne ruter til deres destination, og de fleste gåture er under en længde på 2 kilometer [Lahrmann og Leleur, 1994]. Størstedelen af alle ture foretages helt eller delvist som fodgænger, og i 2017 blev 21 % af turene i Danmark foretaget ved gang [Center for Transport Analytics, 2017]. En tur, der foretages delvist som fodgænger, betyder, at gang indgår som en del af turen, som for eksempel mellem skift af transportmiddel eller mellem et busstop og destinationen. Gang er en aktiv transportform, der giver mange samfunds- og sundhedsmæssige fordele. Dette er for eksempel en højere levetid, større trivsel, forbedret livskvalitet og så er det samtidigt godt for klimaet [Troelsen, 2019; Hillnhütter, 2019]. Med den store fokus på klimaet i denne tid, er det derfor en god investering at fremme bæredygtige transportformer såsom gang.

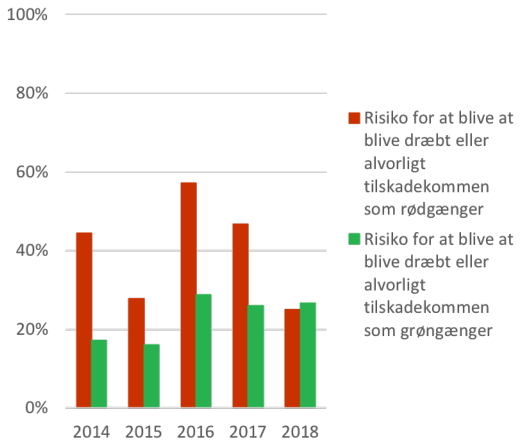
Fodgængere er en ubeskyttet trafikantgruppe, og når de er involverede i færdselsuheld, kommer de ifølge Havarikommissionen for vejtrafikulykker [2013] ofte alvorligt til skade. I 2017 skete knap otte ud ni fodgængeruheld med tilskadekomne i byområder [Danmarks Statistik, 2017b]. De fleste krydsuheld med fodgængere i byområder, sker i et signalreguleret kryds. I størstedelen af disse uheld krydsede fodgængeren for grønt. Dette kan ses på figur 1.1, hvor udviklingen i antallet af fodgængere involveret i krydsuheld i perioden 2014-2018 i byområder kan ses. Siden 2016 er over 20 % af fodgængere, som er involveret i et uheld i et signalreguleret kryds i byområder, blevet dræbt eller alvorligt tilskadekommet, uafhængigt om de har krydset for grønt eller rødt. Alvorlighedsgraden af personskaderne er dog højest for fodgængere, som har krydset for rødt, hvilket kan ses på figur 1.2.

Som det kan ses på figur 1.1 har antallet af fodgængere i et krydsningsuheld været stagnerende de seneste år. På figur 1.2 kan det ses, at udviklingen i grøngængeres risiko for at blive dræbt eller alvorligt tilskadekommen i krydsuheld i byområder, ligeledes har været stagnerende. Risikoen for rødgængere har derimod været svingende. Tallene i figur 1.1 og 1.2 er baseret på politiregistrerede uheld. Politiregistrerede uheld giver dog ikke nødvendigvis et retvisende uheldsbillede, da ikke alle uheld registreres af politiet [Danmarks Statistik, 2017a].

Eftersom gang er en transportform benyttet af langt de fleste mennesker, er det derfor



Figur 1.1: Udvikling i antallet af fodgængere i krydsuheld i byområder [Vejdirektoratet, 2019c]. Vejdirektoratet [2019c] er et uheldsudtræk fra vejman.dk og forudsætninger kan findes i appendiks B



Figur 1.2: Udviklingen i risikoen for at blive dræbt eller alvorligt tilskadekommen i et krydsuheld i et byområde i forhold til om fodgængeren har krydset for rødt eller for grønt. [Vejdirektoratet, 2019c].

vigtigt, at det er sikkert at færdes i trafikken [Havarikommissionen for vejtrafikulykker, 2013]. Dette vil måske i højere grad få folk til at benytte den aktive og bæredygtige transportform, som gang er.

1.1 Valg af projektemne og projektlokalitet

I Aarhus Kommune er der fokus på bæredygtige transportformer som gang, cykling og kollektiv transport. Målet er, at mindst 70 % af turene i Midtbyen i 2025 skal foretages med disse aktive og kollektive transportformer. Seneste tal fra perioden 2013-2015 viser, at 64 % af turene i Midtbyen blev foretaget som fodgænger, cyklist eller bruger af kollektiv transport. Letbanen er en ny form for kollektiv transport i Aarhus. Et af formålene med at etablere letbanen var, at forbedre mobiliteten i byen uden at mængden af biler skulle stige. [Aarhus Kommune, 2018]. Aarhus Letbane åbnede den første deletape i slutningen af 2017 mellem Aarhus Hovedbanegård og Aarhus Universitetshospital [Aarhus Letbane, 2019f]. Ifølge Midttrafik er der sket en fremgang på 40 % i passagertallene på strækningen sammenlignet med den tidligere buslinje, som før betjente strækningen mellem Aarhus H og Universitetshospitalet [Midttrafik, 2018]. Dette indikerer, at der er en øget interesse i at benytte letbanen, som offentligt transportmiddel, fremfor bussen. Dette kan betyde en øget passageraktivitet de steder, hvor en fremtidig letbane erstatter eksisterende busruter.

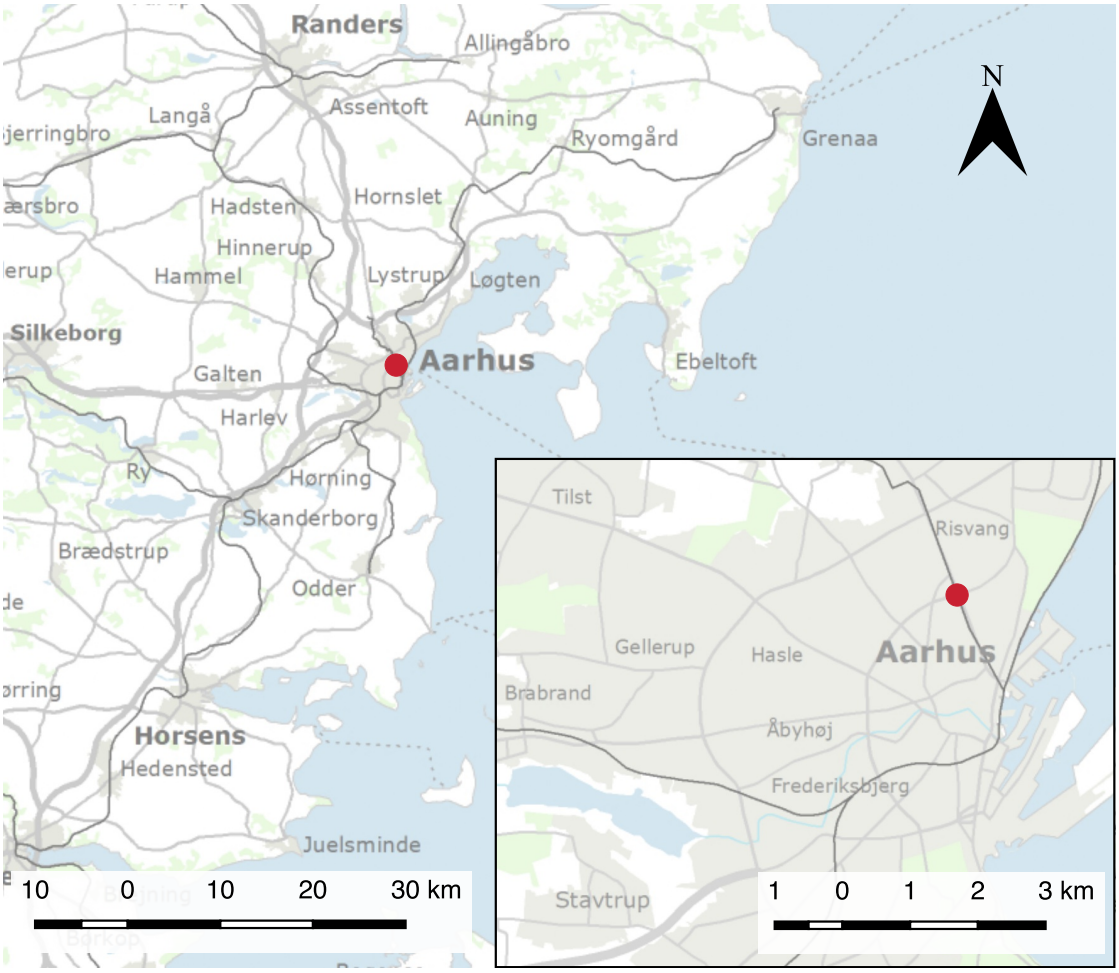
I 2018 og 2019 åbnede Aarhus Letbane de sidste delstrækninger på etape 1 mod Odder, Lisbjerg, Grenaa og Lystrup [Aarhus Letbane, 2019d]. Forundersøgelser er desuden igangsat for yderligere en letbaneetape i Aarhus [Aarhus Letbane, 2019e]. I andre danske byer er der også interesse for at bygge letbane, og i Odense og København er letbanebyggeriet påbegyndt [Odense Letbane, 2019; Hovedstadens Letbane, 2019]. Eftersom der er flere letbaner på vej, er det interessant at undersøge, om der opstår nogle trafiksikkerhedsmæssige problematikker i forbindelse med letbanen. Herunder kunne det være interessant at undersøge, hvordan de sårbare fodgængeres adfærd og sikkerhed bliver påvirket. Dette underbygges af, at mellem 90-100 % af fodgængeruheld i byområder skete i nærheden af kollektiv transport [Prato et al., 2019]. Samtidig viser en undersøgelse fra Polen, at ankomsten af et letbanetog kan have indflydelse på, at letbanepassagerer krydser for rødt [Kruszyna og Rychlewski, 2013]. Projektlokaliteten er derfor et kryds med letbanestop. Andre parametre, som har været væsentlige for valget af projektlokaliteten, er:

- at det er beliggende i et byområde
- at der er en høj fodgængeraktivitet,
- at fodgængerne er signalregulerede,
- at der er mange letbanepassagerer og
- at der har været uheld mellem letbanetog og fodgængere i krydset.

Den valgte projektlokalitet er et firbenet signalreguleret kryds i Aarhus. Placeringen kan ses på figur 1.3, og i kapitel 2 beskrives området nærmere. På lokaliteten har letbanen standsningssted, og tracéet er midterlagt. Alle passagerer skal derfor krydse et eller flere kørespor for at komme til en perron. I projektet undersøges fodgængeradfærden på de fodgængerfelter, som leder op til letbaneperronerne, hvilket gøres gennem et adfærds- og konfliktstudie.

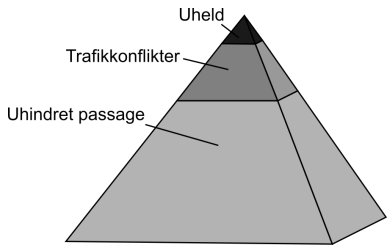
1.2 Samspillet mellem trafikanter

I trafikken kan der være et samspil mellem trafikanterne og vejomgivelserne samt trafikanterne imellem. Samspillet kan opdeles i forskellige hændelser, som bygger på alvorlighedsgraden af mødet. Dette kan beskrives ved hjælp af en sikkerhedspyramide, introduceret af Hydén i 1987 [Svensson og Hydén, 2006]. Sikkerhedspyramiden er illustreret på figur 1.4. Toppen af pyramiden repræsenterer de mest sjældne og mest alvorlige hændelser i trafikken, hvilket er uheld. Ned igennem pyramiden falder

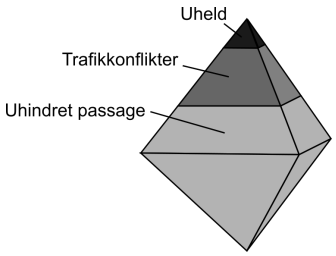


Figur 1.3: Placering af Aarhus samt markering af projektlokaliteten med rødt.

alvorlighedsgraden, mens hyppigheden af hændelserne stiger. Hændelser, der er mindre alvorlige end uheld, defineres som trafikkonflikter, også kaldet næruheld. En trafikkonflikt er en situation, hvor to eller flere trafikanter er tæt på en kollision. Den nederste del af pyramiden, uhindret passage, repræsenterer hændelser med en lav risiko for en kollision. I en svensk undersøgelse [Svensson, 1998] blev en modificeret udformning af sikkerhedspyramiden introduceret. Her blev det påpeget, at hændelser, med den laveste alvorlighedsgrad, også var sjældne, da de fleste trafikanter optimerer deres adfærd for at opnå en kortere rejsetid. Sikkerhedspyramiden blev i stedet præsenteret som en diamant, hvor hændelser, med moderat alvorlighedsgrad, var de hyppigste, som illustreret på figur 1.5.



Figur 1.4: Sikkerhedspyramide. Inspireret af Hydéns pyramide [Madsen og Lahrmann, 2014]



Figur 1.5: Sikkerhedsdiamant. En modificeret udformning af sikkerhedspyramiden. Inspireret af Svensson [1998].

En grundtanke ved konfliktstudier er, at ved et hvert møde mellem trafikanter er der en risiko for kollision. Dette betyder, at konfliktstudier kan blandt andet beskrive hændelsesforløbet forud for en mulig kollision. Koblingen mellem adfærds- og konfliktstudiet skal i indeværende projekt kvalificerer, hvilken fodgængeradfærd der er problematisk for fodgængerens egen sikkerhed. Dette undersøges for fodgængere, der krydser for rødt eller grønt samt letbanepassagerer og ikke-letbanepassagerer.

1.3 Problemformulering

På baggrund af de foregående afsnit opstilles følgende problemformulering:

> *Hvilken adfærd kendetegner fodgængere, der krydser for rødt på fodgængerfelter med standsningssted for letbanen i et trafikeret signalreguleret kryds, og hvilke trafiksikkerhedsmæssige problemstillinger forekommer med fodgængerne i disse fodgængerfelter?*

Herunder undersøges:

- *Hvor mange fodgængere krydser for rødt, og hvilke adfærdsmønstre kendetegner disse fodgængere?*
- *Hvordan er forskellen i adfærden hos rødgængere, som skal med letbanen, og rødgængere, som ikke skal med letbanen?*
- *Er fodgængere, som krydser for rødt, mere involverede i konflikter end fodgængere, som krydser for grønt?*

- *Er fodgængere, som skal med letbanen, mere involverede i konflikter end fodgængere, som ikke skal med letbanen?*

1.4 Afgrænsning

På projektlokaliteten undersøges udelukkende adfærden hos de krydsende fodgængere i de to fodgængerfelter ledende til letbaneperronerne på henholdsvis Nørrebrogade og Randersvej. I projektet registreres følgende adfærd for fodgængerne:

- Hvorvidt krydsning foretages, for grønt eller rødt fodgængersignal, samt hvornår.
- Hvorvidt de går eller løber over for rødt.
- Hvilken type af ophold, de har på støttehellen umiddelbart før krydsning for rødt.
- Hvorvidt der er en fodgænger foran på den pågældende delstrækning på fodgængerfeltet, når de krydser for rødt.
- Hvorvidt de er involveret i en konflikt.

Der registreres i øvrigt om fodgængerne går til en letbaneperron.

I projektet belyses udelukkende rødgængernes adfærd. Derudover undersøges der udelukkende hændelser til konfliktstudiet, som involverer fodgængere samt motorkøretøjer eller cykler.

2 Områdekarakteristik

Formålet med dette kapitel er at give en forståelse for projektlokaliteten og for hvilke fysiske parametre, der kan have indflydelse på fodgængernes adfærd. Lokaliteten for projektet er to fodgængerfelter med letbaneperroner i det såkaldte Nobelkryds. I kapitlet beskrives Nobelkrydset og det omkringliggende område samt trafikken gennem krydset. Endvidere beskrives uheld, der er forekommet i krydset siden 1. januar 2014 og derefter signalreguleringen i krydset med fokus på signaler, der påvirker fodgængerne på de to fodgængerfelter. Afslutningsvis beskrives udvalgte færdselsregler, der har indflydelse på fodgængernes adfærd.

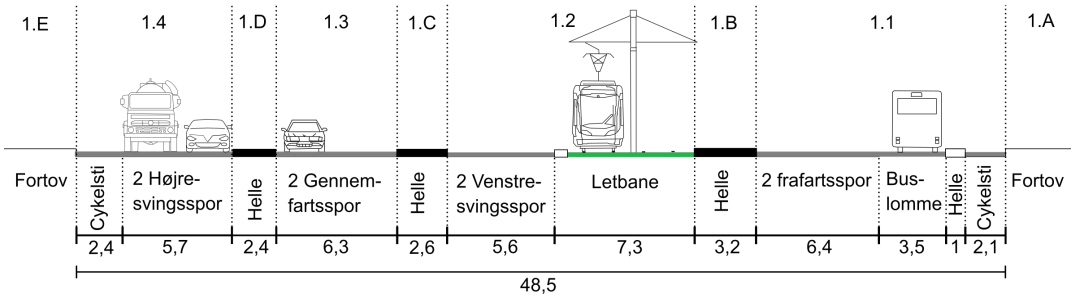
2.1 Krydset og de nærliggende områder

Aarhus er Danmarks anden største by med over 277.000 indbyggere [Danmarks Statistik, 2019]. Byen er en universitetsby, hvilket der kan ses på befolkningssammensætningen, hvor knap en tredjedel af befolkningen er i aldersgruppen 18-30 år [Aarhus Kommune, 2019a]. Nobelkrydset er omkranset af Aarhus Universitet, og er et af Aarhus Kommunes største signalregulerede kryds bestående af en indfaldsvej til Midtbyen og den inderste ringvej. Krydset er desuden et knudepunkt for offentlig transport. Dette betyder, at mange trafikanter fra forskellige trafikgrupper er samlet på lokaliteten. Placering af lokaliteten er tidligere vist på figur 1.3.

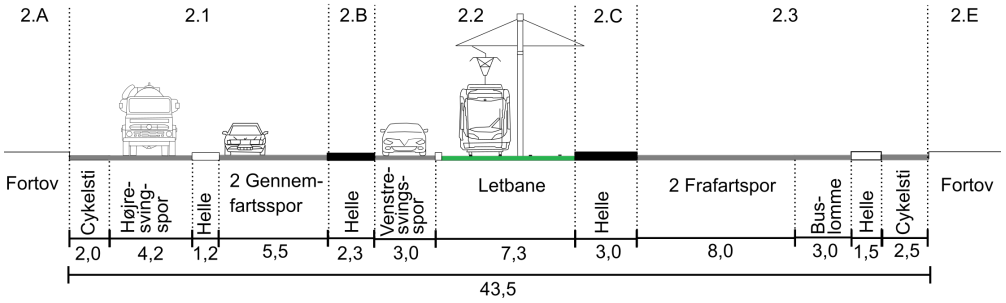
Krydset er beliggende i byområde på grænsen til Midtbyen, som er afgrænset af den inderste ringvej. På figur 2.1 er markeret de forskellige funktioner i området omkring krydset. På begge sider af Randersvej og den vestlige side af Nørrebrogade har universitet mange undervisningslokaler.

Figur 2.1: Oversigt over funktionerne i området omkring projektlokaliteten. Kortet er baseret på informationer fra Aarhus Kommune [2019b]

Randersvej er en indfaldsvej, som kobles til motorvejen E45 samt Djurslandsmotorvejen. Nørrebrogade leder ned til centrum og videre mod havnen og den nye bydel Aarhus Ø. Nordre Ringgade er del af den inderste ringvej rundt om Aarhus. Alle vejgrene i krydset består af fire kørespor med to kørespor i hver retning. På Nordre Ringgade V udvides vejen til seks spor efter krydsområdet. Den tilladte hastighed er 60 km/t på alle vejgrene. Langs Randersvej og Nørrebrogade er der desuden anlagt et letbanetracé mellem de to kørselsretninger, som vist på figurerne 2.2 og 2.3. På figurerne er principsnit for de to fodgængerfelter, som undersøges i indeværende projekt, desuden illustreret. Fodgængerfelt 1 krydser Randersvej og fodgængerfelt 2 krydser Nørrebrogade.



Figur 2.2: Principsnit af fodgængerfelt 1 på Randersvej, set fra det centrale krydsområde. Sortmarkerede heller fungerer som støttehelle for fodgængerne. Målene er i meter og er omtrentlige.



Figur 2.3: Principsnit af fodgængerfelt 2 på Nørrebrogade, set fra det centrale krydsområde. Sortmarkerede heller fungerer som støttehelle for fodgængerne. Målene er i meter og er omtrentlige.

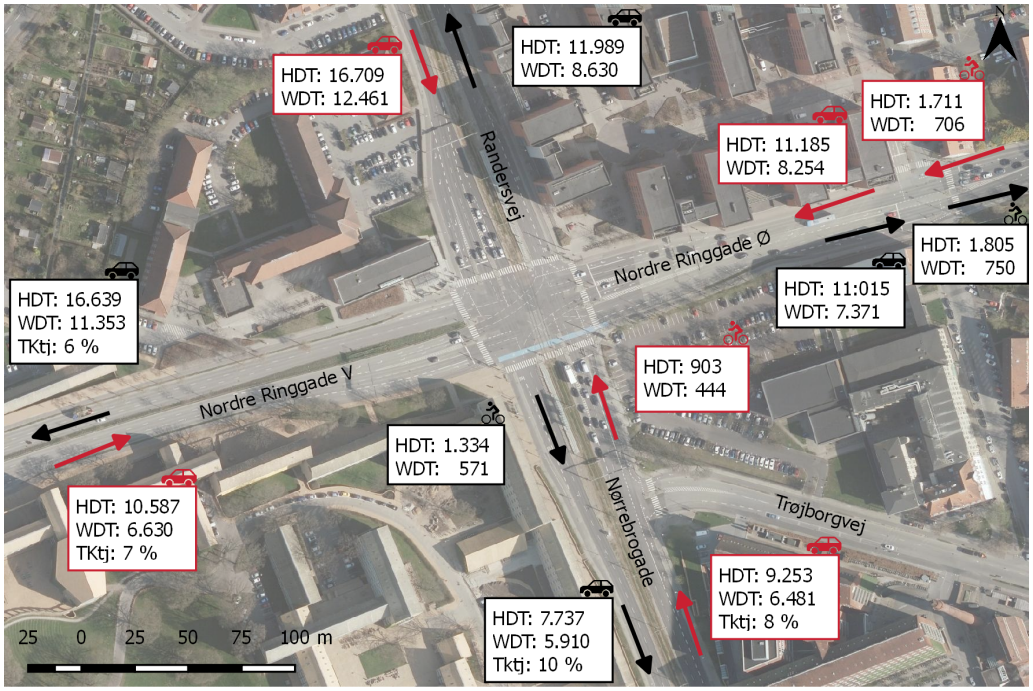
2.2 Trafik

Trafikken på lokaliteten består af en høj cykel- og biltrafikmængde og mange forskellige linjer af offentlig transport. Der forefindes ingen tidligere tællinger for fodgængere i krydset, og er derfor ikke er beskrevet i dette afsnit.

2.2.1 Biler og cykler

Nobelkrydset er et trafikeret kryds med mange trafikanter. Perioderne med flest trafikanter, myldretidsperioder, er i tidsrummene fra kl. 7 til kl. 9 og fra kl. 15 til kl. 17 [Vejdirektoratet, 2019a]. Især i myldretidsperioderne er mængden af motorkøretøjer på lokaliteten så høj, at der forekommer trængsel. I henhold til Aarhus Kommune [2019d] er fremkommeligheden markant nedsat i retningen ind til byen i morgenmyldretiden og moderat nedsat ud af byen i eftermiddagsmyldretiden. På Ringgaden i myldretidsperioderne er fremkommeligheden i begge retninger defineret som

markant nedsat. Trængslen kan også ses ved de høje biltrafikmængder på vejgrenene, som er vist på figur 2.4. På figuren er alle snittællinger for motortrafikken fra 2019, på nær dem på Randersvej. Tællingen på Randersvej er fra 2014, og er fremskrevet lineært til 2019 med en årlig vækst på 2,3 %. Væksten er bestemt ud fra den årlige vækst fra 2014 til 2017 på indfaldsvejene i Aarhus [Aarhus Kommune, 2019d]. I 2018 og 2019 blev der foretaget snittællinger af cykler og knallerter på henholdsvis Nørrebrogade og Nordre Ringgade Ø nær krydset. Disse tællinger er også vist på figur 2.4. Snittællingerne er opdelt i hverdagsdøgntrafik og weekendsdøgntrafik. Hverdagsdøgntrafik er den gennemsnitlige trafik i et hverdagsdøgn uden for sommermånederne. Weekendsdøgntrafikken er den gennemsnitlige trafik på lørdage og søndage uden for sommermånederne. Der er desuden tung trafik i krydset. Dette er vist på figur 2.4, hvor andelen af tunge køretøjer på Nordre Ringgade V og Nørrebrogade er angivet i forhold til årsdøgntrafikken.

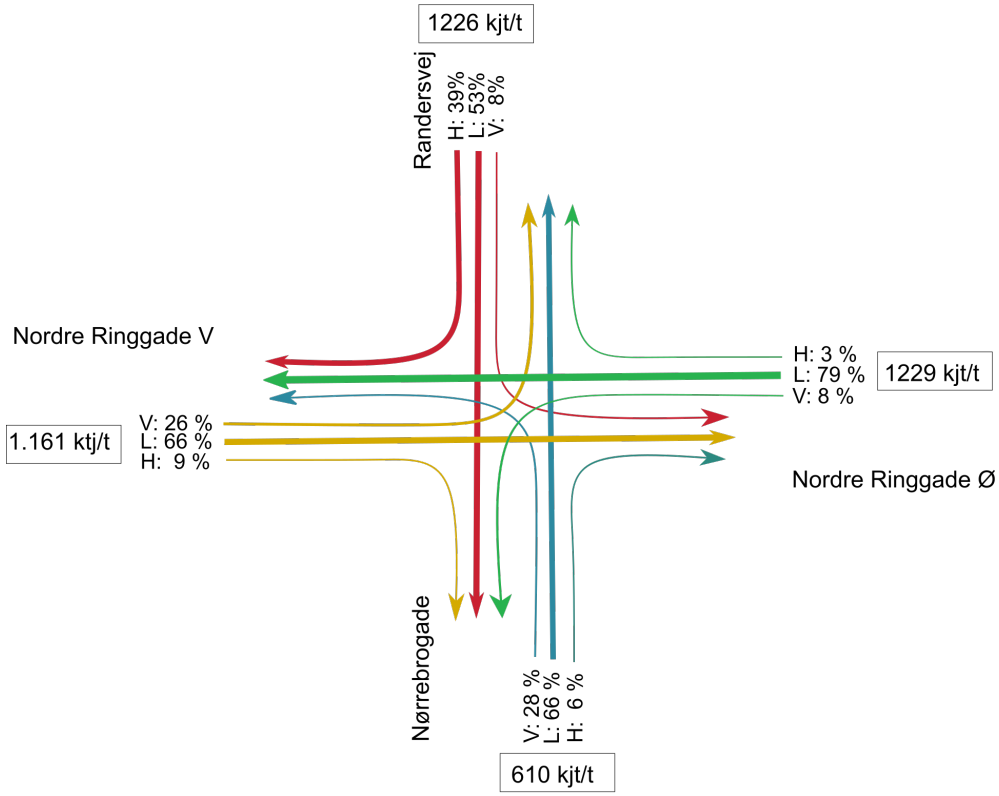


Figur 2.4: Snittællinger af motorkøretøjer på alle vejgrene samt snittællinger for cykler og knallerter på Nordre Ringgade Ø og Nørrebrogade. Cykel- og bilsymbol beskriver om snittællingerne er for henholdvis cykler eller motorkøretøjer. HDT står for hverdagsdøgntrafik, WDT står for weekendsdøgntrafik, og TKtj er andelen af tunge køretøjer af årsdøgnstrafikken. Andelen af tunge køretøjer for vejgrenen Nordre Ringgade Øst og Randersvej kendes ikke. Placering af pilene er den omtrentlige placering af snittællingerne. [Vejdirektoratet, 2019a].

Som det kan ses på figur 2.4 krydser knap 12.000 flere motorkøretøjer fodgængerfelt 1 end fodgængerfelt 2 på et hverdagsdøgn. På et weekendsdøgn krydser 8.700 flere

motorkøretøjer på fodgængerfelt 1 end fodgængerfelt 2.

På figur 2.5 er vist en krydstælling fra morgenmyldretidsperioden, baseret på en 23 minutter lang tælling fra den 18. april 2018 fra kl. 7:50 foretaget af COWI [2018]. Som det kan se på figuren, kører størstedelen af de tilkørende ligeud igennem krydset. Knap tre gange så mange motorkøretøjer svinger desuden til højre over fodgængerfelt 2 end over fodgængerfelt 1. For venstresvingende er der lidt over tre gange så mange motorkøretøjer, der krydser fodgængerfelt 1 end fodgængerfelt 2.

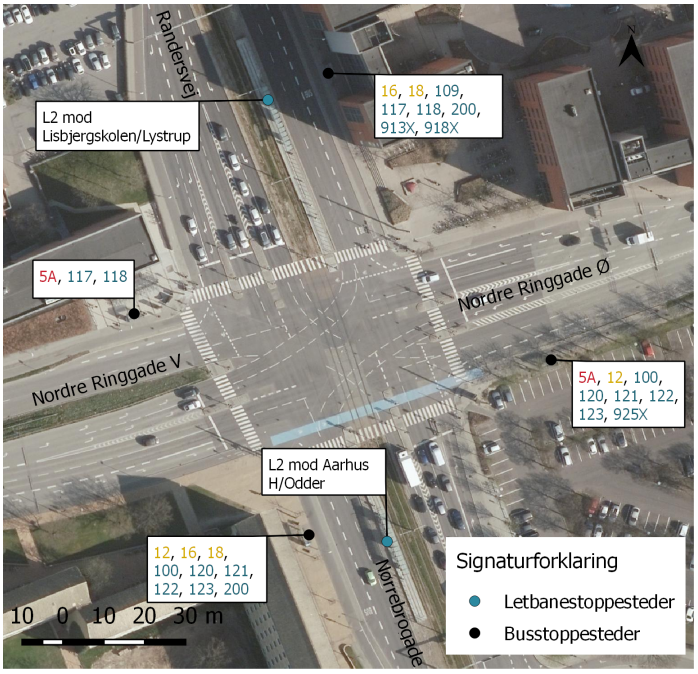


Figur 2.5: Krydstælling for en time i morgenmyldretidsperioden for motorkøretøjer. Tællingen er omregnet til en time, baseret på tællingen foretaget af COWI [2018].

2.2.2 Offentlige transportmidler

På lokaliteten standser 16 forskellige buslinjer og en letbanelinje. Dette giver mulighed for mange skift imellem de forskellige linjer, hvilket kan medføre en øget fodgængertrafik og påvirke de krydsende fodgængeres adfærd.

Placering af stoppesteder til offentlige transportmidler på lokaliteten er vist på figur 2.6.

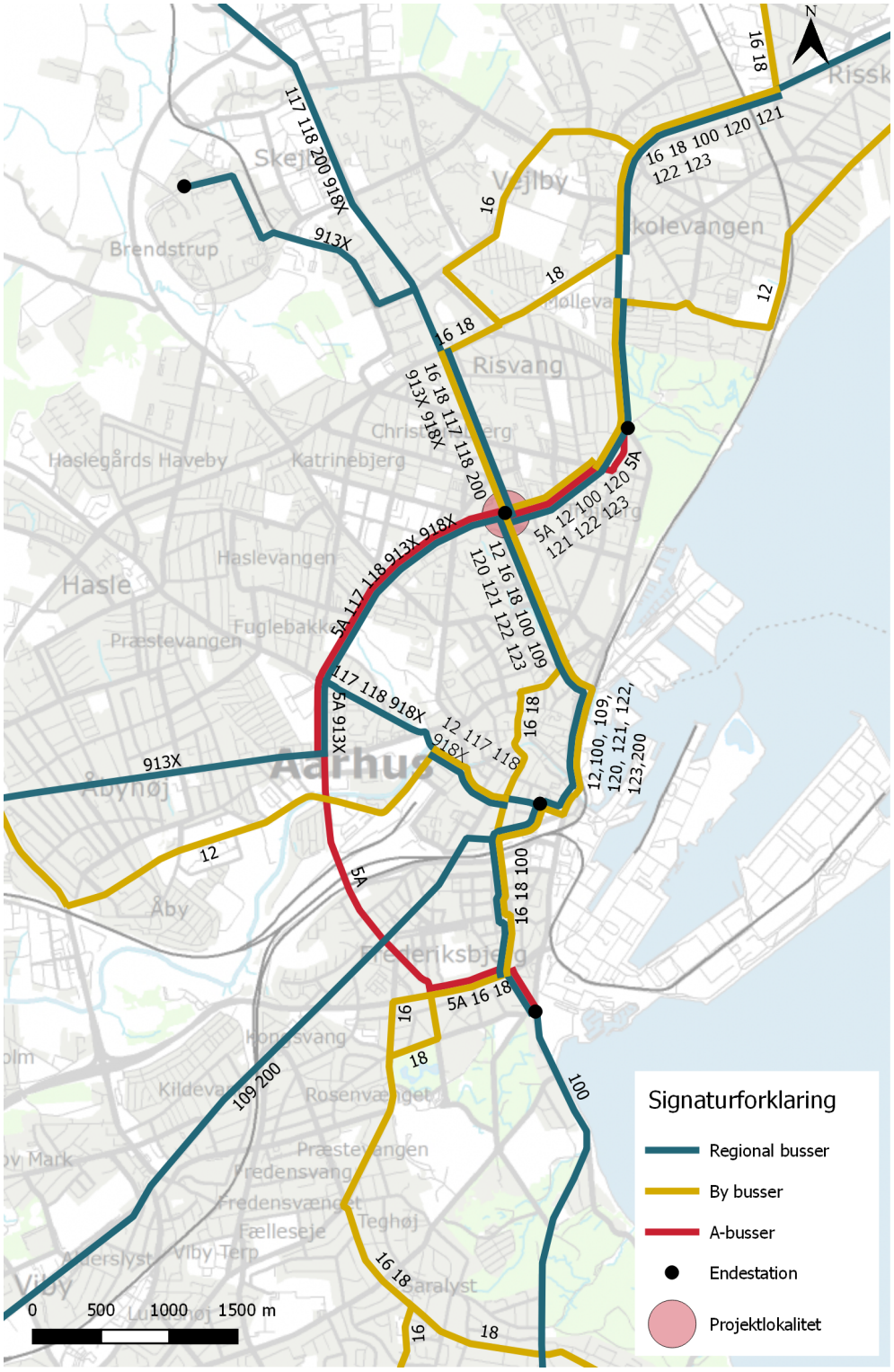


Figur 2.6: Placering af letbane- og busstoppesteder for de forskellige linjer i krydset. Røde tal indikerer A-buslinjer, gule tal indikerer bybuslinjer og blå tal indikerer regionalbuslinjer. Sorte tal indikerer letbanelinje.

2.2.3 Busser

De 16 forskellige buslinjer omfatter en A-buslinje, tre bybuslinjer og 12 regionallinjer. I myldretidsperioderne har tre af buslinjerne mellem fire til seks afgange i timen i mindst én af retningerne. Mange af ruterne overlapper desuden hinanden, hvilket kan ses på figur 2.7, som viser de forskellige busruter i et udsnit af Aarhus. Figuren viser dog ikke buslinje 925X, da denne busrute udelukkende kører til Aarhus Lufthavn. Overlappende ruter kan give en risiko for, at passagerer løber mellem stoppestederne for at nå den først kommende bus. Dette kan i øvrigt også være tilfældet mellem letbane og busruter som kører i samme retning.

Buslinje 5A er en ringlinje fra Tangkrogen i syd til Marienlund i nord. En A-buslinje har høj frekvens, og en letforståelig linjeføring med gode skiftemuligheder til andre buslinjer. Desuden har A-buslinjer en høj rejsehastighed, da busserne har direkte ruter ad de større veje. [COWI og Tetraplan, 2010].



Figur 2.7: Et udsnit af busruter, der standser på lokaliteten.

5A har afgang på lokaliteten i tidsrummet fra kl. 5:21 til kl. 0:21 i hverdage, og i tidsrummet fra omkring kl. 6:00 til kl. 0:21 lørdag og søndag. Linjen har skiftende frekvens, som er beskrevet nedenfor [Midttrafik, 2019]:

- Hverdage fra kl. 7 til kl. 9 og fra kl. 13 til kl. 16: 7-8 afgange/time.
- Hverdage fra kl. 9 til kl. 13 og fra kl.16 til kl. 18 samt lørdag fra kl. 10 til kl. 17: 6 afgange/time.
- Resterende af hverdage og lørdag samt søndag: 4 afgange/time.

Bybuslinjerne er et supplement til A-buslinjerne. Linjeføringen for bybuslinjerne er udformet således, at der er større dækningsgrad end ved A-busserne [COWI og Tetraplan, 2010]. Dette betyder, at fremkommeligheden for bybusserne er lavere, men tilgængeligheden højere. De tre bybuslinjer, med stop på projektlokaliteten, er dobbeltradiale og forener forstæder med Midtbyen. Bybuslinjerne standser på projektlokaliteten i tidsrummet fra omkring kl. 5:30 til kl. 0:30 i hverdage og fra omkring kl. 6:30 til kl. 0:30 i weekend. Frekvensen af afgangene er én til to afgange i timen. To af bybuslinjerne kører dog med en frekvens på tre afgange i timen i bestemte tidsrum. I appendiks C er bybussernes endestationer for de forskellige ruter, frekvens i løbet af dagen, tidsrum for stop på lokaliteten og nærmere beskrevet. I appendiks C er nærmere beskrevet de forskellige bybuslinjernes ruter, frekvens samt tidsrum, hvor der er afgange på lokaliteten.

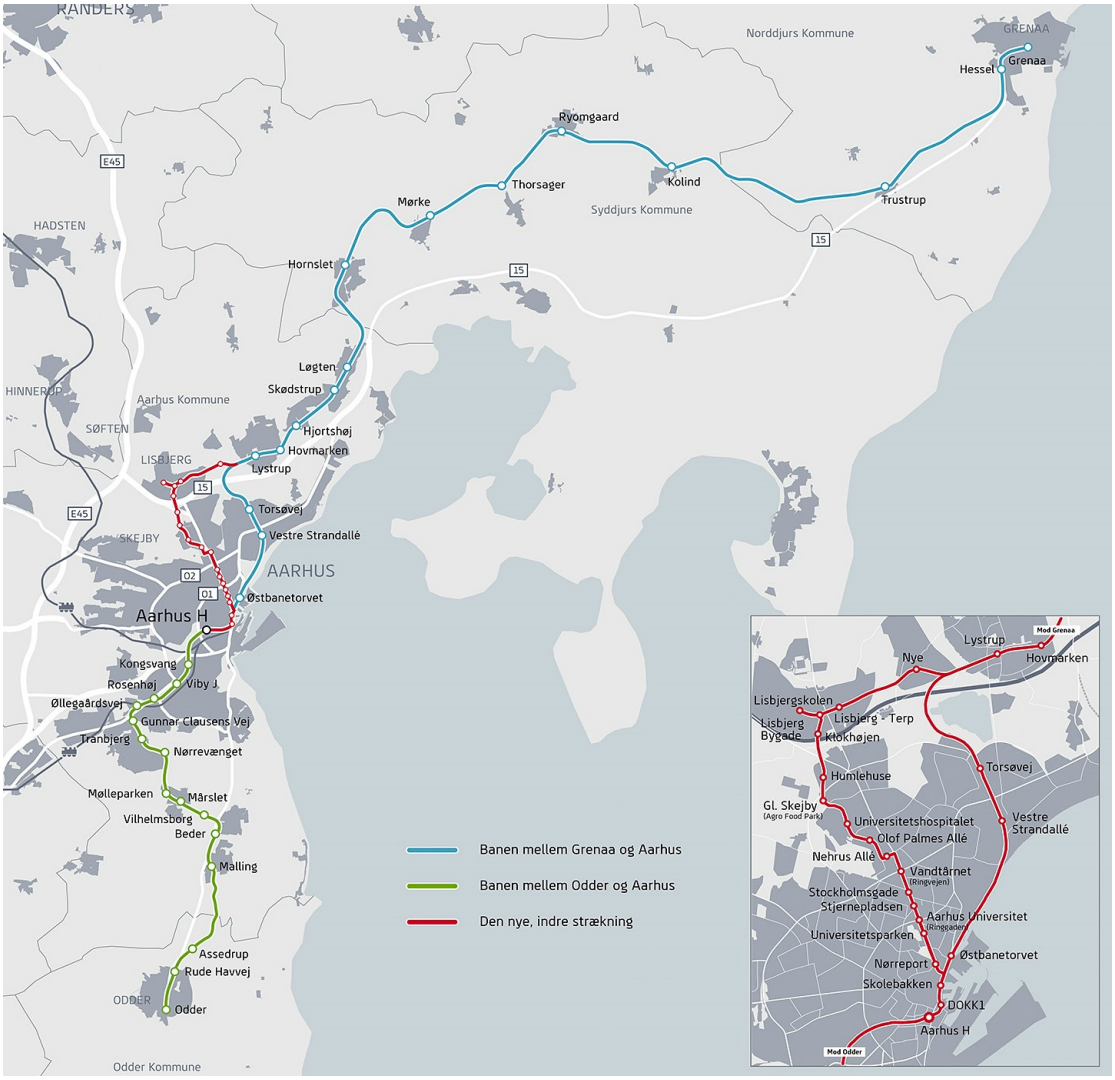
Tre ud af de 12 regionalbuslinjer på lokaliteten er x-buslinjer. Regionalbuslinjer forbinder nabokommunerne og dele af Aarhus Kommune med Aarhus Midtby [Aarhus Kommune, 2019c].

To af regionalbusserne har en frekvens på maksimalt seks afgange i timen, imens seks regionalbuslinjer kører med en lavere frekvens. To af regionalbuslinjerne har udelukkende afstigning på lokaliteten henholdsvis én eller tre gange i løbet af morgenmyldretiden i hverdagene. Det skal desuden bemærkes, at X-busserne ikke må benyttes af passagerer, der rejser internt i Aarhus [Midttrafik, 2019]. I appendiks C er nærmere beskrevet de forskellige regionalbuslinjers frekvens og tidsrum med busafgange på projektlokaliteten.

2.2.4 Letbane

Letbanen i Aarhus består af to linjer L1 (Aarhus H - Grenaa) og L2 (Odder - Lisbjergskolen/Lystrup) med i alt 50 standsningssteder [Aarhus Letbane, 2019c]. Letbanens linjeføring og standsningssteder er vist på figur 2.8. Den første delstrækning

mellem Aarhus Hovedbanegård og Aarhus Universitetshospital åbnede for passagerer den 21. december 2017 [Aarhus Letbane, 2019f]. Strækningerne mellem Aarhus H og Odder samt Aarhus Universitetshospital til Lisbjergskolen åbnede for passagerer den 25. august 2018 [Aarhus Letbane, 2019b]. De sidste to strækninger fra Aarhus H til Grenaa og Lisbjergskolen til Lystrup åbnede for passagerer den 30. april 2019 [Aarhus Letbane, 2019a].



Figur 2.8: Oversigtskort med linjeføringer for Aarhus Letbane [Aarhus Letbane, 2019c].

På projektlokaliteten ligger standsningsstedet Aarhus Universitet (Ringgaden) til letbanelinje L2. Letbanetracéet er her anlagt som midterlagt særligt tracé. I det centrale krydsområde er der dog delt tracé. Særligt tracé følger vejen, men har et reserveret

areal, som oftest adskilles med kantstensopspring eller afmærkning. Ved delt tracé deler letbanen areal med andre trafikanter. [Vejdirektoratet, 2016]. Standsningsstedet er to forskudte sidelagte perroner med stop efter kryds, hvilket kan ses på figur 2.6.

Letbanen standser på lokaliteten i tidsrummet fra kl. 4:44 til kl. 1:05 på hverdage, og mellem fra kl. 5:29 til kl. 1:05 på lørdage og søndage [Midttrafik, 2019]. I hverdage mellem kl. 6 til 18 og lørdage mellem kl. 8 til kl. 16 kører letbanetogene på lokaliteten med 8 afgange i timen. I øvrige tidsrum kører letbanen med 4 afgange i timen [Aarhus Letbane, 2018].

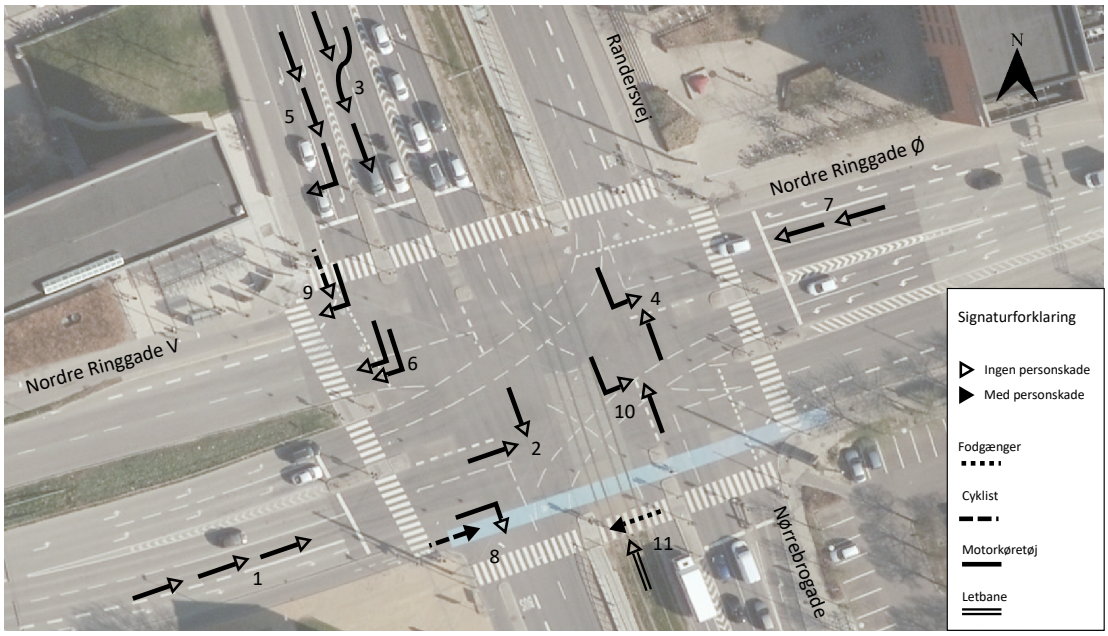
Før åbningen af de sidste strækninger den 30. april 2019 kørte letbanetogene med en anden frekvens på lokaliteten. I hverdage fra kl. 6 til kl. 19 og lørdage fra kl. 9 til kl. 17 kørte letbanen med 6 afgange i timen. I tidsrummene fra kl. 7 til kl. 9 og fra kl. 15 til kl. 16 i hverdage kørte letbanen dog med en højere frekvens på 7-8 afgange i timen. I de øvrige tidsrum kørte letbanen med 4-5 afgange i timen. [Midttrafik, 2019]. I appendiks C er frekvens og køretid for letbanen nærmere beskrevet.

Den 11. april 2018 blev der gennemført en passagertælling på strækningen fra Aarhus H til Aarhus Universitetshospital. Passagertællingen viste, at omkring 8.400 passagerer benyttede letbanen i hver retning. Flest passagerer kørte med letbanen i tidsrummet fra kl. 7 til kl. 8 og fra kl. 15 til kl. 16 [Midttrafik, 2018]. Foruden endestationerne er projektlokaliteten dét standsningssted med flest påstigere og afstigere med henholdsvis 841 og 870 passagerer per dag. I appendiks D er vist tællingen af afstigere og påstigere fordelt på de forskellige standsningssteder.

Fra begyndelsen af testkørslen med letbanen i maj 2017 til januar 2019 har der været fem uheld mellem et letbanetog og en fodgænger på strækningen fra Aarhus H til Aarhus Universitetshospital. Uheldene er sket ved fem forskellige standsningssteder: Stockholmsgade, Stjernepladsen, Aarhus Universitet (Ringgaden), Skolebakken og DOKK1. Placeringen af de forskellige standsningssteder kan ses på figur 2.8. Ét af disse uheld er hermed sket på projektlokaliteten. En nærmere beskrivelse af dette uheld findes i afsnit 2.3. I fire ud af de fem uheld kom fodgængeren ikke til skade. I uheldene ved standsningsstederne Stjernepladsen og Aarhus Universitet (Ringgaden) gik fodgængeren over for rødt fodgængersignal. Ved Stjernepladsen krydsede fodgængeren for at nå det pågældende letbanetog. [Aarhus Letbane I/S, 2019]

2.3 Uheld

I perioden fra den 01.01.2014 til den 01.05.2019 er der registreret 11 uheld i Nobelkrydset, hvilke er skitseret på kollisionsdiagrammet på figur 2.9. Her er uheldene nummereret i forhold til den tidsmæssige rækkefølge. En skematisk oversigt over uheldene kan findes i appendiks E.



Figur 2.9: Kollisionsdiagram med politiregistrerede uheld i perioden fra den 01.01.2019 til den 01.05.2019. [Vejdirektoratet, 2019b]. Placeringen af uheldene er omtrentlige.

Tre af uheldene involverede bløde trafikanter, og to af de uheld resulterede i personskade. Dette drejer sig om uheld nr. 8 og uheld nr. 11. Uheld nr. 8 var et dødsuheld og involverede et højresvingende sættevognstog og en cyklist kørende fra Nordre Ringgade V. Uheld nr. 11 involverede letbanen kørende i nordgående retning og en fodgænger krydsende for rødt over fodgængerfeltet på Nørrebrogade mod sydvest. Fodgængeren krydsede for rødt og fik ifølge Aarhus Letbane I/S [2019] et brækket ribben og knækkede en tand, hvilket er en alvorlig personskade i forhold til Vejdirektoratet [2017]. Det fremgår ikke af hverken grundrapporter [Vejdirektoratet, 2019b] eller indberetninger fra Aarhus Letbane I/S [2019], om fodgængeren krydsede for at nå letbanetoget. Uheldet er det eneste politiregistrerede fodgængeruheld i perioden. Uheld nr. 9, 10 og 11 skete efter letbanen begyndte at køre i krydset i 2017. Kun uheld nr. 11, mellem fodgænger og letbanetoget, har været påvirket af tilstedeværelsen af letbanen.

2.4 Signalstyring

Medmindre andet er angivet, henviser alt information beskrevet i dette afsnit til signalgruppeplaner [Swarco, 2017b] og et teknisk notat [Swarco, 2017a] udleveret af Aarhus Kommune.

2.4.1 Regulerede trafikstrømme

Trafiksignalsystemet består af fire signalprogrammer. Alle programmer er trafikstyrede med præference for trafikken ad Randersvej og Nørrebrogade. Myldretidsprogrammet bruges i tidsrummet fra kl. 6:00 til kl. 20:00, og dag-/natprogrammet bruges i det resterende tidsrum fra kl. 20:00 til kl. 6:00. Signalprogrammerne P3 og P4 er samordnede med sidevejstrafikstyring, og benyttes kun i nødstilfælde. De fire signalprogrammer er:

P1 Præferenceprogram, myldretid. Omløbstid: 35-130 sekunder.
P2 Præferenceprogram, dag-/natprogram. Omløbstid: 35-105 sekunder.
P3 Myldretidsprogram, samordnet. Omløbstid: 120 sekunder. (Reserveprogram)
P4 Dag-/natprogram, samordnet. Omløbstid: 90 sekunder. (Reserveprogram)

De forskellige programmer afgør primært længden af grøn- og rødtiden for de forskellige køreretninger i krydset. For alle programmer er der det samme styrediagram. Det betyder, at der altid er de samme mulige faser i alle signalprogrammer. Faserne afgør hvilke retninger, der har grønt på samme tid. Da alle programmer er trafikstyrede, betyder det, at nogle faser kun indkobles, hvis der kommer trafik i den pågældende retning. Styrediagrammet for Nobelkrydset kan findes i appendiks F. De fleste trafikstrømme er separatreguleret i krydset. Højresvingende køretøjer fra Nordre Ringgade og fodgængere på fodgængerfelt 1 og 2 er dog ikke separatregulerede. Højresvingende køretøjer fra Nordre Ringgade Ø og V kan få 1-lys pilsignal, hvis der detekteres køretøjer i sporet. Der er hermed meget få konfliktende trafikstrømme i krydset.

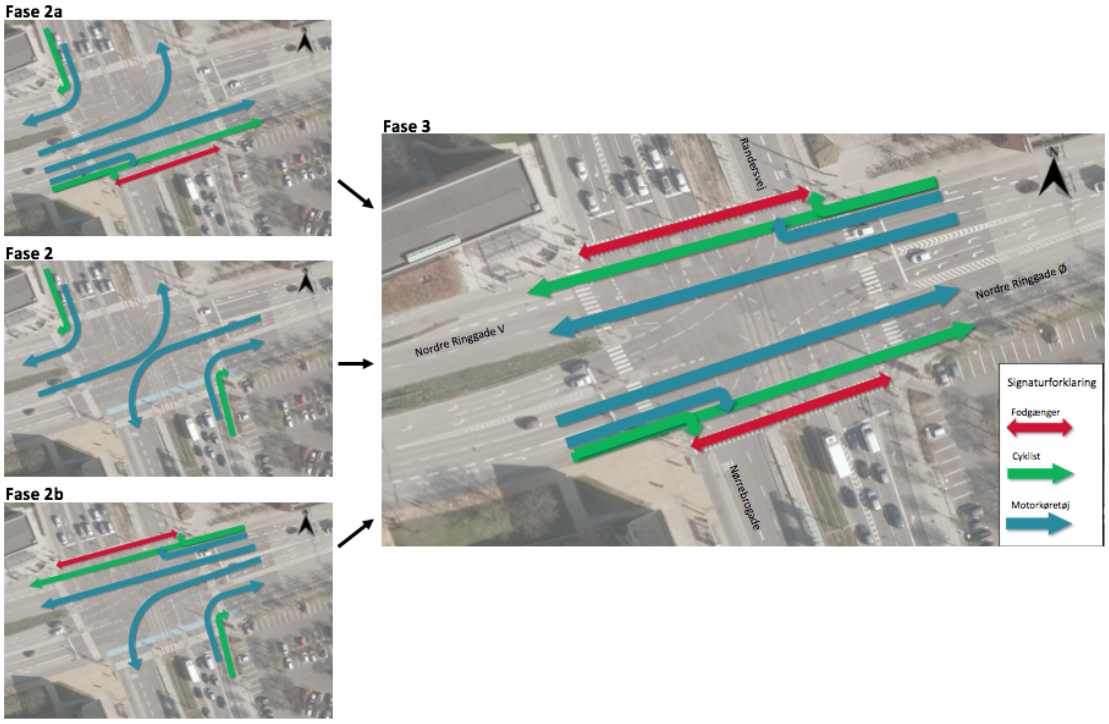
Detektering af motorkøretøjer og cyklister foregår ved hjælp af radar og induktionsspoler. Letbanen detekteres med induktionsspoler før og efter krydset. På fodgængerfelt 1 og 2 kræves der i aften- og nattetimerne fodgængertryk for at fodgængerne bliver anmeldt. I dagtimerne fra kl. 6 bliver fodgængerne anmeldt automatisk.

I krydset er letbanen delvist prioriteret. En prioritering betyder, at signalerne skifter, så der er grønt for letbanen, når den ankommer til krydset. Der er vurderet, at der er en

sikkerhedsmæssig risiko forbundet med prioritering af letbanen, da det kan give anledning til, at passagerer krydser for rødt på de tilstødende fodgængerfelter. Af sikkerhedsmæssige grunde er der derfor valgt at give fodgængere på fodgængerfelt 1 og 2 grønt, umiddelbart inden letbanen kommer.

2.4.2 Signalfaser

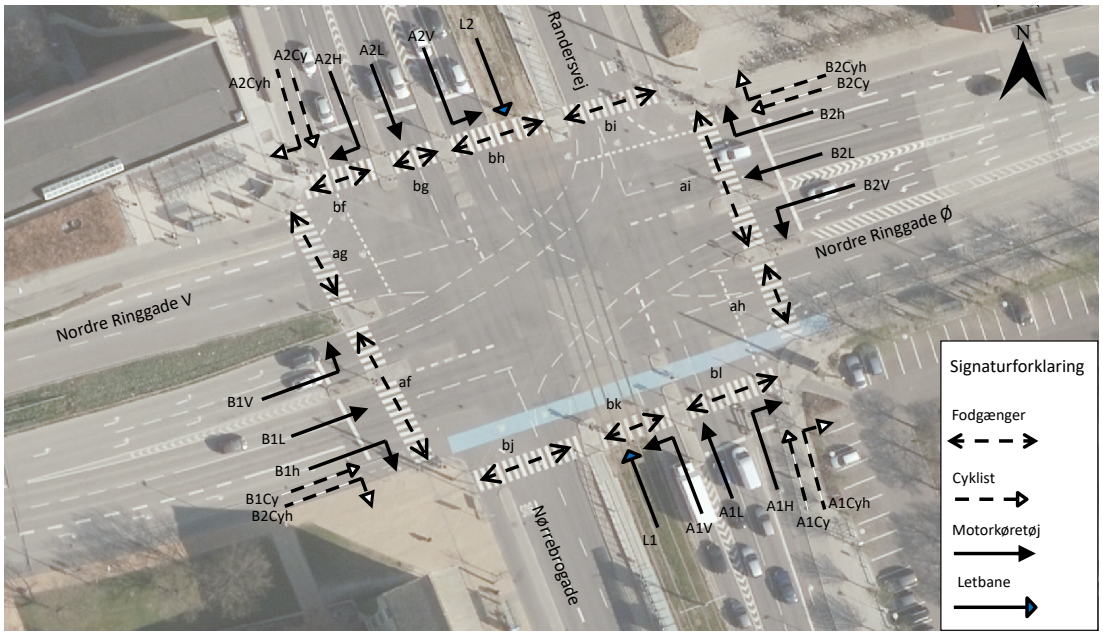
Den første fase i signalprogrammerne anmeldes altid, og består af alt ligeudkørende trafik fra Randersvej og Nørrebrogade samt fodgængere krydsende Nordre Ringgade Ø og V. I fase 2 og 3 afvikles blandt andet fodgængerne der krydser Randersvej og Nørrebrogade. Muligheder for afvikling af trafikstrømme i fase 2 og 3 kan ses på figur 2.10. I sidste og fjerde fase kan blandt andet afvikles højresvingende fra Nordre Ringgade Ø og V med 1-lys pilsignal og separatregulerede venstresvingende fra Randersvej og Nørrebrogade. Fase 4 afvikles, hvis der har været anmeldt trafik i de separatregulerede venstresving. Alle faser og afviklede trafikstrømme kan ses i styrediagrammet i appendiks F.



Figur 2.10: Mulig afvikling af faserne 2 og 3.

Grøntid for fodgængere på fodgængerfelt 1 og 2

Krydsende fodgængere over Randersvej har delt regulering på fodgængerfeltet, hvilket betyder, at grøntiden ikke er den samme på alle delstrækninger. Sidste del af fodgængerfeltet på hver side har mellem 3-4 sekunders ekstragrønt i forhold til de midterste delstrækninger. Observationer af krydset viser dog, at den ekstra grøntid på delstrækning 1.4 er mellem 6-10 sekunder. Denne fodgængerstrøm kaldes bf på figur 2.11. Alle fodgængersignaler i krydset har to røde lysåbninger og én grøn lysåbning. Dette skal i følge Vejdirektoratet [2018] reducere risikoen for, at fodgængerne går på det forkerte signal i forbindelse med den delte fodgængerregulering.



Figur 2.11: Oversigt over regulerede trafikstrømme.

Fodgængerfeltet krydsende Nørrebrogade har udelt regulering, og alle delstrækninger har dermed lige lang grøntid. Grøntiden er for fodgængerne minimum 24 sekunder i præferenceprogrammerne P1 og P2. Afhængig af hvilke faser, der afvikles, kan fodgængere få op mod 43 sekunders samlet grøntid. Tabel 2.1 viser mulige grøntider for fodgængere krydsende Randersvej og Nørrebrogade i myldretidsprogrammet P1. Trafikstrømme afviklet i de enkelte faser kan ses på figur 2.10.

Hvis letbanen anmeldes under rødt, afbrydes igangværende faser efter minimumsgrønt, og fase 2 og 4 springes over. Fodgængerne på fodgængerfelt 1 og 2 får dermed 24 sekunders grønt umiddelbart før letbanens ankomst til krydset.

Tabel 2.1: Grøntider for fodgængere krydsende Randersvej og Nørrebrogade afhængig af fasekombination.

Faser \ Strækning	Randersvej				Nørrebrogade		
	bf	bg	bh	bi	bj	bk	bl
2a + 3	28s	24s	24s	28s	43s	43s	43s
2b + 3	43s	40s	40s	43s	28s	28s	28s
2 + 3	28s	24s	24s	28s	28s	28s	28s

Mellemtider for fodgængere i fodgængerfelt 1 og 2

Mellemtider fastlægges på baggrund af et tillæg til de beregnede sikkerhedstider. Sikkerhedstiderne beregnes som den tid, der som minimum skal være til stede, fra grønt lys slukker for én trafikstrøm, til grønt lys tænder i en konfliktende trafikstrøm. Sikkerhedstiden beregnes på baggrund af de konfliktende trafikanters hastighed og størrelse, samt afstanden imellem dem. Hvis sikkerhedstiden er mindre end minimumsmellemtiderne, kommer der et tillæg på. Tillæg til sikkerhedstiden kan også forekomme, hvis der er tidsmæssige bindinger på to trafikstrømme. Grønt signal for fodgængere må eksempelvis ikke starte senere end grønt for hovedsignalerne i samme retning. [Vejdirektoratet, 2018]. Faktiske mellemtider, samt minimumsmellemtider, mellem fodgængere på fodgængerfelt 1 og 2 og først mulige konfliktende trafikstrøm, kan ses i tabel 2.2. Betegnelser for trafikstrømme kan findes på figur 2.11.

Tabel 2.2: Mellemtider i sekunder mellem fodgængere på fodgængerfelt 1 og 2 og førstkommende konfliktende trafikstrøm. Tal i parentes angiver minimumsmellemtiden mellem de konfliktende trafikstrømme.

Fodgængerfelt		Konfliktende trafikstrøm						
		Nørrebrogade			Randersvej		Nordre Ringgade V	Nordre Ringgade Ø
		A1L	A1V	A1cy	A2L	A2V	B1H	B2H
Krydser Randersvej	bf			42(7)				
	bg				42(8)			
	bh					17(9)		
	bi							13(6)
Krydser Nørrebrogade	bj				13(6)			
	bk		13(7)					
	bl	15(9)						

2.5 Udvalgte færdselsregler

Følgende færdselsregler fra Færdselsloven har en betydning for fodgængere i et signalreguleret kryds:

Ifølge paragraf 10, stk. 7, må fodgængere kun betræde et signalreguleret fodgængerfelt, hvis der er grønt signal for fodgængeren. Dette betyder, at de kun må starte deres krydsning, når de har grønt.

I paragraf 26 og 27 angives kørendes forpligtelser overfor fodgængere. Her står, at kørende skal udvise særlig forsigtighed ved vejkryds og i øvrigt give de gående plads. Dette betyder blandt andet, at kørende skal nedsætte hastigheden ved svingning i krydset og om nødvendigt standse for krydsende fodgængere. Dette gælder for både cykler og motorkøretøjer.

Overtrædelse af ovenstående kan straffes med bøde. [Transport- Bygnings- og Boligministeriet, 2018].

3 Litteraturstudie

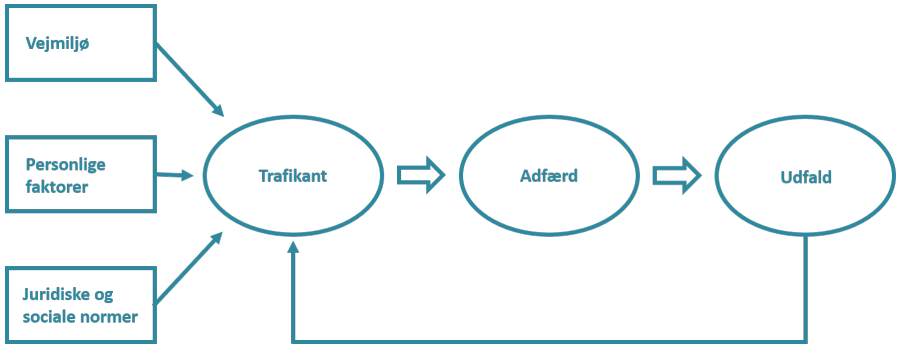
I dette kapitel præsenteres litteraturstudier om fodgængeradfærd og konfliktstudie. Litteraturstudiet omkring fodgængeradfærden, har blandt andet til formål at belyse hvilke adfærdsparametre, der kunne være interessante at undersøge. Derudover skal det bidrage til at give en forståelse for, hvorfor fodgængere opfører sig, som de gør, når de krydser et signalreguleret fodgængerfelt. Dette drejer sig om, hvordan ydre faktorer i trafikmiljøet påvirker fodgængernes adfærd, og hvilke beslutningsprocesser, der knytter sig til fodgængernes adfærdsmønstre. I afsnittet Konfliktstudie foretages en gennemgang af teorien bag konfliktstudier. Dette er gjort med henblik på at vælge en passende metode til at bestemme alvorlighedsgraden af et møde mellem fodgængere og andre trafikantgrupper. I afsnittet beskrives forskellige konfliktindikatorer, trafikkonfliktteknikker samt en adfærdsbaseret metode.

3.1 Fodgængeradfærd

Litteraturstudiet om fodgængeradfærd dækker både praktiske undersøgelser og en teoretiske tilgang. I de praktiske undersøgelser er der kortlagt adfærdsmønstre i signalregulerede kryds i byområder, fodgængeres generelle adfærd og risikoopfattelse samt trafikanters overordnede trafikkultur. I den teoretisk tilgang undersøges generelle psykologiske beslutningsprocesser sat i en trafikmæssig kontekst. Det er væsentligt at pointere, at mange psykologiske og sociale aspekter i forbindelse med fodgængeres tilbøjelighed til at gå over for rødt hænger sammen med kulturelle og sociale normer [Rosenbloom, 2009]. Resultater fra udenlandske studier kan derfor ikke nødvendigvis direkte overføres til danske forhold. Ved at se på adfærdsmønstrene fra de udenlandske undersøgelser, opnås stadig en idé om hvilke problematikker, der er kendetegnende i forbindelse med fodgængere, der går over for rødt. Undersøgelserne giver i øvrigt en idé om, hvilke adfærdsparametre, der kan være interessante at undersøge i forbindelse med adfærdsstudiet i indeværende rapport. I appendiks G findes en oversigt over adfærdsstudier anvendt i dette litteraturstudie. Her er angivet nationalitet, stikprøvestørrelse og undersøgelsesområde.

En trafikants adfærd er et samspil mellem trafikmiljø og trafikant. Laureshyn [2010] illustrerer dette samspil som vist på figur 3.1. Når en trafikant skal handle i trafikken, er

der overordnet tre faktorer, som påvirker denne handling. Dette er miljøet omkring dem, de indre faktorer samt juridiske og sociale normer. I praksis er det vanskeligt at adskille disse faktorer, da også de har en gensidig indflydelse på hinanden.



Figur 3.1: Illustration af samspillet mellem trafikant og trafikmiljø. Oversat fra figur om samspilsprocessen af Laureshyn [2010].

Til at beskrive fodgængernes adfærdsmønstre i signalregulerede kryds, tages der udgangspunkt i processen opstillet på figur 3.1. I Laureshyns model indeholder ydre faktorer både påvirkningen fra de fysiske opgivelser samt påvirkningen fra andre trafikanter. Da der er flere sociologiske og psykologiske aspekter forbundet med, hvordan den enkelte trafikant reagerer på andres adfærd, beskrives denne påvirkning under de indre faktorer. Således beskrives udelukkende påvirkningen fra det fysiske vejmiljø under de ydre faktorer.

3.1.1 Fysiske parametre med betydning for adfærden

Gennemgående for flere adfærdsstudier er, at trafikintensitet og et særlig kompliceret trafikmiljø, samt parametre tilknyttet signalreguleringen, har indflydelse på, om fodgængere går over for rødt. Dette beskrives i det efterfølgende, samt hvorledes et bus- eller letbanestop i nærheden påvirker fodgængeradfærden.

Andre fysiske parametre, som har indflydelse på, at flere går over for rødt, er tvungen fodgængertryk og slidt fodgængerfelt [Diependaele, 2018] samt tilstedeværelsen af en midterhelle [Gårder, 1989]. Fysiske parametre i trafikmiljøet med en reducerende effekt på antallet af rødgængere, er visuelle eller auditive hjælpesignaler [Diependaele, 2018] samt nedtællingssignal ved fodgængerfeltet [Schlabbach, 2010].

Trafikmængde og -miljø

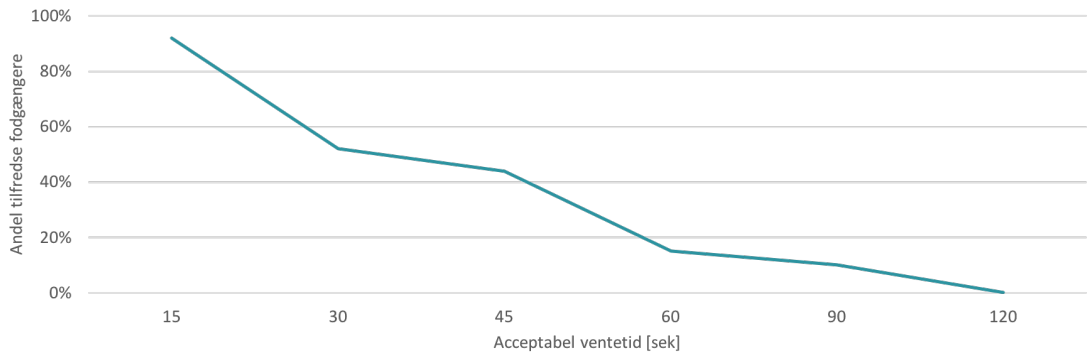
En høj trafikintensitet tyder ifølge en undersøgelse om tyske fodgængere i bycentrum i Hamburg på, at have en reducerende effekt på andelen af rødgængere [Schlabbach, 2010]. Dette blev konkluderet på baggrund af, at den største andel rødgængere blev registret uden for myldretidsperioden. Her var andelen af rødgængere op mod 42 %, hvilket var dobbelt så meget som under myldretidstrafikken. Ifølge Schlabbach [2010] skyldtes forskellen den øgede trafikintensitet af biler i myldretidsperioden. I en undersøgelse fra Sverige, fandtes der den samme sammenhæng mellem trafikmængde og andel af fodgængere, som krydsede for rødt [Gårder, 1989].

Trafikintensitet i sammenhæng med et kompliceret trafikmiljø har også en effekt på antallet af rødgængere, ifølge en undersøgelse af belgiske fodgængere i signalregulerede kryds [Diependaele, 2018]. Adfærdstudiet viste blandt andet, at et stort antal af både fodgængere og biler betød et lavere antal fodgængere, som gik over for rødt. Dette var også tilfældet, hvor der var et kompliceret trafikmiljø, som for eksempel flere kørespor og -retninger. Der kan dog være flere parametre, som spiller ind, når trafikintensiteten er høj, og trafikmiljøet er kompliceret, som gør, at fodgængerne går mindre over for rødt [Diependaele, 2018]. Han påpeger, at fodgængere, som krydser i spidstimen, hvor trafikintensiteten er høj, muligvis er hyppige brugere af krydset, og dermed er bedre til at vurdere risikoen ved at krydse for rødt i det pågældende kryds. Gårder [1989] fandt dog ingen sammenhæng blandt svenske fodgængere mellem at krydse for rødt og fodgængerens kendskab til krydset. En anden forklaring på det lavere antal rødgængere i et kompliceret trafikmiljø, kan ifølge Diependaele [2018] også forklares med Gap Acceptance modellen. Ifølge modellen bruger fodgængere forskellige parametre til at vurdere, hvornår der er et hul i trafikken, som er sikkert nok at krydse over i. Hvor der er meget trafik, flere køreretninger og kørespor, er der dermed også flere parametre at tage stilling til. Flere krydsende køretøjer giver også færre huller i trafikken til at krydse over i, hvilket dermed kan forklare et lavere antal rødgængere, hvor der er en høj trafikintensitet.

Modsat førnævnte undersøgelser, fandt en fransk undersøgelse [Dommes et al., 2015], at der ingen sammenhæng var mellem trafikintensiteten og antallet af rødgængere. Trafikintensiteten havde dog indflydelse på fodgængernes krydsningsadfærd. Når trafikintensiteten var høj, orienterede fodgængerne sig mere mod trafikken, signalet og andre fodgængere, før de krydsede. Desuden krydsede flere fodgængerovergangen i løb, når trafikintensiteten var høj.

Signalregulering

Der er generel enighed blandt de anvendt undersøgelser, at signalreguleringen skal tilpasses fodgængernes behov for at reducere antallet af rødgængere og ulovlige fodgængerkrydsninger. I en undersøgelse fra Australien, om forskellen i risiko for fodgængere, der krydsede ulovligt i forhold til fodgængere, som krydsede lovligt [King et al., 2009], blev det konstateret, at signalfaserne havde en indflydelse på de ulovlige krydsninger. Hvilke dele af omløbstiden, der betyder mest for et øget antal rødgængere, er der ikke konsensus om på tværs af studierne. En undersøgelse [Brosseau et al., 2013] om canadiske fodgængere konstaterer, at en lang rødtid for fodgængerne samt en lang rømningstid af krydset øger antallet af ulovlige og risikable krydsninger. De mener derfor, at hvis fodgængernes ventetid begrænses, reduceres fodgængernes risikabel adfærd. Diependaele [2018] fandt i undersøgelsen af de belgiske fodgængere, at det i højere grad var antallet af grønne faser for bilerne, der påvirkede antallet af rødgængere. Jo flere grønne faser bilerne havde i det målte tidsinterval, jo flere rødgængere blev der registreret. At det betyder noget for fodgængerne, at have en lang rødtid, blev også konstateret i undersøgelsen fra Hamburg [Schlabbach, 2010]. Her blev tilfredsheden hos fodgængerne målt i forhold til hvor lang tid, de skulle vente for rødt. Ved 30 sekunder var lidt over halvdelen af fodgængerne tilfredse med rødtiden, og ved den dobbelte rødtid var kun 15 % af de adspurgte fodgængere tilfredse med rødtiden. Dette kan ses på figur 3.2.



Figur 3.2: Acceptabel ventetid for fodgængere ved signalregulerede fodgængerovergange i Hamburg [Schlabbach, 2010].

I undersøgelsen fra Sverige [Gårder, 1989] fandt de, at ventetiden havde meget lidt indflydelse på antallet af rødgængere. Alligevel anbefalede Gårder [1989], at signalplanlægningen skal tilgodese fodgængerne, da langt størstedelen af rødgængerne i undersøgelsen svarede, at en kortere ventetid på grønt, ville få dem til at gå mindre

over for rødt. I Aarhus viser et før- og efterstudie af fodgængeradfærd i et signalreguleret kryds på den ydre ringvej, at intelligent styring af fodgængernes grønne signal også har en indvirkning på antallet af rødgængere [Øhlenschlæger et al., 2018]. Efterstudiet viste en statistisk signifikant reduktion i andelen af rødgængere på delstrækningen fra helle til fortov fra 44 % til 16 %. Der sås ingen statistisk signifikant reduktion i andelen af rødgængere på delstrækningen fra fortov til helle, hvor andelen forblev på omkring 16 %.

Bus- og letbanestop

I en polsk undersøgelse [Kruszyna og Rychlewski, 2013] konkluderede forfatterne, at det, at skulle nå letbanen eller anden offentlig transport, i høj grad var en medvirkende faktor til at gå over for rødt i trafikstyrede signalanlæg. I trafikstyrede anlæg var der en betydelig større andel af passagerer til letbanen, som gik over for rødt, i forhold til andelen af fodgængere, som ikke skulle med letbanen. Stigningen i rødgængere var i forbindelse med ankomsten af letbanetog i trafikstyrede anlæg på op mod 60 %. Hvor de kommende passagerer var garanteret at nå over i en grøntid for at nå letbanen, var der en tendens til, at de var mere lovlydige end de resterende fodgængere. Ved at tilgodese de kommende passagerer i planlægningen af signalfaserne, vil dette dermed også have en betydning for andelen af fodgængere, som skal nå et letbanetog. En dansk undersøgelse fra et samarbejde mellem COWI og Vejdirektoratet [Sdun og Hansen, 2017], er der undersøgt risikoforhold i forbindelse med busstoppesteder. Også her blev det anbefalet, at signalreguleringen generelt skulle tilpasses fodgængernes behov, for at reducere antallet at rødgængere, som skulle nå en bus eller andet kollektiv transport. Dette kan bekræftes gennem resultatet fra Polen [Kruszyna og Rychlewski, 2013], hvor letbanepassagerer, som er garanteret grønt lys, er mere lovlydige en de øvrige fodgængere. Sdun og Hansen [2017] fandt også, at midterlagte og forskudte standsningssteder giver øget risiko for tilløbere, som ikke orienterer sig tilstrækkeligt ved krydsning. Ved tilløber forstås passagerer, som løber over vejen uden at orientere sig tilstrækkeligt, for at nå et kollektivt transportmiddel. Tilløber og rødgængere er ifølge Sdun og Hansen [2017] den primære årsag til en øget risiko for fodgængeruheld ved stoppesteder.

3.1.2 Personlige faktorer med betydning for adfærden

Under personlige faktorer indgår hvilke fysiologiske og mentale parametre, der er kendetegnende for fodgængere, som går over for rødt. Ved fysiologiske parametre beskrives forskellen i adfærd på baggrund af køn og alder, og under de mentale parametre

beskrives lidt om risikovurdering og andre psykologiske processer i forbindelse med at krydse en vej.

Køn og alder

I studier, hvor fodgængeradfærden er undersøgt på baggrund af køn, er den overvejende tendens, at mænd krydser mere over for rødt end kvinder [Gårder, 1989; Rosenbloom, 2009] eller krydser mere ulovligt end kvinder [Brosseau et al., 2013]. Dette drejer sig om henholdsvis svenske, israelske og canadiske fodgængere. En undersøgelse af franske fodgængere [Dommes et al., 2015] viste derimod ingen statistisk signifikant forskel mellem mænd og kvinder i forhold til krydsningsadfærd. I stedet havde alderen en større indflydelse, hvor særligt ældre var bedre til at overholde reglerne. Dette hænger også sammen med, at de generelt er mere forsigtige, da de er bevidste om deres fysiske evner i forbindelse med selve krydsningen. I det svenske og canadiske adfærdsstudie [Gårder, 1989; Brosseau et al., 2013] blev der er også fundet en sammenhæng mellem krydsningsadfærd og alder. Både Gårder [1989] og Brosseau et al. [2013] fandt at unge mennesker, gik mere ulovligt over end andre aldersgrupper.

Risikoopfattelse

I forlængelse af forskellen i adfærd i forhold til alder, kan dette hænge sammen med, at aldersgrupperne har en differentieret opfattelse af risiko. I en undersøgelse af franske fodgængere [Castanier et al., 2012] blev trafikanternes egen risikoopfattelse målt i forhold til, hvor sandsynligt de selv mente, det var at blive involveret i et uheld med en letbane. Resultatet var, at både fodgængere, cyklister og bilister vurderede, at risikoen var lav. Samtidig mente de, at andre havde en højere risiko for at blive kørt ned end de selv havde. Dette gjaldt dog ikke de unge fodgængere mellem 15-29 år, som vurderede, at både dem selv og andre havde en høj risiko for at blive involveret i et uheld med et letbanetog. Ifølge Castanier et al. [2012] tyder det på, at unge fodgængere har den mest nøjagtige forståelse for risici forbundet med letbanen, da de havde en større erfaring med farlige situationer med letbanen.

Rødgængere tyder også på at have en god risikoopfattelse i forbindelse med deres ulovlige krydsning. I den belgiske undersøgelse [Diependaele, 2018] sås en marginal forskel i frekvensen af uheld og konflikter med lovlydige fodgængere kontra ikke lovlige fodgængere, på henholdsvis 0,1 % og 0,4 %. Dette tyder på, at fodgængerne er gode til at

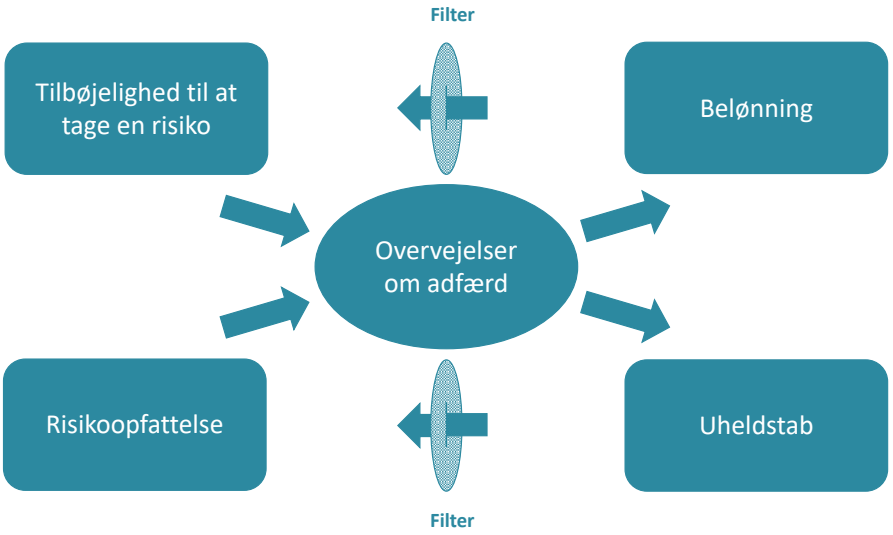
orientere sig inden de krydser for rødt. Dette konkluderes også af Dommes et al. [2015] om franske fodgængere på baggrund af, at rødgængerne var bedre til altid at orientere sig mod trafikken før og under krydsning, end fodgængere, der krydsede for grønt.

Risikoopfattelse kan opdeles i tre forskellige former; den mærkbare, den faktabaserede og den virtuelle [Adams et al., 2003]. Den mærkbare risikoopfattelse er instinktiv og intuitiv, og er indbygget i mennesket gennem evolutionen. Risikoopfattelsen baserer sig på informationer fra det omkringliggende miljø gennem en orientering efter tegn på sikkerhed og farer. Når en fodgænger skal vurdere, om det er sikkert at krydse vejen, bruges den mærkbare risikoopfattelse ved at orientere sig mod trafikken og de andre fodgængere. Den faktabaserede risikoopfattelse handler om, hvad der helt videnskabeligt er fastlagt som sikkert og risikobetonet. I situationen med en krydsende fodgænger i signalreguleret kryds, er det sikkert at krydse for grønt set med den faktabaserede risikoopfattelse. Den mærkbare risikoopfattelse vil her træde i kraft, hvis fodgængeren opdager en modkørende bil. Den mærkbare risikoopfattelse er dermed væsentlig i forhold til at gennemføre en sikker krydsning, da vigtige faresignaler kan blive overset ved kun at følge reglerne. Ved virtuel risikoopfattelse skal den enkelte selv tage stilling til, hvor stor risikoen er i en given situation. Den virtuelle risikoopfattelse betragtes som en kurve, hvor den enkelte enten overvurderer, undervurderer eller har en tilstrækkelig opfattet vurdering af sikkerhedsniveauet. En undervurdering af sikkerhedsniveauet opstår, når vi har en opfattelse af, at der ikke kan gå noget galt. Dette betegnes også Titanic-effekten. Når Castanier et al. [2012] registrerer en lav risikoopfattelse hos langt de fleste franske trafikanter, kan dette derfor betyde, at trafikanterne undervurderer risikoen i trafikken. Ifølge undersøgelsen om belgiske fodgængere [Diependaele, 2018], blev det også vurderet, at fodgængerne ikke tænkte, at der var en større risiko forbundet med at gå over for rødt, hvilket kan indikere, at fodgængerne også i denne undersøgelse undervurderede deres risiko.

Risikovurdering

At tage en risikofyldt beslutning og handle derefter indebærer en afvejning af de belønninger og tab, som handlingen kan resultere i [Adams et al., 2003]. Når der tages en risiko, er belønningen dermed vurderet større end det potentielle tab. I trafikmæssig sammenhæng kan en belønning være at nå bussen eller at undgå at blive kørt tab kan omvendt være ikke at nå bussen eller at blive kørt ned. Hvad der vejer tungest, vurderes i en beslutningsproces som vist på figur 3.3. Ifølge Adams et al. [2003] argumenterer modellen for, at alle er tilbøjelige til at tage en risiko, men at tilbøjeligheden varierer

fra person til person. Når den enkelte skal træffe en risikofyldt beslutning, sker det på baggrund af en afvejning mellem deres opfattelse af risiko op mod deres tilbøjelighed til at tage en risiko. Tilbøjeligheden påvirkes af de belønninger, der kan opnås gennem den risiko, man tager. Opfattelsen af risiko påvirkes af den erfaring, den enkelte har med uheldstab. Vurderingen af, hvor meget belønningen og uheldstabet betyder for den enkelte, vurderes på baggrund af den måde, den enkelte ser verden på, baseret på deres moralske overvejelser. I modellen beskrives dette som etiske filtre. Skal en fodgænger for eksempel undvige trafikken for at nå en bus på modsatte side, handler risikobeslutningen om, hvor meget fodgængeren ønsker at nå bussen.



Figur 3.3: Risikotermostaten. Oversat fra model i [Adams et al., 2003].

Overført til undersøgelserne om fodgængeradfærd, ses der også en opdeling i forskellige typer af fodgængere. En undersøgelse af Papadimitriou et al. [2017] om græske fodgængere i Athen, blev det forsøgt at opdele fodgængerne på baggrund af forskellige menneskelige faktorer i forbindelse med fodgængernes generelle adfærd i bymiljøet. Fodgængerne kunne her opdeles i tre forskellige grupper. En af grupperne var defineret af risikovillighed i form af flere ulovlige krydsninger og optimerende adfærd ved at undgå omveje og minimere krydsninger. Gruppen havde desuden en lav risikoopfattelse. De to andre grupper var begge defineret af regelmæssig fodgængeraktivitet, hvor den ene var hyppig bruger af kollektiv transport og desuden meget påpasselig i forhold til krydsningsadfærd i modsætning til fodgængerne i den risikovillige gruppe. Den sidste

gruppe var fodgængere, som gik for fornøjelsens skyld. Overføres adfærdstrækkene fra fodgængergrupperne til teorien om risiko [Adams et al., 2003], kan der i den første gruppe ses, at belønningen om tidsbesparelser vægtede tungest. Dette kom også til udtryk i deres generelt lave risikovurdering. Gruppe 2 viste blandt andet en konservativ krydsningsadfærd, og dermed en lav risikovillighed samt en høj vægtning i forhold til at overholde reglerne.

Med hensyn til fodgængere i signalregulerede kryds, blev der også konstateret en forskel i fodgængertyper [Brosseau et al., 2013; Gårder, 1989]. Særligt interessant fra den canadiske undersøgelse af Brosseau et al. [2013] var, at de kunne opdele fodgængerne i to grupper: Dem, som krydsede over for rødt med det samme ved ankomst til krydset, og dem, som ventede på grønt og indimellem startede krydsningen umiddelbart før det blev grønt. Dette peger på, at fodgængerne allerede ved ankomst har besluttet sig for, om de vil gå over for rødt, hvilket også Dommes et al. [2015] konkluderede i deres undersøgelse om franske fodgængere. Resultatet om rødgængernes forudbestemte beslutning kan tyde på, at de er meget bevidste om belønningen ved at krydse vejen, i høj grad i form af en tidsbesparelse. Dette understreges af, at Gårder [1989] på baggrund af en spørgeskemaundersøgelse blandt de observerede rødgængere fandt, at travlhed især var en medvirkende faktor til at gå over for rødt hos de svenske fodgængere. De danske undersøgelser om uheld ved busstop peger også på, at den risikable adfærd særligt skyldes at fodgængerne løber over vejen uden at orientere sig tilstrækkeligt, fordi de skulle nå bussen [Havarikommissionen for vejtrafikulykker, 2013; Sdun og Hansen, 2017]. Derudover fandt den polske undersøgelse, at ankomsten af et letbanetog i høj grad var en medvirkende faktor til, at fodgængerne gik over for rødt [Kruszyna og Rychlewski, 2013]. Ses beslutningsprocessen gennem Adams et al. [2003] risikotermostat på figur 3.3, har belønningen ved at krydse for rødt været højere end den vurderede opfattelse af risiko, baseret på fodgængerens erfaringer. Fodgængerens egne opfattede moralske forpligtelser til overholdelse af reglerne har i øvrigt været tilstrækkelig lave til, at lovbruddet har været i orden ifølge dem selv.

Gruppens påvirkning på adfærden

Til at vurdere risikoen ved at krydse en vej, orienterer fodgængeren sig i miljøet omkring dem for tegn på sikkerhed eller fare [Adams et al., 2003]. Ifølge Faria et al. [2010] er der to kilder til information som benyttes i risikovurderingen. Dette drejer sig om social information eller ikke-social information. Ikke-social information kommer fra det fysiske vejmiljø som for eksempel trafiklys og modkørende biler, og social information kommer

fra at se på, hvilken adfærd menneskerne omkring udviser. Hvis en fodgænger observerer andre gå over vejen, er den sociale information, at Gap Acceptance er tilstrækkelig. Faria et al. [2010] undersøgte engelske fodgængeres krydsningsadfærd i Leeds med udgangspunkt i finde ud af, hvordan adfærden fra omkringstående fodgængere påvirkede dem til at gå over. I Storbritannien er det lovligt at krydse for rødt, men undersøgelsen kan stadig belyse, om der er fodgængere, der primært orienterer sig efter den sociale information fra andre fodgængere. Blandt fodgængerne i Leeds, blev der fundet en tendens til, at nogle fodgængere fulgte med over vejen efter fodgængeren foran. At få information om sikkerheden udelukkende gennem social information er dog ikke altid pålidelig, da de trafikale omstændigheder hurtigt kan ændre sig. Observationer, hvor fodgængerne fulgte sent efter fodgængeren foran, var der flere tilfælde, hvor de vendte om igen. Dette kunne ifølge Faria et al. [2010] betyde, at de sociale og ikke-sociale informationer om hul i trafikken kan være konfliktende, hvilket gjorde fodgængerne usikre på, hvornår de skulle krydse vejen. Denne usikkerhed og forvirring kan overføres til en eventuelt modkørende bilist, hvilket kan resultere i panik hos dem begge og efterfølgende ende i et uheld. Hvis fodgængeren udelukkende baserer den sikre krydsning på social information, udsættes de dermed for en øget risiko.

I Polen er det ulovligt at krydse for rødt. Her blev der også fundet en tendens til, at fodgængere, som krydsede for rødt for at nå et letbanetog, fik andre fodgængere til at krydse med over for rødt [Kruszyna og Rychlewski, 2013]. Denne tendens kan forklares med, at de fodgængere, som fulgte efter letbanepassagererne, benyttede social information til at vurdere Gap Acceptance. Andre undersøgelser [Brosseau et al., 2013; Diependaele, 2018; Dommes et al., 2015; Rosenbloom, 2009] viser dog den modsatte effekt, hvor gruppens påvirkning betyder, at færre går over for rødt. Rosenbloom [2009] beskriver, hvordan social kontrol kan være en forklaring på dette. Social kontrol er ifølge teorien mekanismen bag lydig adfærd som motivation til at blive belønnet for at gøre som alle andre. Dette er dog ikke tilfældet for børn og unge, der i stedet tager flere risici, når de er sammen med en gruppe. Set i forhold til Adams et al. [2003] risikotermostat på figur 3.3 forklarer Rosenbloom [2009], at belønningen i form af social kontrol ved at vente til grønt, for fodgængerne i den israelske undersøgelse [Rosenbloom, 2009], er større end belønningen, der kommer af tidsbesparelsen opnået ved at krydse for rødt. Diependaele [2018] nævner, at social information til brug i risikovurderingen i forhold til Gap Acceptance, også kan være en medvirkende faktor til, at færre krydser for rødt, når mange fodgængere venter. Det forklares med, at hvis ventende fodgængere generelt venter til det bliver grønt, så er der også færre, der følger efter.

3.1.3 Juridiske og sociale normer i trafikken

Lovgivning kan påvirke adfærd på forskellige måder. Færdselsloven forsøger at regulere adfærden gennem et sæt regler for, hvordan man færdes i trafikken. Derudover er der kontrollen med, om borgerne følger reglerne. I både den australske undersøgelse [King et al., 2009] og det svenske adfærdsstudie [Gårder, 1989] argumenterer de for, at mere politikontrol kan have en reducerende effekt på antallet af rødgængere. I den svenske undersøgelse spurgte Gårder [1989] rødgængerne om, hvilke tiltag, der kunne få dem til at gå mindre over for rødt. Her svarede de fleste, blandt andet, at mere kontrol ville hjælpe. Gårder [1989] påpeger dog, at mere politikontrol ved så små færdselsovertrædelser ikke er hensigtsmæssig. I den australske undersøgelse om forskellen i risiko i forhold til rødgængere og grøngængere, mener King et al. [2009] ikke, at mere kontrol skal stå alene, men at bøderne også skal være højere.

Trafikkultur

I en sammenligning mellem otte lande fordelt på Europa, Asien og Afrika, fandtes der forskellige sammenhænge mellem landets kultur og trafikanternes adfærd, risikoopfattelse og holdning til trafiksikkerhed [Nordfjærn et al., 2014]. Danmark indgik ikke i undersøgelsen, men det gjorde Norge. Ifølge Møller [2014], som omtaler undersøgelsen fra Nordfjærn et al. [2014], minder den norske og den danske kultur om hinanden, og trafikantadfærden i disse lande vurderes derfor at kunne sammenlignes. Den norske kultur er generelt præget af en høj grad af individualisme og en mindre hierarkisk magtstruktur. Betragtes trafikanternes adfærd i Norge, var denne karakteriseret ved at være meget ekstrovert, hvilket betyder, at trafikanterne er særlig opmærksomme på trafikmiljøet omkring dem, og forsøger at handle derefter [Rundmo et al., 2012]. Undersøgelsen fra Nordfjærn et al. [2014] beskriver trafikkultur blandt bilister og ikke fodgængere, men på baggrund af undersøgelsens resultater udledes det, at når trafikkulturen blandt bilister er geografisk bestemt, så må den generelle trafikkultur også være det. Dette må derfor også gælde for fodgængernes trafikkultur.

For at beskrive trafikkultur i forhold til moral og sociale normer i Danmark, har det derfor været væsentligt at benytte danske undersøgelser. Der foreligger umiddelbart ingen danske undersøgelser omkring de danske fodgængeres trafikkultur vedrørende deres holdninger og handlemønstre i trafikken, og der tages derfor udgangspunkt i en undersøgelse af trafikkultur blandt danske bilister [Jørgensen, 2007] samt danskernes generelle holdning til lovgivningen [Andersen, 2011]. Desuden er der fundet enkelte fælles

adfærdstræk mellem danske bilister og fodgængere fra andre benyttede undersøgelser i litteraturstudiet.

Hvordan der handles i trafikken styres af både sociale og juridiske normer. [Jørgensen, 2007]. De juridiske normer er dikteret af lovgivningen, og de sociale normer handler om, hvordan det er acceptabelt at opføre sig. Generelt er danskernes holdning til straffeloven, at den skal overholdes [Andersen, 2011]. Der er dog stadig områder, hvor overtrædelser til en vis grad accepteres, og at danskerne eksempelvis er begyndt at gå mere over for rødt. Dette ligger i tråd med studiet af Jørgensen [2007], som peger på, at de juridiske normer indimellem tilsidesættes i trafikken. Det væsentligste for danske bilister er at sikre maksimal mobilitet for kollektivet og dermed, at trafikken som helhed skal flyde. Men særligt i stressede og tidspressede perioder tilsidesættes de kollektive principper, og bilisterne handler i stedet efter at maksimere deres eget udbytte. Dette stemmer overens med studier af fodgængernes adfærd, hvor flere går over rødt i forbindelse med en form for tidspres [Gårder, 1989; Kruszyna og Rychlewski, 2013].

Når bilister udfører en ulovlig handling, er det, ifølge Jørgensen [2007], efter selv at have legitimeret handlingen, hvilket kan være på baggrund af, at andre har begået en form for normbrud. Hvis andre har opført sig forkert, kan dette derfor være tilstrækkeligt grund til selv at gøre noget ulovligt. At legitimere en ulovlig handling med at andre har gjort noget forkert, kan dog være en undskyldning for, at de bare har handlet rent egoistisk. Denne dobbeltmoral kommer til udtryk i, at hvis en bilist ser andre udfører samme ulovlige handling, opfattes de andres adfærd netop som egoistisk. Når andre begår normbrud i trafikken, kan det fremkalde en form for stædighed hos de andre bilister, ved at nægte den normbrydende trafikant at gennemføre den handling, de var i gang med. Dermed bruger bilisterne deres egen moralske opfattelse og handling til at regulere de andre trafikanters adfærd, hvilket kan forringe trafiksikkerheden. Dette er særligt gældende, hvis bilisten har opfattet den normbrydende trafikants handling som et bevidst brud på reglerne. Hvis der ikke vurderes at være en ond mening bag, opfatter de andre bilister som regel den normbrydende handling at være i orden. Denne vurdering ligger også til grund for den opfattede risiko bilisterne oplever i trafikken. Risikoen ved en normbrydende trafikants adfærd vil derfor vurderes laveres end den objektivt er, hvis deres handling ikke opfattes som overlagt. Dette kan også give trafiksikkerhedsmæssige problemer, hvis bilisternes subjektive risikoopfattelse er lavere end den objektivt er. Eksempelvis øges risikoen for færdselsuheld objektivt når bilisterne kører tæt på forankørende, men hvis den forankørende billist ikke ser nogen problemer med den, er deres subjektive risikoopfattelse lavere end den objektive. [Jørgensen, 2007].

Adfærden i trafikken er dermed et sammenspil mellem juridiske og sociale normer og objektiv og subjektiv risikoopfattelse. Hvis lovgivningen på færdselsområdet skal være adfærdsregulerende, skal der derfor være en overensstemmelse mellem de juridiske og moralske normer. Desuden vil det være væsentligt at påvirke bilisternes opfattelse af, hvad der er socialt acceptabelt i trafikken, for at få en bedre overensstemmelse mellem den objektive risiko og bilisternes subjektive risikoopfattelse. [Jørgensen, 2007].

3.1.4 Sammenfatning

Som beskrevet, er der flere forskellige parametre, som påvirker trafikanternes adfærd. Dette drejer sig om fysiske parametre, trafikanternes indre parametre og de juridiske og sociale normer i samfundet. Særligt for fodgængere, som krydser for rødt, har undersøgelser vist, at trafikintensitet og forskellige aspekter af signalplanlægningen har en betydning i forhold til de fysiske parametre. Betragtes de psykologiske parametre, handler krydsende fodgængere i høj grad på baggrund af, hvordan de opfatter og vurderer risikoen forbundet med deres krydsning. Når en fodgænger eksempelvis krydser for rødt, vurderer de dermed deres risiko som lavere, end den belønning de opnår i form af en tidsbesparelse. Dette understreges i andre undersøgelser ved, at travlhed og det, at skulle nå et offentligt transportmiddel har været en medvirkende faktor til, at fodgængerne krydsede for rødt. Sociale faktorer i form af påvirkningen fra omkringstående fodgængere, har haft en forskellig indflydelse på, om fodgængerne krydsede for rødt. Dog ses der en tendens til, at fodgængerne i en eller anden grad påvirkes af andres adfærd. Dette sker overordnet enten gennem social kontrol, hvor fodgængerne i højere grad overholder reglerne, når der er andre, eller i form af social information, hvor andres adfærd bruges i vurderingen af, om det er sikkert at krydse en trafikeret vej. Hvor stor indflydelse den sociale kontrol eksempelvis har på fodgængerne, er i høj grad kulturelt bestemt, hvilket også gælder den generelle rødgængeradfærd og overordnede trafikkultur. Danskere er generelt gode til at overholde færdselsloven, og ønsker overordnet det bedste for den fælles mobilitet. Travlhed kan dog være en medvirkende faktor for, at de juridiske normer bliver tilsidesat, med hvad de selv opfatter passende. Skal færdselslovgivningen fungere som adfærdsregulerende, skal der dermed være overensstemmelse mellem de juridiske og sociale normer i trafikken.

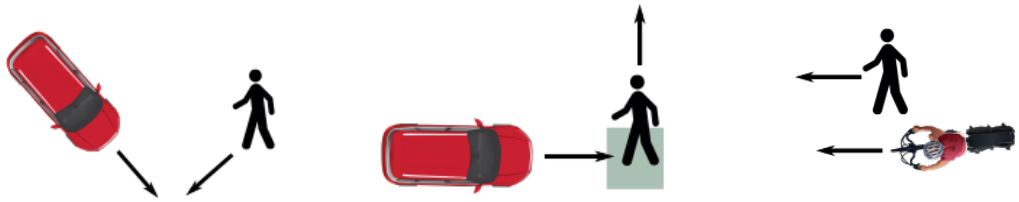
Den generelt observerede adfærd hos rødgængerne er, at de som regel har besluttet sig for at krydse for rødt ved ankomst til fodgængerovergangen. Rødgængerne orienterede sig generelt mere mod trafikken end grøngængerne før og under krydsningen, hvilket kunne tyde på en øget risikoopfattelse hos rødgængerne. Hvor der var der bus eller letbanestop

i nærheden, udviste rødgængerne på grund af travlhed dog en mere risikabel adfærd, da de ikke orienterede sig tilstrækkelig ved krydsning af vejen.

3.2 Konfliktstudie

I indeværende projekt benyttes et konfliktstudie til at analysere de trafiksikkerhedsmæssige konsekvenser af fodgængernes adfærd. Traditionelt er trafiksikkerhed blevet analyseret på baggrund af politiregistreret uheldsdata. Der er dog nogle problematikker ved udelukkende at benytte uheldsdata. Uheld er et sammenbrud af én eller flere forskellige faktorer, og har en stokastisk natur. For at tage højde for den stokastiske variabel og identificere faktorerne kræves et tilstrækkeligt antal uheld. Da uheld sker sjældent, indsamles uheldsdata over en længere tidsperiode. Dette medfører dog en stigende usikkerhed i analysen, da andre relevante faktorer kan være ændret i tidsperioden. Det kan anses for at være etisk problematisk at anvende denne metode, da et vis antal uheld skal finde sted før trafiksikkerhedsfremmende foranstaltninger etableres. [Laureshyn, 2010]. Uheldsdata registreret af politiet omfatter ikke alle uheld, hvor især uheld med bløde trafikanter, materielskadeuheld og lette tilskadekomne er underrapporterede [Laureshyn, 2010; Danmarks Statistik, 2017a]. De politiregistrerede uheld udgør omkring 10 % af alle uheld, hvis man sammenligner med de samlede registreringer fra skadestuer og sygehuse [Danmarks Statistik, 2017a]. Desuden beskriver uheldsstatistikkerne ofte ikke det komplette hændelsesforløb forinden kollisionen, hvilket kan besværliggøre fastlæggelse af faktorer for sammenstødet. [Laureshyn, 2010].

Når to trafikanter kolliderer, vil trafikanterne forinden have været på kollisionskurs. Undersøgelser [Laureshyn, 2010; Svensson, 1998] har vist, at små ændringer i hastighed eller kurs kan medføre, at trafikanterne kommer på kollisionskurs. Generelt kan der derfor skelnes imellem tre forskellige typer for samspil, der kan anses som alvorlige hændelser, set i forhold til trafiksikkerheden. Figur 3.4 illustrerer disse typer af samspil. [Laureshyn, 2010].



(a) Trafikanter på kollisionskurs, hvis ingen af trafikanterne foretager en undvigelsesmanøvre, vil en kollision forekomme.

(b) Trafikanternes kurs krydser, hvor passagen af konfliktzonen (grå firkant) sker tidsmæssigt forskudt.

(c) Trafikanternes kurs er parallelle eller divergerende.

Figur 3.4: Tre forskellige typer af samspil.

Alvorlighedsgraden af samspillet mellem trafikanter vurderes ud fra to komponenter: Kollisionsrisikoen og skadesrisikoen. Kollisionsrisikoen beskriver sandsynligheden for, om mødet ville have endt i en kollision. Skadesrisikoen beskriver, hvor stor konsekvensen ville have været, hvis kollisionen skete. I tabel 3.1 er forskellige faktorer vist, som kan påvirke de to typer af risiko. Skadesrisikoen for fodgængere er høj, da fodgængere er sårbare. En udfordring, ved at vurdere skadesrisikoen for fodgængerne, er, at skadesrisikoen varierer i forhold til fodgængeres fysiske tilstand. Et eksempel er, at ældre fodgængere har en større risiko for alvorlige skader end yngre fodgængere. [Laureshyn og Olszewski, 2016].

Tabel 3.1: Faktorer der påvirker kollisions- og skadesrisikoen. [Johnsson et al., 2018]

Kollisionsrisiko	Skadesrisiko
Tæthed i tid	Forskel i hastighed
Tæthed i rum	Forskel i masse
Hastighed af de involverende trafikanter	Kollisionsvinkel
	Skrøbelighed af de involverende trafikanter

Forskellige teknikker og indikatorer har igennem tiden forsøgt at definere alvorlighedsgraden af kritiske samspil mellem trafikanter, defineret som trafikkonflikter. Den første trafikkonfliktteknik blev introduceret i 1967 af Perkins og Harris for General Motors Laboratory i USA. I de efterfølgende årtier blev forskellige konfliktindikatorer introduceret, hvor de fleste blev udviklet med fokus på trafikkonflikter imellem motorkøretøjer. Mange af konfliktindikatorerne har svært ved at definere konflikter med fodgængere, da fodgængere har lavere hastigheder, hurtigere standsninger, mere kompleks bevægelsesdynamik og mindre organisererede grupperinger i forhold til motorkøretøjer. [Cafiso et al., 2011].

3.2.1 Konfliktindikatorer

En konfliktindikator er et objektivt mål for alvorlighedsgraden af mødet mellem to trafikanter. Mange konfliktindikatorer kan ikke alene benyttes til at beskrive enhver hændelse i trafikken, da de ikke er universelle og kun beskriver delvise aspekter af alvorlighedsgraden. Ved at kombinere forskellige konfliktindikatorer fås en mere præcis vurdering af alvorlighedsgraden. [Laureshyn og Olszewski, 2016; Ismail et al., 2009].

I undersøgelsen af metodevalg til konfliktstudiet i indeværende projekt, er der undersøgt forskellige konfliktindikatorer, der er benyttet i tidligere studier af fodgængere, samt andre konfliktindikatorer, som anses for at være relevante at undersøge. På tabel 3.2 er opstillet, hvilke konfliktindikatorer der er undersøgt og hvilke konfliktindikatorer, der efterfølgende anvendes i det indeværende projekt. Anvendte og relevante konfliktindikatorer er beskrevet i de efterfølgende afsnit, mens ikke relevante konfliktindikatorer er beskrevet i appendiks H. I tabel 3.2, fremgår det i hvilke afsnit, de enkelte indikatorer er beskrevet.

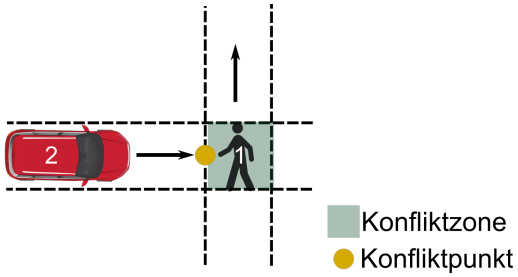
Tabel 3.2: Overblik over konfliktindikatorer undersøgt til anvendelse i det indeværende projekt. Vurderingen, om de forskellige konfliktindikatorer er anvendt i andre studier med fodgængere, er baseret på egen litteratursøgning.

Konfliktindikator	Beskrivelse	Anvendt i studier med fodgængere	Anvendes i indeværende projekt
TTC	Afsnit 3.2	Ja	Ja
TTC_{min}	Afsnit 3.2	Ja	Ja
TA	Afsnit 3.2	Ja	Nej
TET	Appendiks H	Nej	Nej
TIT	Appendiks H	Nej	Nej
TTZ	Appendiks H	Ja	Nej
PRI	Appendiks H	Ja	Nej
GT	Appendiks H	Ja	Nej
PET	Afsnit 3.2	Ja	Nej
T_2	Afsnit 3.2	Nej	Ja
DST	Appendiks H	Ja	Nej
Extended Delta-V	Afsnit 3.2	Nej	Ja

I henhold til undersøgelsen fra Laureshyn og Olszewski [2016], er TTC_{min} den mest anvendte konfliktindikator for bløde trafikanter efterfulgt af PET, DST og GT.

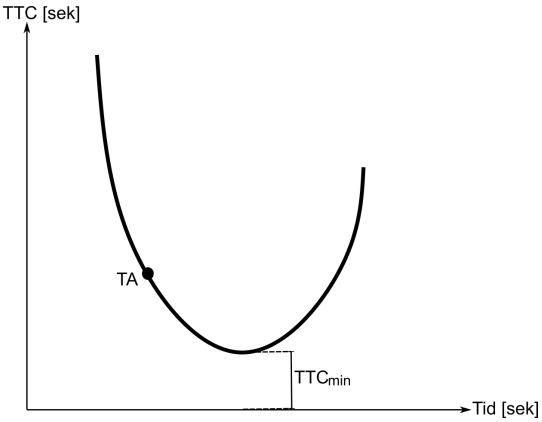
Indikatorer for trafikanter på kollisionskurs

Time-to-Collision (TTC) blev introduceret af John C. Hayward i 1971. TTC-indikatoren er kontinuerlig, og beskriver tiden til en potentiel kollision, hvis de involverende trafikanter fortsætter med uændret hastighed og kurs. TTC bestemmes ud fra afstanden og hastigheden. Ved anvendelse af denne konfliktindikator er det en forudsætning, at de involverende trafikanter er på kollisionskurs. [Laureshyn, 2010]

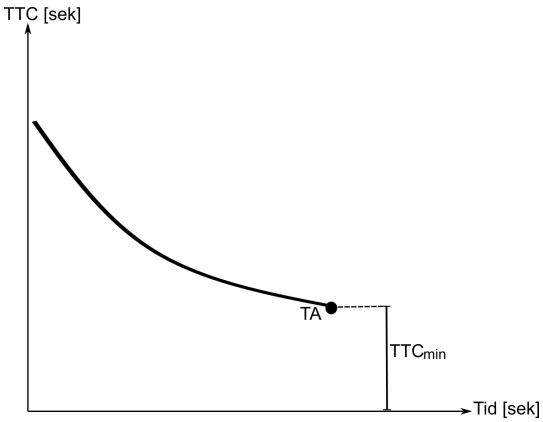


Figur 3.5: Situation med Time-to-Collision (TTC).

På figurerne 3.6a og 3.6b er den teoretiske TTC-kurve vist. Kurven opstår, når trafikanterne er på kollisionskurs og går ned til en minimumsværdi, når trafikanterne er tættest på hinanden i tid. Udformning af kurven herefter kan variere ud fra type af undvigelsesmanøvre, og hvilken trafikant der foretager den. For eksempel ved bremsning vil kurven stige indtil kollisionskursen stopper, som vist på 3.6a. Hvis trafikant 1, se figur 3.5, accelerer, vil kurven derimod ophøre med at eksistere, som vist på figur 3.6b. [Laureshyn, 2010]



(a) Teoretisk TTC-Kurve, som stiger indtil kollisionskursen stopper.



(b) Teoretisk TTC-kurve, som ophører med at eksistere, når kollisionskursen stopper.

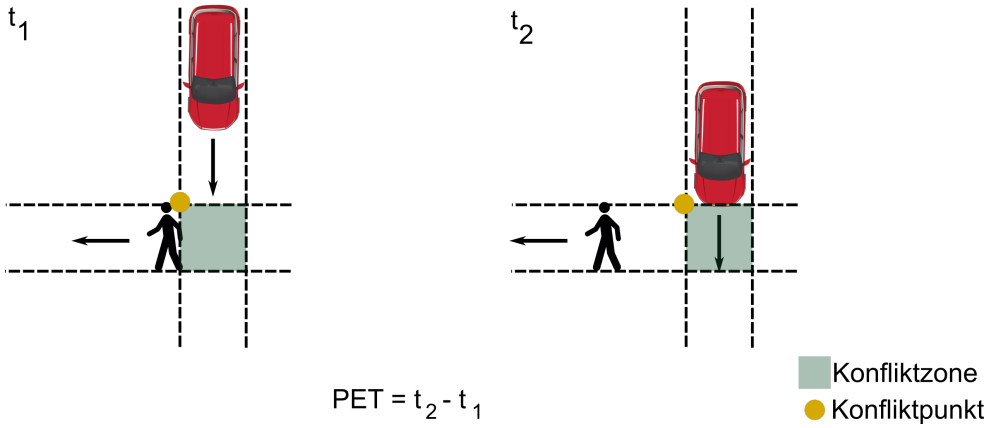
Figur 3.6: Teoretiske TTC-kurver med TTC_{min} og TA.

Time-to-Accident (TA) og minimumsværdien for TTC (TTC_{min}) angiver tidspunkter i processen, der anses som alvorlige. TTC_{min} beskriver, hvor tæt mødet er på en kollision, imens TA er tidspunktet, når en fare er blevet detekteret og undvigelsesmanøvren påbegyndes af én af de involverende trafikanter. [Laureshyn og Olszewski, 2016]. Begge konfliktindikatorer er vist på figur 3.6. En af fordelene ved TA i forhold til TTC_{min} er, at TA kan benyttes til at vurdere alvorlighedsgraden både ved begivenheder med eller uden en kollision. TTC_{min} beskriver derimod kun tilstedeværelsen af kollisionen, da værdien giver nul ved en kollision. TA kan dog være svær at fastsætte både af observatører og med elektroniske hjælpemidler. En anden ulempe ved både TA og TTC_{min} er, at de beskriver et bestemt tidspunkt i en kontinuerlig proces. Dette betyder at, situationer som er meget forskellige, kan få den samme værdi. Et eksempel kunne være et møde, hvor en fodgænger krydser vejen foran en motorkøretøj, se figur 3.5. Her kunne fodgængeren vælge at accelerere en smule, så personen er ude af konfliktzonen inden bilen ankommer. Fodgængeren kunne modsat vælge at standse foran bilen, og bilisten ville være nødsaget til at foretage en hård opbremsning for at undgå kollisionen. [Laureshyn, 2010]. I de to tilfælde er TA-værdierne ens og TTC_{min}-værdierne ens. Værdierne kan hermed ikke afgøre, om den definerede trafikkonflikt er en effektiv trafikafvikling, som i den første hændelse, eller en reel trafikkonflikt, som i den anden hændelse.

Konfliktindikatorer for trafikanter på ikke-kollisionskurs

Post-Encroachment-Time (PET) blev i 1978 introduceret af Allen et al. [1978], og beskriver den tidsmæssige forskydning mellem krydsende trafikanter. PET definerer tiden mellem, at trafikant 1 forlader konfliktzonen til, at trafikant 2 indtræder i konfliktzonen, vist på figur 3.7.

Hvis PET er lig med nul, er der ingen tidsmæssig afstand imellem trafikanterne, og en kollision vil forekomme [Laureshyn et al., 2017a]. For at kunne beregne PET er det nødvendigt, at begge trafikanter passerer konfliktzonen. Hvis en af trafikanterne undviger kollisionen ved at bremse helt op inden konfliktzonen, kan PET derfor ikke udregnes. PET beskriver øjeblikke i en kontinuerlig proces, hvilket giver begrænsninger som beskrevet ved TA og TTC_{min}. [Laureshyn, 2010]

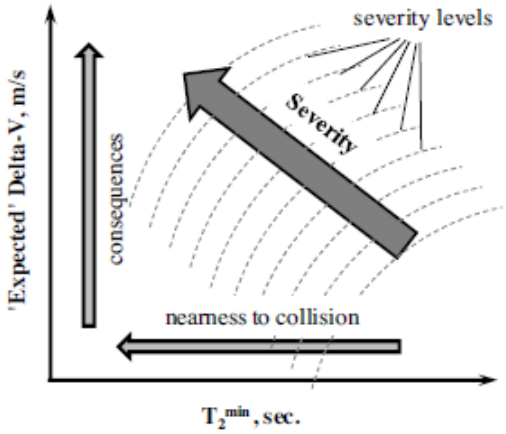


Figur 3.7: Situation med Post-Encroachment-Time (PET).

Konceptet fra PET bliver benyttet i den kontinuerlige konfliktindikator T_2. T_2 blev introduceret af Laureshyn [2010], og beskriver tiden til trafikant 2 ankommer til konfliktpunktet forudsat en uændret kurs og hastighed. T_2 beskriver hermed den tid, som trafikant 2 har til at foretage en undvigelsesmanøvre. [Laureshyn, 2010]. Værdien af T_2 er praktisk talt ens med PET, når trafikant 1 har forladt konfliktzonen. Oftest kan tidspunktet også beskrives med $T_2{}^{min}$, der er minimumsværdien af T_2, og beskriver når trafikanterne er tættest på hinanden i tid. Ved situationer med store hastighedsændringer vil $T_2{}^{min}$-værdien dog være anderledes. [Laureshyn et al., 2017a]. Mens trafikanterne er på kollisionskurs vil T_2 og TTC have ens værdier, og T_2 skaber hermed en glidende overgang fra når trafikanterne er på kollisionskurs og ikke-kollisionskurs. [Laureshyn, 2010].

Konfliktindikatoren Extended Delta-V

I studiet fra Laureshyn et al. [2017a] blev Extended Delta-V introduceret. Extended Delta-V beskriver skadesrisikoen ved at tage højde for konsekvensen af mødet i forhold til trafikanternes hastighed og masse. På baggrund af dette påstås det, at konfliktindikatoren kan frembringe en passende vurdering af skadesrisikoen ved fodgængere. I studiet blev konfliktindikatoren kombineret med $T_2{}^{min}$ for at kunne bestemme alvorlighedsgraden af mødet defineret ud fra både kollisions- og skadesrisikoen. Sammenhængen er illustreret på figur 3.8.



Figur 3.8: Sammenhængen mellem Delta-V og $T_2{}^{min}$ [Laureshyn et al., 2017a]

Extended Delta-V er ikke tidligere blevet benyttet i studier med fodgængere. I Laureshyn et al. [2017a] påstås dog, at konfliktindikatoren er ideel ved undersøgelser med fodgængere.

3.2.2 Den adfærdsbaserede definition

En anden metode til at bestemme alvorlighedsgraden af mødet mellem trafikanter kan baseres på trafikanternes reaktion af mødet. Nielsen [1994] foreslår at definere samspil mellem trafikanter ud fra fire inddelinger baseret på trafikanternes tydelige adfærdsændringer. Inddelingen lyder som følgende [Madsen og Lahrmann, 2014; Nielsen, 1994]:

1. Tidligt samspil: Mindst én af trafikanterne foretager en ændring i adfærden, så kollisionen undgås.
2. Sent samspil: Én eller begge trafikanter foretager en lille undvigelsesmanøvre, så kollisionen undgås.
3. Alvorlig konflikt: En eller begge trafikanter foretager en dramatisk undvigelsesmanøvre kort før en eventuel kollision.
4. Ingen konflikt og intet samspil: Ingen synlig samspil mellem trafikanter.

I den danske undersøgelse af Madsen og Lahrmann [2014] blev definitionen af alvorlighedsgraden af mødet mellem trafikanter blandt andet beskrevet ud fra trafikanternes reaktion. Her var det defineret som:

> "En konflikt er en hændelse, hvor mindst én af de involverende parter viser tydelige tegn på, at vedkommende har fundet hændelsen farlig og reagerer på situationen umiddelbart omkring kollisionspunktet ved eksempelvis at lave fagter, bremse eller ændre kurs."

3.2.3 Trafikonfliktteknikker

Trafikonfliktteknikker beskriver valg af konfliktindikatorer, observationsmetoder samt instruktioner til udførelse af undersøgelsen [Johnsson et al., 2018]. De fleste af trafikkonfliktteknikkerne blev opfundet i 1970erne og 1980erne, hvor de mest anvendte trafikkonfliktteknikker i dag er den svenske-, hollandske-, britiske- og amerikanske trafikkonfliktteknik [Polders og Brijs, 2018]. I henhold til litteraturstudiet af Laureshyn og Olszewski [2016] er disse teknikker sammen med den canadiske og tjekkiske trafikkonfliktteknik blevet anvendt ved studier med bløde trafikanter. En kort beskrivelse af teknikkerne er beskrevet i appendiks H. I tabel 3.3 gives et overblik over relationen mellem de forskellige trafikkonflikttekniker og kollisions- og skadesrisikoen. I tabellen er kollisionsrisikoen opdelt i indledende betingelser og undvigelsesmanøvrer. Den indledende betingelse beskriver hændelsesforløbet, eksempelvis ved hjælp af de tidsbaserede konfliktindikatorer, såsom TTC_{min} og T_2. Undvigelsesmanøvrer beskrives eksempelvis ved hjælp af den adfærdsbaserede definition. [Johnsson et al., 2018].

Tabel 3.3: Relationen mellem trafikkonfliktteknikkerne og kollisions- og skadesrisikoen. Baseret på en tabel i Johnsson et al. [2018].

Trafikkonflikt-teknik	Kollisionsrisiko		Skadesrisiko	Valideret med bløde trafikanter
	Indledende betingelser	Undvigelses-manøvre		
Amerikanske	Nej	Ja	Nej	Nej
Britiske	Ja*	Ja*	Ja*	Nej
Canadiske	Nej	Ja	Nej	Ja
Hollandske	Ja*	Ja*	Ja*	Ja
Svenske	Ja	Nej	Nej	Ja
Tjekkiske	Nej	Ja*	Ja*	-

* baseret på en subjektiv komponent

Som det kan ses på tabel 3.3, tager halvdelen af de nævnte teknikker ikke højde for skadesrisikoen. Den manglende estimering af denne risiko er en af begrundelserne for, at mange af teknikkerne ikke fungerer optimalt. Hertil er den britiske trafikkonfliktteknik baseret udelukkende på subjektive vurderinger. Den hollandske- og den canadiske tra-

fikkonfliktteknik er derimod delvist subjektive, hvor de tidsbaserede konfliktindikatorer kombineres med subjektive vurderinger ud fra en skala. Disse skalaer bliver dog i undersøgelsen af Laureshyn og Olszewski [2016] vurderet som værende vilkårlige. De nævnte trafikkonfliktteknikker blev udviklet til at menneskelige observatører både skulle detektere og vurdere hændelserne, hvorfor disse teknikker i dag stadig er meget afhængige af de menneskelige vurderinger.

4 Metode

Til at besvare projektets problemformulering anvendes et litteraturstudie samt et adfærds- og konfliktstudie. Først i kapitlet beskrives søgekriterierne brugt i litteraturstudiet. Derefter beskrives og begrundes metodevalget med at indsamle data ved hjælp videooptagelser. Dette gøres ligeledes for manuel registrering af fodgængerne, samt registrering af letbanetog ved hjælp af et semi-automatisk analyseværktøj. Endvidere beskrives metoden i konfliktstudiet samt de anvendte statistiske tests.

4.1 Litteraturstudie

I litteraturstudiet er der primært benyttet videnskabelige artikler, bøger og rapporter. Der er søgt efter litteratur på dansk, engelsk, norsk og svensk. Til søgning af engelsksproget litteratur er benyttet databaserne Scopus, ScienceDirect, TRID samt Google og Google Scholar. Til søgning efter undersøgelser på dansk, norsk og svensk er benyttet Google Scholar, Aalborg Universitetsbibliotek (AUB) og Trafikforskningsgruppens bibliotek (TRG). I databaserne er der blevet benyttet forskellige kombinationer af søgeord med booleske operatorer, og på udvalgte søgeord er der anvendt trunkering. De forskellige søgeord er vist i tabel 4.1. Ud fra søgeresultaterne vurderes de relevante undersøgelser på baggrund af deres abstract. Efterfølgende er yderligere litteratur fundet ved hjælp af kilder fra undersøgelserne.

Tabel 4.1: Anvendte søgeord.

Sprog	Søgeord
Engelsk	"Approaching bus", "attitude traffic law", behaviour, "catching the bus", "collective behaviour", conflict, "conflict technique", crossing, crosswalk, doctor, "light rail", passenger, pedestrian, "pedestrian traffic culture", "public transport", redcrossing, "red light", "red light running", risk, "risk of crashing with a tram", RUBA, safety, "safety assessment", severity, signalised, "surrogate safety analysis", "traffic safety", tram, "road crossing", "road user behaviour", urban, "video analysis", "vulnerable road user", "walking behaviour".
Dansk	Adfærd, busstop, fodgænger, fodgængeradfærd, konflikt, konfliktstudie, konflikteknik, letbane, "nær uheld", risiko, signalregulerede, trafiksikkerhed, uheld, videoanalyse.
Norsk	Trikk, fotgjenger
Svensk	Gående, spårväg, fotgängare videoanalys

Da projektlokaliteten ligger i et byområde, har det været væsentligt at finde undersøgelser, der kortlægger adfærd i bymiljøet. Der er desuden kun valgt litteratur fra lande, der til en vis grad ligner Danmark. Dette betyder for eksempel, at kinesiske undersøgelser er valgt fra.

4.2 Indsamling af videomateriale

Data, der anvendes i adfærds- og konfliktstudiet, består af videooptagelser fra de to fodgængerovergange. Dette er valgt, da det kan være vanskeligt at observere i lange tidsperioder med tilstrækkelig opmærksomhed. Ved at optage krydset opnås desuden et større kvalificeret grundlag til vurderinger af fodgængernes adfærd, da hændelserne kan ses igennem flere gange og analyseres med videoanalyseværktøjer. [Polders og Brijs, 2018]

Projektlokaliteten bliver videooptaget i 14 dage i perioden fra den 20.03.19 til den 02.04.19 i tidsrummet fra kl. 5:00 til kl. 21:00. Tidsrummet er fastlagt ud fra forudbestemte indstillinger på kameraerne. For at kunne tage højde for eventuelle tekniske fejl er optageperioden fastlagt tilstrækkelig lang. Fodgængerfelterne optages ved hjælp af fire kameraer. Der indsamles 224 timers optagelser med hvert kamera i perioden, hermed optages der i alt 896 timers videooptagelser.

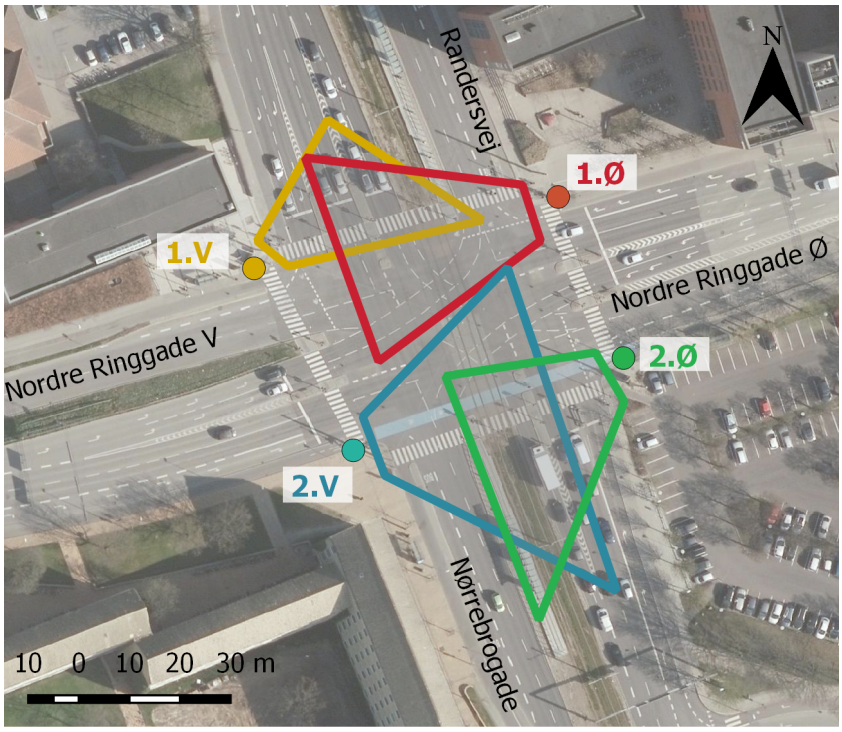
Som følge af skiltningskravet i tv-overvågningslovens § 3 a [Justitsministeriet, 2007], bliver trafikanterne i området informeret om, at der bliver videooptaget i perioden. Dette er gjort ved hjælp af tre skilte opsat ved hver kamera.

Ved opsætning af kameraerne skete der en teknisk fejl i tidsstemplerne på to af kameraerne. Dette betyder, at optagelser fra begge kameraer viser en tid, der er foran den reelle tid. Differencen er henholdsvis 3 minutter og 17 sekunder på kamera 1.Ø, og 10 minutter og 30 sekunder på kamera 1.V, hvilket der er taget højde for i efterfølgende dataanalyse. Herudover var der en teknisk fejl på kamera 2.Ø, hvor kamerabilledet var drejet 180 grader. Placeringen af de forskellige kameraer er vist på figur 4.1.

4.2.1 Kameraopsætning

Ved begge fodgængerfelter er der opsat to kameraer i hver ende af fodgængerfelter i masterne til fodgængersignalerne, som vist på figur 4.1. Der anvendes fire kameraer for at sikre et tilstrækkeligt perspektiv til detektering af trafikanterne og for at kunne opnå et acceptabelt synsfelt. Et acceptabelt synsfelt er, hvor både fodgængere på fortovet,

et tydeligt fodgængersignal samt de mulige konfliktende trafikanter er vist i billedet. Vinkling og placering af kameraerne er valgt på baggrund af dette, hvorfor de placeres i en højde på 5-6 meter.



Figur 4.1: Kameraernes position og synfelt.

Det er foretrukket at optage i et fugleperspektiv, da dette mindsker problemet med, at en trafikant ikke er synlig bag en anden trafikant. Da kameraerne kun er placeret i 5-6 meters højde, kan denne problematik opstå. Desuden kan placeringen have en indvirkning på perspektivet, hvor elementer langt væk fra kameraet kan være svære at observere. På figur 4.2 og 4.3 er perspektiv og synsfelt for de forskellige kameraer vist.

I projektet benyttes 2D-RGB-kameraer, da det er nødvendigt at kunne se farverne på fodgængersignalerne. Denne type kamera kan dog give problemer med lav kvalitet i forbindelse med mørke, skygger, direkte sol og refleksion af solen [Polders og Brijs, 2018].

Til hvert kamera er der placeret én træboks ved siden af masten med kameraet. Boksene indeholder blandt andet strømforsyning til kameraerne.

(a) Kamera på vestlig side af fodgængerfelt 1.

(b) Kamera på østlig side af fodgængerfelt 1.

Figur 4.2: Perspektiv og synsfelt fra kameraerne ved fodgængerfelt 1. Placering af kameraerne er vist på figur 4.1.

(a) Kamera på vestlig side af fodgængerfelt 2.

(b) Kamera på østlig side af fodgængerfelt 2.

Figur 4.3: Perspektiv og synsfelt fra kameraerne ved fodgængerfelt 2. Placering af kameraerne er vist på figur 4.1.

4.3 Dataanalyse

Til at behandle videomateriale kan der generelt skelnes mellem tre forskellige metoder, som kan anvendes: Manuel, semi-automatisk og automatisk. Det anbefales ved anvendelse af automatiske værktøjer, at det bliver kombineret med en manuel gennemgang, da der kan forekomme mange fejlregistreringer [Polders og Brijs, 2018]. Ved semi-automatiske analyser benyttes tekniske redskaber samtidig med, at en del af analysen udarbejdes manuelt. Et semi-automatisk værktøj kunne for eksempel være Road User Behaviour Analysis (RUBA), som er et watchdog-softwareprogram udviklet af Aalborg Universitet. Programmet kan benyttes til at mindske manuelt arbejde ved at detektere trafikanter under specifikke forhold og på et givet område. [Aalborg Universitet, 2019]. Anvendelse af dette program blev undersøgt i det indeværende projekt til at detektere fodgængere.

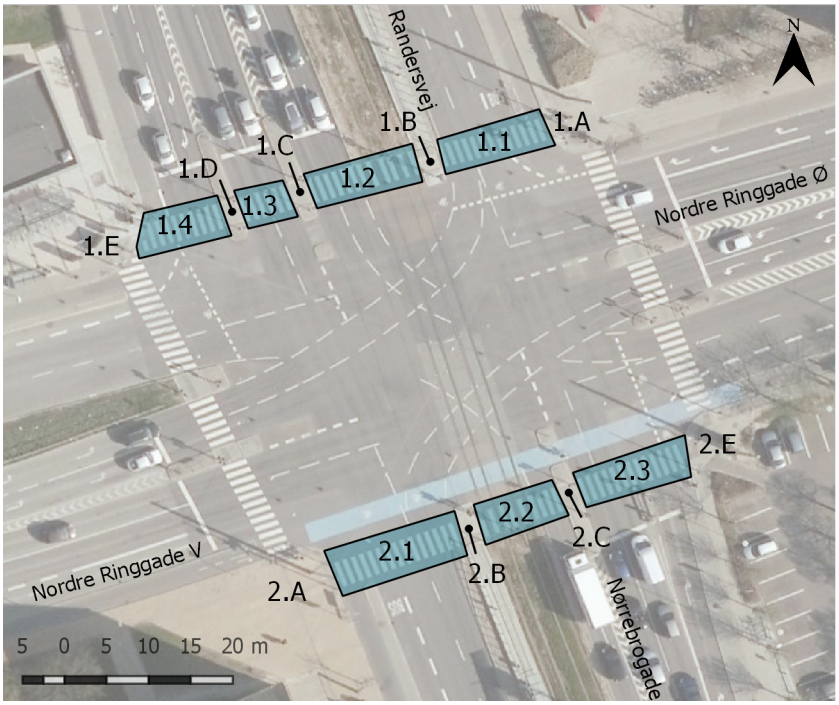
På grund af fodgængernes varierende bevægelsesdynamik samt store uorganiserede grupperinger af fodgængerne på lokaliteten, blev det vurderet at være vanskeligt at placere detektorer til registrering af alle fodgængerne. Desuden var mange fodgængere klædt i mørke farver, hvilket betød, at fodgængerne ikke blev detekteret. Indstillingerne for at kunne detektere disse fodgængere gjorde, at detektorerne blev meget følsomme. Dette resulterede i, at næsten alle trafikanter, der befandt sig på de givne områder, blev detekteret. På baggrund af disse observationer blev RUBA vurderet til at være uegnet til detektering af fodgængerne. Programmet bliver dog anvendt i det indeværende projekt til detektering af letbanetog, se afsnit 4.3.1. Fodgængere på lokaliteten bliver i stedet registreret og analyseret manuelt. I konfliktstudiet bliver der dog anvendt et andet semi-automatisk værktøj, kaldet T-Analyst, til at beregne konfliktindikatorer. Anvendelse af den manuelle analysemetode er vurderet som den mest pålidelige metode, da det vurderes at mængden af fejlkilder ved automatiske analyser er for store.

På baggrund af viden fra litteraturstudiet om fodgængeradfærd i afsnit 3.1 og observationer af adfærden fra projektlokaliteten, opstilles en række analyser til at kortlægge fodgængernes adfærd på lokaliteten. De tilhørende hypoteser er et udtryk for det forventede resultat. De forskellige analyser og hypoteser er beskrevet i tabel 4.2. Formålet med analyserne er at besvare problemstillingerne opstillet i afsnit 1.3. For at undersøge om der er en forskel i adfærd i forhold til om fodgængeren krydser fra støttehelle eller fra fortov, samt i hvilken retning, der krydses i, er fodgængerne registreret for hver delstrækning. Disse er navngivet på figur 4.4.

Da der benyttes videooptagelser i projektet, registreres der i adfærdsstudiet ikke fodgængernes køn, alder og om hvorvidt de orienterer sig før og under krydsning. Denne begrænsning sættes, da det er vurderet at være for vanskeligt og dermed vil give usikre resultater ifølge Laureshyn [2010].

Tabel 4.2: Analyser der undersøges i indeværende projekt. Type beskriver hvilke typer af fodgængere undersøgelsen bygger på. Forkortelserne i kolonnen står for: A: Alle fodgængere, R: Rødgængere, L: Letbanepassagerer, LR: Letbanepassagerer, der krydser for rødt, ILR: Ikke-letbanepassagerer, der krydser for rødt.

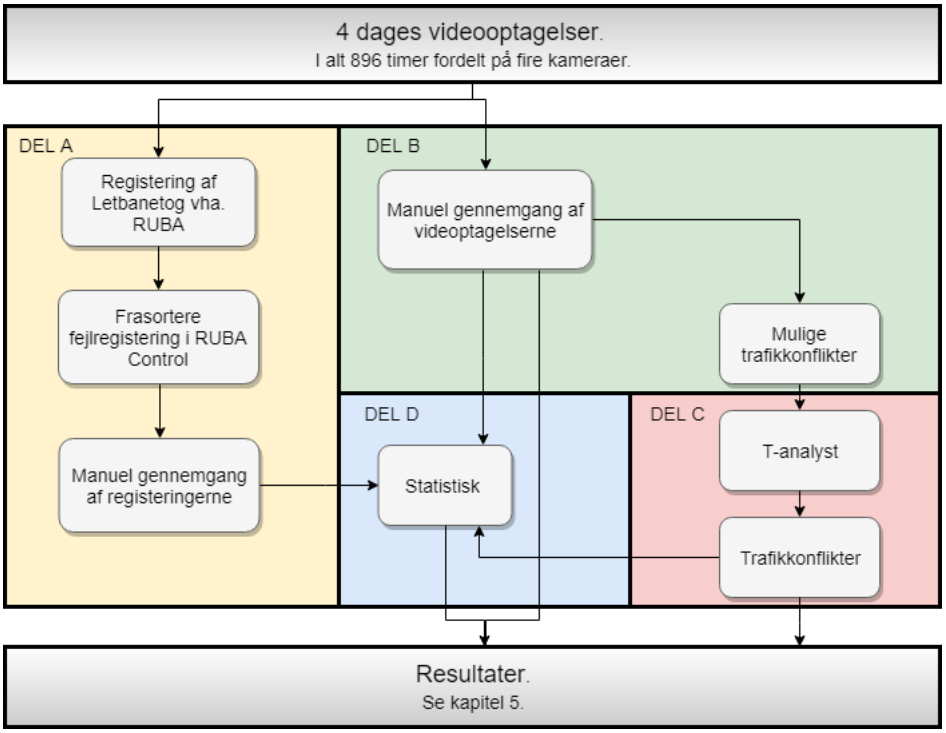
Type	Analyseområde	Hypotese
A	Forskellen i antallet af henholdsvis grøngængere og rødgængere i forhold til weekend, hverdag og tidspunkt på dagen.	• Flest fodgængere krydser for grønt og i hverdage. • Der er flest rødgængere i hverdage.
R	Forskel i rødgængernes adfærd i forhold til retning, ophold på støttehelle og om rødgængeren følger efter en anden fodgænger.	• Andelen af rødgængere er højst på delstrækningen i retningen mod fortovet, og rødgængere fortsætter direkte over støttehellen fra tidligere delstrækning. • Rødgængeren stopper ikke på støttehellen, hvis der er en krydsende fodgænger foran rødgængeren på delstrækningen.
L	Forskellen i antallet af letbanepassagerer i forhold til tidspunkt på dagen og om krydsning foretages for grønt eller rødt.	• Flest letbanepassagerer krydser i myldretidsperioderne.
LR vs. R	Andelen af letbanepassagerer, der krydser for rødt, i forhold til alle rødgængere.	• Størstedelen af rødgængerne i retningen mod letbaneperronerne skal med letbanen.
LR vs. ILR	Forskellen i hvornår i rødtiden der krydses over for rødt mellem letbanepassagerer og ikke-letbanepassagerer.	• Letbanepassagerer går over for rødt i løbet af rødtiden, imens ikke-letbanepassagerer går over for rødt i starten af rødtiden.
LR vs. ILR	Forskellen mellem letbanepassagerer og ikke-letbanepassagerer om hvorvidt krydsning for rødt sker i løb	• Flere letbanepassagerer krydser for rødt i løb end ikke-letbanepassagerer.
LR	Hvornår krydser letbanepassagerer over for rødt i forhold til ankomsten af letbanetoget, og hvordan påvirkes antallet af rødgængere når letbanen prioriteres i krydset?	• Flest letbanepassagerer krydser for rødt i forbindelse med ankomsten af et letbanetog. • Færre letbanepassagerer krydser for rødt, hvis passagerne har haft grønt, imens letbanetoget holdt for rødt inden ankomst til letbaneperron, i forhold til hvis letbanetoget var prioriteret.
A	Forskellen mellem rødgængere og grøngængere, der er involveret i en konflikt, samt forskellen ved rødgængere der er letbanepassagerer og ikke-letbanepassagerer, som er involveret i en konflikt.	• Flere rødgængere, der skal med letbanen, er involveret i en konflikt, end rødgængere der ikke skal med letbanen. • Flere rødgængere end grøngængere er involveret i en konflikt.



Figur 4.4: Placering og navne på støttepunkter og opdeling af fodgængerovergangene.

I projektet behandles data fra følgende fire dage: onsdag den 20.03.2019, torsdag den 21.03.2019, lørdag den 23.03.2019 og søndag den 24.03.2019. Da adfærden også ønskes belyst i weekenden, er optagelser fra en lørdag og en søndag anvendt. Hverdagene er valgt, så der opnås et retvisende billede af trafikken, hvilket betyder, at mandage og fredage er undgået, da der er variationer i trafikken på disse dage [Vejdirektoratet, 2006a]. Dagene er desuden valgt så der ikke forekommer store variationer i vejrforholdene dagene imellem. Vejrforholdene i optageperioden er beskrevet i appendiks I. Længden af observationsperioden er bestemt ud fra den tidsmæssige ressource, der kræves ved manuel registrering, samt en forventelig høj mængde fodgængere i fodgængerfelterne. Det sidste er vurderet på baggrund af observationer på lokaliteten.

På figur 4.5 er fremgangsmåden for databehandlingen vist. De forskellige dele i databehandlingen bliver nærmere beskrevet i de følgende afsnit.



Figur 4.5: Flowdiagram der viser fremgangsmåden med databehandlingen.

4.3.1 DEL A: Letbaneregisteringer

For at kunne undersøge letbanepassagernes adfærd i forhold til, hvor lang tid der er til ankomsten af et letbanetog, skal den reelle ankomsttid for letbanetoget registreres. Dette er gjort ved hjælp af RUBA. Letbanetogene registreres i hver retning ved anvendelse af en movement detektorer på optagelser fra kamera 1.Ø og 2.V. Movement detektorerne registrerer på et givet område ændringer i pixels i en bestemt retning. På kamera 1.Ø registreres de sydgående letbanetog, imens de nordgående letbanetog registreres på kamera 2.V. Placering og retning af detektorer er valgt for at mindske antallet af fejlregistreringer i form af trafik i samme retning.

Movement detektorerne er kalibreret således, at der detekteres letbanetog i den specifikke retning. Kalibreringen af detektorerne er bestemt ud fra en iterativ proces, hvor kalibreringen er valideret ud fra en manuel gennemgang af detekteringen. kalibreringen er fastlagt ud fra videooptagelser fra den 20.03.2019.

Placeringen af detektorerne og indstillingerne for kalibreringen er beskrevet i appendiks J.

Fra RUBA udtrækkes to slags output: Log-every event og save frame of every event. Log-every event er en csv-fil, der angiver tidsstempler for hver gang, detektoren er blevet aktiveret. Save frame of every event er et skærmbillede for hver registrering. De to output anvendes efterfølgende i programmet RUBA Control til at frasortere fejlregistreringer. Fejlregistreringer kan være i form af skygger og andre trafikantgrupper.

Efter at fejlregistreringerne er frasorteret, gennemses videoerne først på det kamera, hvor registreringen er foretaget. Dette er dét kamera, der er på den modsatte side af krydset, end hvor letbanetoget standser ved perronen. Her observeres det om letbanetoget standser for rødt eller kører direkte over for grønt. Hertil registreres hvor længe letbanetoget holder, hvis den standser for rødt. Dernæst gennemses optagelser på det kamera, som er på den side hvor letbanetoget standser ved perron. Her registreres et tidsstempel for ankomsttiden for letbanetoget.

4.3.2 DEL B: Manuelle registreringer

I tabel 4.3 er vist, hvilke kameraer der er benyttet til at registrere fodgængerne på de enkelte delstrækninger. Ved fodgængerfelt 1 er opdelingen gjort på baggrund af, at fodgængersignalerne er delt, som beskrevet i afsnit 2.4, og signalet for delstrækning 1.2 ikke kan ses på kamera 1.Ø. Placeringen af støttepunkter og delstrækninger er vist på figur 4.4, og placering af kameraerne er vist på figur 4.1.

Tabel 4.3: Anvendte kameraer til at registrere fodgængere på de forskellige delstrækninger.

Kamera	Delstrækning
1.Ø	1.1
1.V	1.2, 1.3 og 1.4
2.Ø	2.3 og 2.2 i retning mod støttepunkt 2.B
2.V	2.1 og 2.2 i retning mod støttepunkt 2.C

De manuelle registreringer er foretaget på hver delstrækning, og opdelt på de to retninger over delstrækningerne. Fodgængere, der krydser Nørrebrogade og Randersvej, udenfor fodgængerovergangen, bliver også registreret. En trafikant registreres som en fodgænger, jævnfør Færdselsloven [Transport- Bygnings- og Boligministeriet, 2018], når trafikanten:

- er gående,
- løber på skøjter, rulleskøjter, skateboards eller lignende,
- fører barnevogn eller legevogn,

- skubber kørestol, trækker cykel eller knallert,
- er kørestolsbrugere, som kører med almindelig ganghastighed.

Trafikanter, der krydser fodgængerfeltet, og som ikke registreres som fodgængere, er:

- cyklister
- trafikanter der bruger cyklen som løbehjul
- trafikanter der løber på løbehjul
- trafikanter der bliver båret, såsom børn.

En fodgænger registreres som en letbanepassager, når fodgængeren går op på letbaneperronen. Det skal derfor bemærkes, at fodgængere, der registreres som letbanepassager, ikke nødvendigvis påstiger letbanen.

En fodgænger bliver registreret, så snart de forlader kantsten på fortovet eller støttehelle. De manuelle registreringer på hver delstrækning registreres enten som numeriske eller kategoriske. Der registres følgende informationer:

For alle:

- Registrering af det støttepunkt, hvor krydsningen starter. Støttepunkterne er vist på figur 4.4.
- Registrering af mulige konflikter i form af et tidsstempel. En mulig konflikt er hvor mindst én af trafikanterne foretager en ændring i adfærden på grund af andre trafikanter. En mulig konflikt registreres også, hvor trafikanterne ankommer og krydser fodgængerfeltet tæt på hinanden.

For grøngængere:

- Tidsstempel for start af grøntiden, de krydser i.
- Antallet af fodgængere i grøntiden.
- Antallet af fodgængere, der træder ud på "førgrøn", defineret som to sekunder før signalbilledet for fodgængerne skifter fra rødt til grønt.
- Antal fodgængere, som stopper på letbaneperronen i grøntiden.

For rødgængere:

- Start på rødtid, hvis der er krydsende fodgængere i denne tid.
- Tidstempel for fodgængere der krydser for rødt fodgængersignal.
- Registrering af antallet af fodgængere, der krydser for rødt for pågældende tidsstempel.

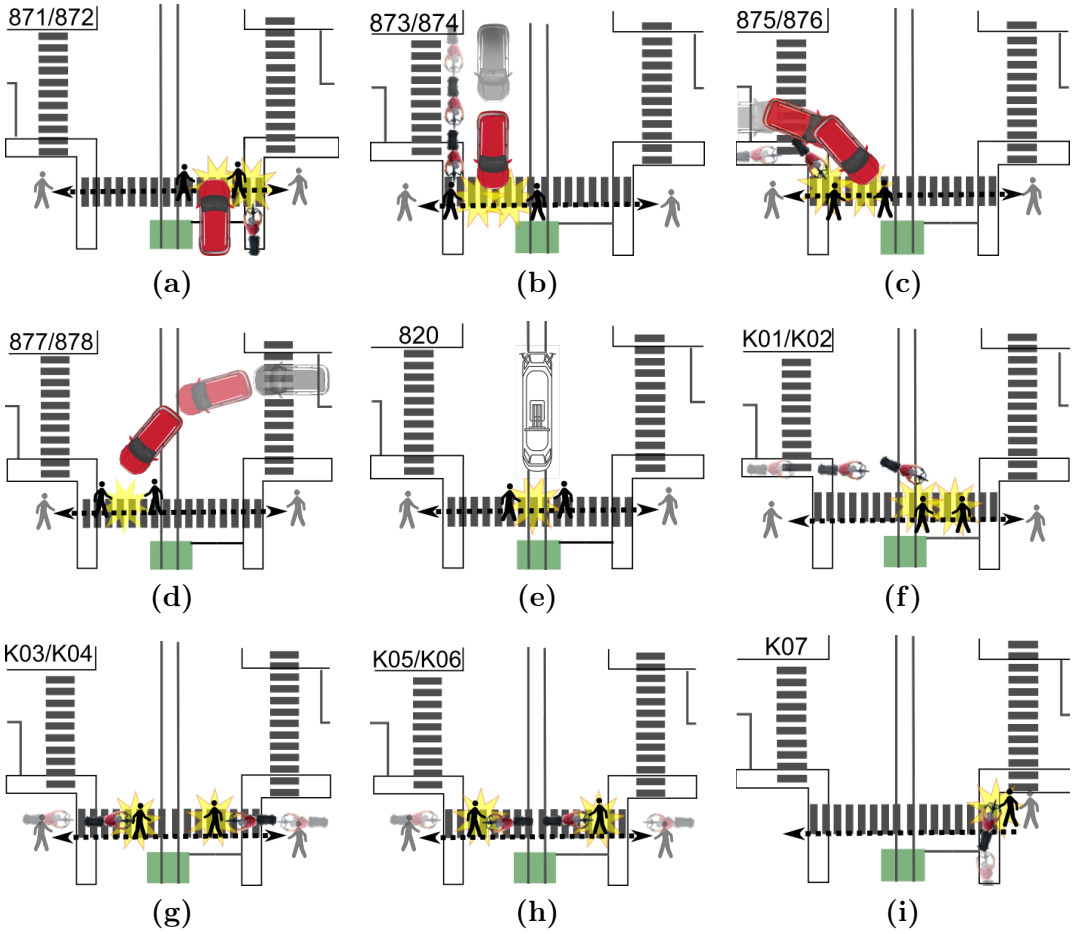
- Registrering af, om løb indgår i krydsningen for rødgængeren. Dette opdeles i (1) generelt løb, (2) løb til letbane eller bus eller om (3) fodgængeren er fritidsløber. Sidstnævnte er vurderet ud fra, om løberen er iført træningstøj.
- Registrering af om rødgængeren stod sammen med én eller flere fodgængere ved støttepunktet inden krydsning.
- Registrering af om rødgængerne påbegynder sin krydsning med én eller flere fodgængere foran sig på den samme delstrækning.
- Registrering af type af ophold på støttehellerne ud fra fire definerede typer. (1) Fortsætter direkte ved krydsning af støttepunkt. (2) Kort standsning eller nedsat hastighed ved krydsning af støttepunkt. (3) Kort ophold i nogle sekunder med en tydelig intention om at fortsætte. (4) Langt ophold i mange sekunder.
- Registrering af om rødgængeren stopper på letbaneperron.

De manuelle observationer registreres ved hjælp af videoafspilningsprogrammerne VLC media player og Windows Media Player. Observationerne registreres i excel-filer.

4.3.3 DEL C: Konfliktstudie

For at undersøge de trafiksikkerhedsmæssige problemstillinger ved de to fodgængerfelter foretages der et konfliktstudie. Studiets hovedundersøgelsesområde er, at undersøge om der er en forskel i risikoen for at være involveret i en konflikt for rødgængere i forhold til grøngængere. For rødgængere undersøges desuden, om der er forskel i risikoen for letbanepassagerer og ikke-letbanepassagerer.

I projektet behandles konflikter mellem fodgængere og andre trafikantgrupper, hvor der undersøges forskellige mulige konfliktsituationer, som vist på figur 4.6. Situationerne 820, 871, 872, 873, 874, 875, 876 og 877 er inspireret af uheldssituationer af samme navn fra Vejdirektoratet [2006b]. Situation K01-K07 er situationer mellem fodgængere og cyklister på fodgængerfelterne.

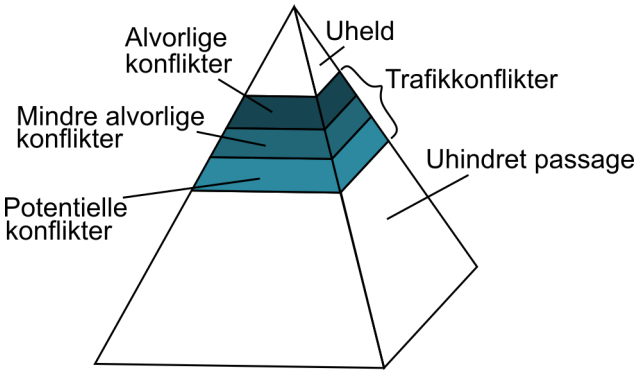


Figur 4.6: **(a)** Situation 871 og 872: Fodgængere fra højre eller venstre før køretøjs passage af kryds. **(b)** Situation 873 og 874: Fodgængere fra venstre eller højre efter køretøjs passage af kryds. **(c)** Situation 875 og 786: Fodgængere fra venstre eller højre efter højresving. **(d)** Situation 877 og 878: Fodgængere fra venstre eller højre efter venstresving. **(e)** Situation 820: Passagerer til eller fra letbanestoppested **(f)** Situation K01 og K02: Fodgængere fra venstre eller højre og svingende cyklist/knallert fra det centrale krydsområde. Hændelsen er midt på fodgængerfeltet. **(g)** Situation K03 og K04: Fodgængere fra venstre eller højre og ligeudkørende cyklist/knallert i samme retning på fodgængerfeltet. **(h)** Situation K05 og K06: Fodgængere fra venstre eller højre og ligeudkørende cyklist/knallert i modsatte retning på fodgængerfeltet. **(i)** Situation K07: Fodgængere fra fortovskant og cyklist/knallert fra venstre.

I begge fodgængerfelter burde uheldssituationerne 871 til 874 samt 877 og 878 ikke forekomme, da trafikanterne er separeret i forskellige signalfaser. I tilfælde af, at disse uheldssituationer opstår, har en eller begge af de involverende parter brudt deres røde signal.

Definition af alvorlighedsgraden

Definitionen af alvorlighedsgraden af konflikter med fodgængere er vurderet på baggrund af afsnit 3.2. Alvorlighedsgraden i konfliktstudier defineres typisk ud fra tre forskellige klassificeringer: alvorlige, mindre alvorlige og potentielle trafikkonflikter, som illustreret i sikkerhedspyramiden på figur 4.7.



Figur 4.7: Tre forskellige klassificering af trafikkonflikter vist i sikkerhedspyramiden.

Alvorlighedsgraden i indeværende projekt vurderes delvis ud fra kollisionsrisiko og delvis ud fra skadesrisiko. Tabel 4.4 viser hvorledes alvorlighedsgraden på de tre forskellige niveauer defineres.

Tabel 4.4: Definition af alvorlighedsgraden af situationer i det indeværende projekt. Hvor 1 er potentielle konflikter, 2 er mindre alvorlige konflikter og 3 er alvorlige konflikter.

Skadesrisiko	Kollisionsrisiko										
	TTCmin, sek.				T2min, sek				Adfærdsbaseret		
	>1,5	1,5-1	1-0,5	0,5-0	>0,8	0,8-0,5	0,5-0,3	0,3-0	Lav	Middel	Høj
Meget lav			1	2			1	2		1	2
Lav		1	2	2		1	2	2	1	2	2
Middel		1	2	3		1	2	3	1	2	3
Høj	1	2	3	3	1	2	3	3	2	3	3

Da små ændringer i hastighed og kurs kan medføre farlige situationer, undersøges situationer både med og uden kollisionskurs. TTC_{min} og PET er de mest anvendte konfliktindikatorer ved studier med bløde trafikanter. Brugen af PET er dog ikke hensigtsmæssig i byområder, da den ikke kan beregnes ved opbremsning. I stedet kan T_2 anvendes, der også beskriver overgangen mellem kollisionskurs og ikke-kollisionskurs. TTC er desuden en af de mest validerede konfliktindikatorer, hvor en sammenhæng mellem alvorlige konflikter og uheld er dokumenteret. Mange af de

nyere konfliktindikatorer har meget lidt eller ingen validering [Laureshyn og Olszewski, 2016]. Alvorlighedsgraden af kollisionsrisikoen i det indeværende projekt bestemmes hermed ved hjælp af minimumsværdierne af TTC og T_2. Dette suppleres med adfærdsbaserede definitioner, som er inspireret af definitioner fra Nielsen [1994]. I tabel 4.5 er definitionerne beskrevet. Grænseværdierne af TTC_{min} og ${T_2}^{\min}$ er inspireret af definitioner i trafikkonfliktteknikken DOCTOR [Kraay et al., 2013], hvor ${T_2}^{\min}$ er inspireret af PET værdier. Grænseværdierne er desuden revideret ved en gennemgang af situationerne.

Tabel 4.5: Definition og eksempel af alvorlighedsgraden ved en adfærdsbaseret vurdering.

	Adfærdsbaseret definition	Eksempler
Lav	Mindst én af de involverende trafikanter foretager en ændring i adfærden, så kollisionen undgås.	Fodgængeren afbryder krydsningen et stykke fra køretøjet, da fodgængeren ser, at køretøjet ikke stopper.
Middel	Mindst én af de involverende trafikanter foretager en lille undvigelsesmanøvre, så kollisionen undgås.	Fodgængeren ændrer kurs eller køretøjet bremser.
Høj	Mindst én af de involverende trafikanter foretager en dramatisk undvigelsesmanøvre kort før kollision ville være sket.	Fodgængeren springer til side eller bilisten foretager en hård opbremsning.

Skadesrisikoen er vurderet ud fra fire niveauer fra meget lav til høj. Risikoen er vurderet ved hjælp af følgende informationer fra situationen: trafikindikatoren Extended Delta-V, hastigheden, hvilken trafikant, der ville have kollideret ind i den anden trafikant, vinklen af de involverede trafikanters bevægelsesbane samt de involverende trafikanttyper.

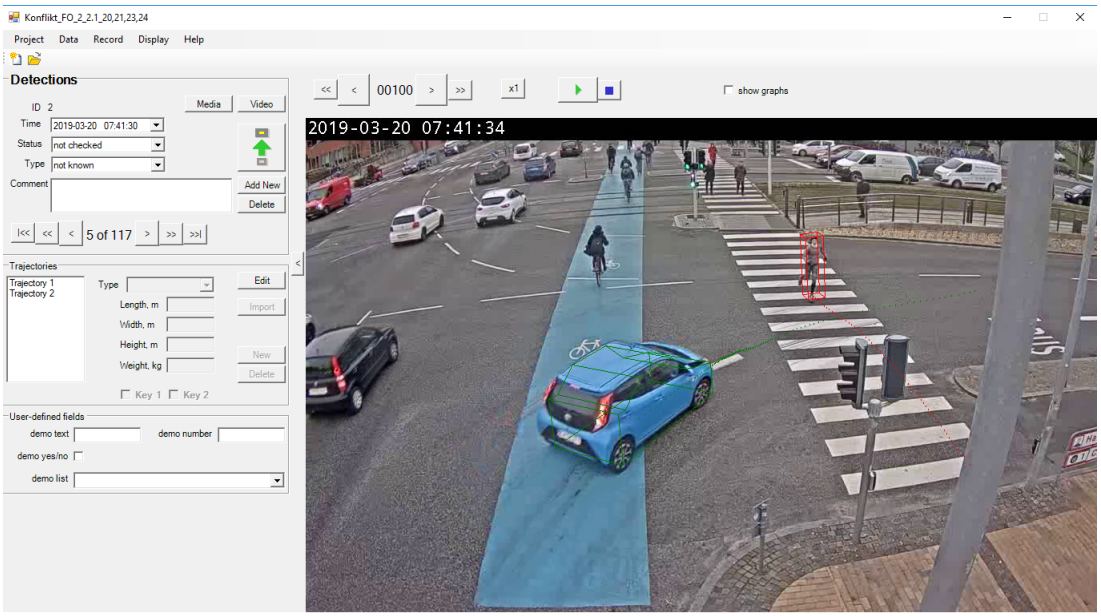
De mulige konflikter mellem fodgængere og cyklister bliver gennemgået og vurderet manuelt i kombination med de tidsbaserede og adfærdsbaserede vurderinger. Påvisning og bedømmelse af alvorlighedsgraden af mødet er ofte vanskelig at bedømme, da begge trafikantgrupper pludselig kan ændre kurs og hastighed. En kollisionskurs opstår typisk uventet og kan fortrydes hurtigt igen, da begge involverende parter kan handle hurtigt. [Kraay et al., 2013]

Fremgangsmåde

I den manuelle registrering blev der fundet 283 mulige konflikter. I konfliktstudiet behandles disse mulige konflikter i videoanalyseprogrammet T-Analyst, og konflikterne rangeres efter definerede alvorlighedsgrader.

T-Analyst er et semi-automatisk analyseværktøj udviklet på Lund Universitet i Sverige. Ved manuelt at oprette 3D-modeller af trafikanterne og optegne deres bevægelsesforløb, kan konfliktindikatorer udregnes [Lund Universitet, 2015]. Bevægelsesforløbet for trafikanterne dannes ved at 3D-modellerne flyttes, således at de omkranser den pågældende trafikant, på hver fjerde frame både inden og efter den mulige konflikt forekommer. Et eksempel fra T-Analyst er vist på figur 4.8. Følgende konfliktindikatorer udtrækkes fra programmet: TTC_{min}, T_2, og Extended Delta-V. Desuden kan hastigheden af de involverende trafikanter findes.

For at kunne benytte T-Analyst er det nødvendigt at videooptagelserne er i avi-filformat, og en kalibreringsfil til det enkelte kameras synsfelt. Kalibreringsfilerne fortæller om kameraets position og hældning, så T-Analyst kan udregne trafikanternes bevægelsesmønstre i kameraets synsfelt. Kalibreringsfilerne bliver fremstillet i programmet T-Calibration, og udarbejdes på baggrund af et stillbillede fra det enkelte kamera og et målfast ortofoto for det tilhørende fodgængerfelt. I programmet oprettes der referencepunkter mellem de to fotos. Der blev oprettet mellem 20-30 referencepunkter i de fire forskellige kalibreringsfiler. En af de største fejlkilder, ved udregning af trafikkonfliktindikatorer ved brugen af T-Analyst, er nøjagtigheden af kalibreringsfilerne. Nøjagtigheden af kalibreringen er højst nær kameraet og falder i takt med, at afstanden til kameraet stiger. Nøjagtigheden for kamera 1.V kan ses på figur 4.9. Nøjagtigheden af de resterende kameraer er vist i



Figur 4.8: Skærmbillede af T-Analyst, der viser 3D-modeller til at optegne trafikanternes bevægelsesforløb.

appendiks K. Det har været tilstræbt at have så nøjagtigt en kalibrering som muligt med en unøjagtighed under 0,1 meter. På delstrækning 1.2 og 2.2 er unøjagtigheden dog op til 0,2 meter.

Figur 4.9: Nøjagtigheden af kalibreringen til T-Analyst af kamera 1.V.

4.3.4 DEL D: Statistiske beregninger

Til vurdering af resultater og for at kunne undersøge sammenhængene mellem de forskellige variabler i adfærden, er der anvendt: Chi^2-test, relativ risiko, binomial test og t-test. I alle analyser er der desuden beregnet frekvensen for udvalgte parametre, som eksempelvis hvor stor andelen af rødgængere udgør af det samlede antal fodgængere. På udvalgte analyser er der testet for statistisk signifikante forskelle. Disse teste er baseret på litteratur fra Kirkwood og Sterne [2003] og Bendsen [2019]. Der benyttes et signifikansniveau på 5 %. Alle statistiske beregninger kan findes i de elektroniske bilag for resultater, hvilke fremgår af appendiks A.

Frekvens

Ved beregning af frekvensen findes hyppigheden af en bestemt observation i forhold til antallet af observationer. Ved kumuleret frekvens summeres frekvenserne for de enkelte observationer. Formel (4.1) beskriver beregningen af frekvensen og formel (4.2) beskriver beregningen af den kumulererede frekvens.

$$f_i = \frac{h_i}{n} \tag{4.1}$$

hvor f_i og h_i er henholdsvis frekvensen og hyppigheden for den $i'te$ observation, og n er det totale antal af observationer.

$$\sum_{k=1}^{i} f_k = f_1 + f_2 + ... + f_{i-1} + f_i \tag{4.2}$$

Chi^2-test

Chi^2-testen benyttes til at finde ud af, om to variabler er afhængige. I adfærdsanalysen benyttes chi^2-testet blandt andet til at sammenligne, om der er den samme hyppighed af en udvalgt adfærdsparameter på alle dage. Chi^2-testet benyttes ved kategoriske variabler, og en forudsætning ved anvendelse af testen er, at alle forventede værdier er lig med eller større end fem. De forventede værdier fortæller, hvad data skulle have været, hvis de to variabler var afhængige af hinanden. Formel (4.3) beskriver beregningsmetoden for teststørrelsen χ^2.

$$\chi^2 = \sum \frac{(O-F)^2}{F}, \text{d.f.} = (r-1) \cdot (k-1) \tag{4.3}$$

hvor O er de observerede tællinger og F er de forventede værdier. d.f. angiver antallet af frihedsgrader, hvor r er antallet er rækker, og k er antallet af kolonner.

Relativ risiko

Testen med relativ risiko benyttes for at vurdere, om to risici er statistisk signifikant ens. Ved at teste med relativ risiko tages der også højde for, hvor stort et datagrundlag, risiciene er beregnet ud fra. Relativ risiko benyttes blandt andet i adfærdsanalyse til at sammenligne, om der er en forskel i andelen af rødgængere i forhold til forskellige stedsspecifikke parametre. Testen beregnes ved hjælp af de tre følgende formler: Formel 4.4 beskriver beregningen af den relative risiko mellem to procentvise andele, i formel (4.5) beregnes standardfejlen for $lnRR$ og i formel (4.6) beregnes z-værdien, som benyttes til at bestemme p-værdien under antagelse om en normalfordeling.

$$RR = \frac{p_1}{p_2} \tag{4.4}$$

hvor p_1 er beregnet risiko for gruppe 1 og p_2 er beregnet risiko for gruppe 2.

$$SE(lnRR) = \sqrt{\frac{1}{a_1} - \frac{1}{n_1} + \frac{1}{a_2} - \frac{1}{n_1}} \tag{4.5}$$

hvor a_1 og a_2 er antal registreringer i henholdsvis gruppe 1 og gruppe 2, og n_1 og n_2 er det samlede antal registreringer, som risikoen for henholdsvis gruppe 1 og gruppe 2 er bestemt ud fra.

$$z = \frac{lnRR - ln1}{SE(lnRR)} \tag{4.6}$$

Binomial test

Den binomiale test benyttes, hvor der kun er mulighed for to forskellige udfald. Dette anvendes til at finde ud af, om antallet af observationer i to datasæt er statistisk signifikant ens. I adfærdsanalysen er den binomiale test eksempelvis benyttet til at beregne, om der er en signifikant forskel i antallet af fodgængere onsdag og torsdag. I formel (4.7) er vist beregningen for den procentvise forskel mellem gruppe 1 og gruppe 2, og formel (4.8) viser beregningen af z-værdien, som benyttes til af bestemme p-værdien under antagelse om en normalfordeling.

$$p = \frac{n_1}{n_1 + n_2} \tag{4.7}$$

hvor n_1 er antal observationer i gruppe 1, og n_2 er antal observationer i gruppe 2.

$$z = \frac{p - 0,5}{\sqrt{0,5} \cdot \frac{1-0,5}{n_1+n_2}} \tag{4.8}$$

T-test

T-testen kan anvendes til at bestemme, hvorvidt to datasæt har ens middelværdier. Testet kan udelukkende benyttes under en forudsætning af, at data er normaltfordelt, samt ved numeriske variabler. Hvilken T-test, der benyttes, afhænger af, om de to datasæt har ens varians. Dette testes ved hjælp af en F-test. Hvis F-testen ikke forkaster hypotesen

om ens varians, beregnes der i forbindelse med t-testet en tilnærmet spredning for begge variabler, som benyttes til beregningen af teststørrelsen t. Ved uens varians kan der ikke tilnærmes en fælles spredning, og beregnes derfor på anden vis. Formel (4.9) viser beregningen af teststørrelsesn F til vurdering af ens varians, og formel (4.10) viser beregningen af den tilnærmede spredning til brug i t-testen med varianshomogenitet.

$$F = \frac{SD_1^2}{SD_2^2} \tag{4.9}$$

hvor SD_1 er spredningen for gruppe 1, og SD_2 er spredningen for gruppe 2.

$$SD = \sqrt{\frac{SD_1^2 \cdot (n_1 - 1) + SD_2^2 \cdot (n_2 - 1)}{n_1 + n_2 - 2}} \tag{4.10}$$

hvor SD_1 og SD_2 er standardfejlen for henholdsvis gruppe 1 og gruppe 2, og n_1 og n_2 er antal observationer i henholdsvis gruppe 1 og gruppe 2.

Formel (4.11) viser beregningen af teststørrelsen t ved varianshomogenitet, og formel (4.12) viser beregningen for teststørrelsen t, hvor der ikke er varianshomogenitet. T-testet benyttes i adfærdsanalysen blandt andet til at vurdere, om der er en forskel i, hvor langt inde i rødtiden letbanepassagerer krydser for rødt i forhold til ikke-letbanepassagerer.

$$t = \frac{\overline{x}_1 - \overline{x}_2}{\sqrt{\frac{SD^2}{n_1} + \frac{SD^2}{n_2}}} \tag{4.11}$$

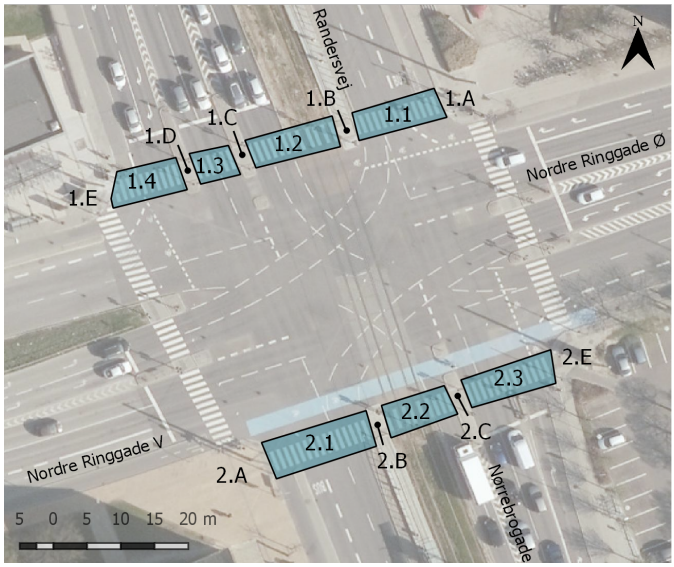
hvor t er t-teststørrelsen ved varianshomomogenitet, $\overline{x}_1$ er middelværdien for gruppe 1, og $\overline{x}_2$ er middelværdien for gruppe.

$$t = \frac{\overline{x}_1 - \overline{x}_2}{\sqrt{\frac{SD_1^2}{n_1} + \frac{SD_2^2}{n_2}}} \tag{4.12}$$

hvor t er t-teststørrelse, hvor der ikke er varianshomogenitet, $\overline{x}_1$ er middelværdien for gruppe 1, og $\overline{x}_2$ er middelværdien for gruppe.

5 Resultater

Resultaterne opdeles i tre afsnit. Det første afsnit, 5.1, beskriver fordelingen af fodgængerne på timer, dage og delstrækninger samt rødgængernes adfærd i forhold til forskellige adfærdsparametre. Næste afsnit, 5.2, beskriver letbanepassagerernes adfærd med fokus på rødgængernes adfærd. I afsnittet undersøges udvalgte forskelle mellem letbanepassagerer og ikke-letbanepassagerer, som krydser for rødt, samt ændring i rødgængeradfærd i forbindelse med et letbanetogs ankomst til perron. I afsnit 5.3 beskrives de konflikter, der har været med fodgængerne i observationsperioden. Der sammenlignes efterfølgende på udvalgte adfærdsparametre. Til kapitlet er tilknyttet fire elektroniske appendiks med data og analyser, hvilke fremgår af appendiks A.



Figur 5.1: Placering og navne på støttepunkter og delstrækninger på de to fodgængerovergange.

Hvor der i afsnittene er beskrevet adfærd i forbindelse støttepunkter eller delstrækninger, er navngivningen som vist på figur 5.1. Figuren er tidligere vist i 4.3. Støttepunkt B på begge fodgængerfelter der, hvor der er letbaneperron.

5.1 Fodgængeradfærd i forhold til signalbillede

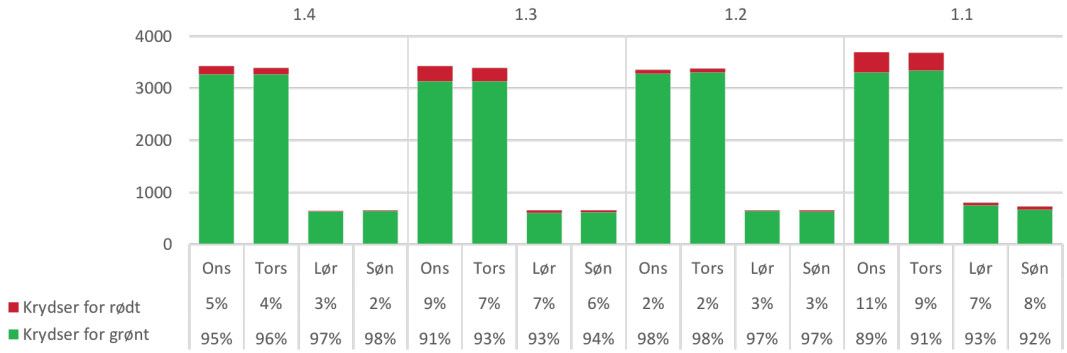
I alt blev 17.754 unikke fodgængere registreret i observationsperioden. En fordeling på fodgængerfelter og dage er vist i tabel 5.1, og består af fodgængere krydsende i begge retninger. Fodgængerne i adfærdsstudiet er registret per delstrækning, og antallet af unikke fodgængere i tabel 5.1 er dermed et beregnet antal. En detaljeret oversigt over antallet registrerede fodgængere kan findes i appendiks L. For detaljeret adfærdsregistrering samt statiske beregninger henvises til de elektroniske appendiks A.1, A.2 og A.3.

Tabel 5.1: Samlet antal unikke fodgængere på fodgængerfelt 1 og fodgængerfelt 2.

	Onsdag	Torsdag	Lørdag	Søndag
Fodgængerfelt 1	3998	4018	894	840
Fodgængerfelt 2	2963	3083	1114	844

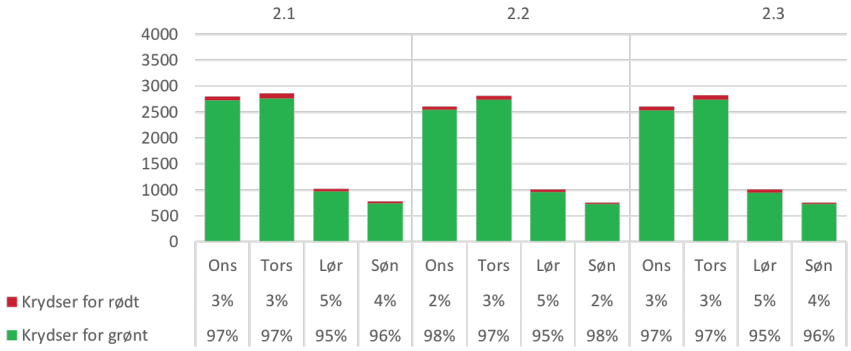
Fælles for begge fodgængerfelter er, at antallet af fodgængere er betydeligt højere på hverdage end i weekenden. På fodgængerfelt 1 er antallet af fodgængere i gennemsnit omkring fire gange så højt i hverdagene som i weekenden, og på fodgængerfelt 2 er antallet af fodgængere omkring dobbelt så højt på hverdagene. Sammenlignes de to fodgængerfelter, er der 33 % flere fodgængere på fodgængerfelt 1 på en gennemsnitlig hverdag end på fodgængerfelt 2. På en gennemsnitlig weekend-dag er antallet højst på fodgængerfelt 2, hvor der er 11 % flere fodgængere end på fodgængerfelt 1. Forskellene er statistisk signifikante.

På figur 5.2 og 5.3 er vist det samlede antal talte fodgængere i observationsperioden for henholdsvis fodgængerfelt 1 og fodgængerfelt 2 fordelt på de enkelte delstrækninger. Antallet for de enkelte delstrækninger udgøres af det samlede antal fodgængere krydsende i begge retninger på delstrækningen. Der blev registreret i alt 665 fodgængere, som krydsede for før-grøn. Disse fremgår som grøngængere i analyserne.



Figur 5.2: Fodgængerfelt 1. Antal fodgængere fordelt på dage, delstrækning og om de krydser for grønt eller rødt. Tabellen angiver andelen af henholdsvis rødgængere og grøngængere.

Andelen af rødgængere er statistisk signifikant højere i hverdagene end i weekenden på fodgængerfelt 1. Dette kan ses på figur 5.2, hvor andelen af rødgængere er mellem 4-11 %, imens den i weekenden er mellem 2-7%.



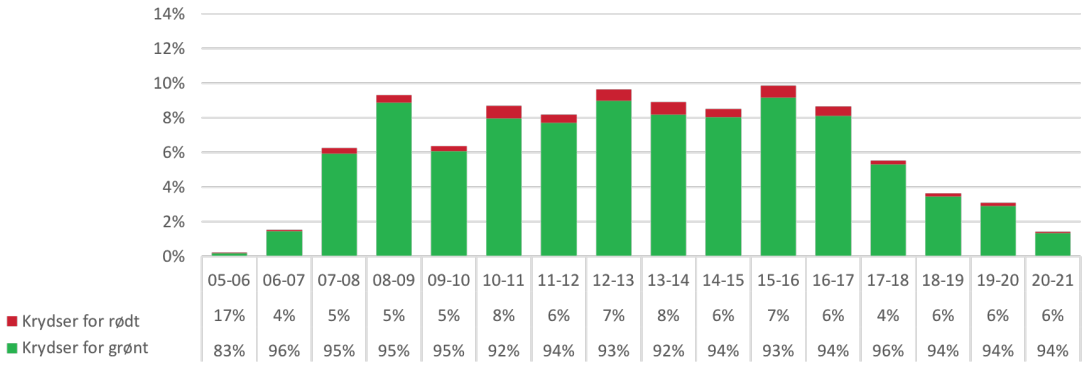
Figur 5.3: Fodgængerfelt 2. Antal fodgængere fordelt på dage, delstrækning og om de krydser for grønt eller rødt. Tabellen angiver andelen af henholdsvis rødgængere og grøngængere.

På fodgængerfelt 2 er andelen af rødgængere statistisk signifikant højst i weekenden. Andelen af rødgængere i hverdage er mellem 2-3 %, mens den i weekenden er mellem 2-5 %, hvilket kan ses på figur 5.3. Der er dog ikke en statistisk signifikant forskel i andelen af rødgængere i weekenden på fodgængerfelt 1 og fodgængerfelt 2.

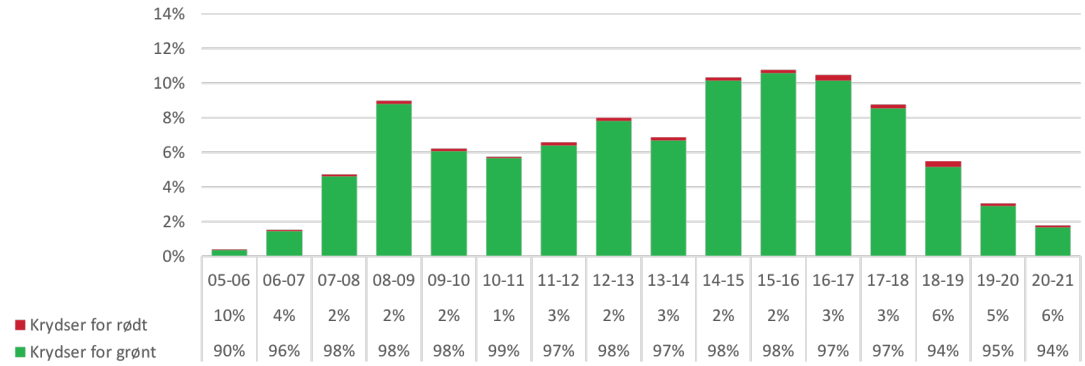
Da det samlede antal fodgængere, rødgængere og letbanepassagerer er højst i hverdagene, fokuseres der på fodgængernes adfærd på disse dage. Videre i analysen præsenteres derfor primært resultater for hverdagene, medmindre andet er nævnt. Resultater, som ikke er vist i dette afsnit, kan findes i appendiks M.

Fodgængere fordelt i løbet af dagen

På figur 5.4 og 5.5 kan det ses i hvilke tidsrum, fodgængerne benytter henholdsvis fodgængerfelt 1 og fodgængerfelt 2. Fordelingen af fodgængerne er beregnet som frekvens i forhold til det totale antal fodgængere fra begge hverdage fra alle delstrækninger på pågældende fodgængerfelt. Fordeling af fodgængere i weekenden, findes i appendiks M på side 153.



Figur 5.4: Fodgængerfelt 1. Frekvens af det samlede antal fodgængere for onsdag og torsdag fordelt på de observerede timer.



Figur 5.5: Fodgængerfelt 2. Frekvens af det samlede antal fodgængere for onsdag og torsdag fordelt på de observerede timer.

På fodgængerfelt 1 er den højeste andel fodgængere på en time 10 % i tidsrummene kl. 12-13 og kl. 15-16. Her ses i øvrigt, at der ikke er markante forskelle i antallet af krydsende fodgængere mellem kl. 10-17. På fodgængerfelt 2 er myldretidsperioderne mere markante, hvor andelen af fodgængere er højst med 9-11 % i tidsrummene mellem kl. 8-9 og kl. 14-17. I tidsrummet mellem kl. 14-17 er der statistisk signifikant flest fodgængere

på fodgængerfelt 2.

Andelen af rødgængere er generelt højere på fodgængerfelt 1, og i tidsrummet 7-18 er andelen af rødgængere statistisk signifikant højest på fodgængerfelt 1. Udenfor dette tidsrum er er der ingen statistisk signifikant forskel i andelen af rødgængere på de to fodgængerfelter.

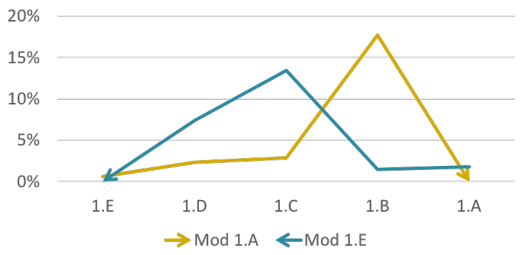
5.1.1 Rødgængeradfærd

Det samlede antal registreringer af rødgang er 2.634, hvor 74 % blev registreret på fodgængerfelt 1 og 26 % på fodgængerfelt 2. Antallet fordelt på de enkelte dage kan ses i tabel 5.2. I tabellen fremgår ikke antallet af unikke rødgængere, da én fodgænger kan have krydset for rødt flere gange.

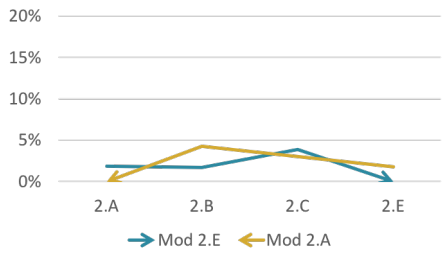
Tabel 5.2: Samlet antal registreringer af rødgang på fodgængerfelt 1 og fodgængerfelt 2.

	Onsdag	Torsdag	Lørdag	Søndag
Fodgængerfelt 1	903	777	155	129
Fodgængerfelt 2	199	248	152	80

På figur 5.6 og 5.7 kan ses andelen af det samlede antal rødgængere på de enkelte delstrækninger på en hverdag på henholdsvis fodgængerfelt 1 og fodgængerfelt 2. Figurerne viser andelen af de retningsfordelte rødgængere for hverdagene. For weekenden findes diagrammer i appendiks M på side 154.



Figur 5.6: Fodgængerfelt 1. Andelen af rødgængere på en hverdag fordelt på retning og startpunkt.



Figur 5.7: Fodgængerfelt 2. Andelen af rødgængere på en hverdag fordelt på retning og startpunkt.

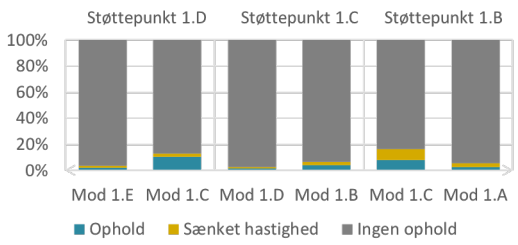
Andelen af rødgængere på begge fodgængerfelter er højst på den sidste del af fodgængerfelterne fra støttehellerne lige før et fortov. En undtagelse er dog på fodgængerfelt 1, hvor den største andel af rødgængere i retning mod 1.E er fra støttepunkt

1.C. Her er andelen af rødgængere på 13 %. Andelen på de sidste delstrækninger på fodgængerfelt 1 er 18 % og 7 %. Dette er markant højere end på fodgængerfelt 2, hvor andelen ikke er højere end 4 %.

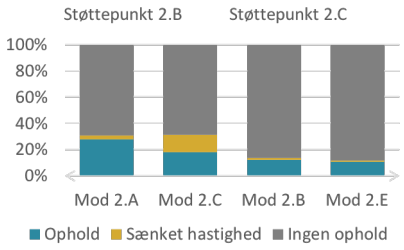
Fodgængerfelt 1 har et ekstra støttepunkt i forhold til fodgængerfelt 2, og derfor kan ikke alle delstrækninger og støttepunkter på fodgængerfelterne sammenlignes. Fortovene A og E samt støttepunkt B vurderes dog at være sammenlignelige. Fra fortov A og støttepunkt B i retning mod E, er der ingen statistisk signifikant forskel i andelen af rødgængere på de to fodgængerfelter. Fra støttepunkt B mod A er andelen af rødgængere fire gange højere på fodgængerfelt 1, hvilket er en statistisk signifikant forskel.

Type af ophold før krydsning for rødt fra støtteheller

Figur 5.8 og figur 5.9 viser fordelingen af den type af ophold, rødgængerne har, inden de krydser for rødt fra en helle. Figurerne viser fordelingen på henholdsvis fodgængerfelt 1 og fodgængerfelt 2 for en gennemsnitlig hverdag. Fordeling i weekenden kan findes appendiks M på side 154.



Figur 5.8: Fodgængerfelt 1. Fordeling af opholdstype på støtteheller på en hverdag.



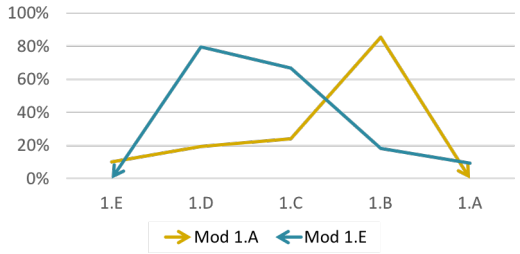
Figur 5.9: Fodgængerfelt 2. Fordeling af opholdstype på støtteheller på en hverdag.

Fælles for begge fodgængerfelter er, at statistisk signifikant flest rødgængere ikke har haft ophold på støttehellen inden de krydser for rødt. Dette gælder for alle støtteheller på begge fodgængerfelter. Sammenlignes støttepunkt B på begge fodgængerfelter, findes der ingen statistisk signifikant forskel på opholdstypen i retning mod støttepunkt C. I retning mod fortov A er andelen statistisk signifikant højere på fodgængerfelt 1. Her har 94 % af rødgængerne ingen ophold før krydsning, hvor den på fodgængerfelt 2 er på 69 %.

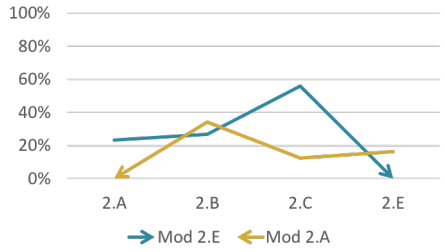
På fodgængerfelt 2 er andelen rødgængere, der fortsætter over en støttehelle, statistisk signifikant lavest på støttepunkt 2.B, hvor der er letbaneperron. På fodgængerfelt 1 er der marginale forskelle i andelen af rødgængere der fortsætter over en støttehelle.

Andelen af rødgængere der følger efter en anden fodgænger på delstrækningen

Figur 5.10 og 5.11 viser andelen af rødgængere, som krydser for rødt, hvor der var en fodgænger foran i fodgængerfeltet på den pågældende delstrækning. Figurerne viser andelen på en gennemsnitlig hverdag på henholdsvis fodgængerfelt 1 og fodgængerfelt 2. For weekenden henvises til appendiks M på side 155.



Figur 5.10: Fodgængerfelt 1. Andelen af rødgængere, der følger efter anden en fodgænger på delstrækningen, på en hverdag.



Figur 5.11: Fodgængerfelt 2. Andelen af rødgængere, der følger efter en anden fodgænger på delstrækningen, på en hverdag.

På fodgængerfelt 1 følger statistisk signifikant flere rødgængere efter en anden fodgænger fra støttepunkt 1.C og støttepunkt 1.D mod fortov 1.E samt fra støttepunkt 1.B mod fortov 1.A. På fodgængerfelt 2 følger statistisk signifikant flest rødgængere generelt ikke efter en anden fodgænger. På støttepunkt 2.C mod fortov 2.E er der dog ingen statistisk signifikant forskel på, om de følger efter andre fodgængere eller om de ikke gør.

Der er dermed en større tendens til, at rødgængerne følger efter en anden fodgænger på fodgængerfelt 1. Fælles for de to fodgængerfelter er dog, at statistisk signifikant flest af de rødgængere, som følger efter en anden fodgænger, er mellem støttehelle og fortov.

Sammenhæng mellem type af ophold og om hvorvidt rødgængeren har fulgt efter en anden fodgænger

På tabel 5.3 og 5.3 ses rødgængere, der fortsatte direkte over en støttehelle, fordelt på, om de følger efter en anden fodgænger på den pågældende delstrækning, eller om de ikke følger efter. Dette undersøges for at se, om der er en sammenhæng mellem, at rødgængerne fortsætter direkte over støttehellen og tilstedeværelsen af en krydsende fodgænger foran på delstrækningen.

Tabel 5.3: Fordeling af rødgængere, som ikke har foretaget ophold på støttepunkt B mod fortov A inden krydsning.

B mod A	Fodgængerfelt 1	Fodgængerfelt 2
Følger ikke efter	13%	55%
Følger efter	**87%**	**45%**
I alt	100%	100%

I retning fra støttepunkt B mod fortov A er der statistisk signifikant flere rødgængere, der følger efter en anden fodgænger på fodgængerfelt 1, men statistisk signifikant færre der følger efter en anden fodgænger på fodgængerfelt 2. Desuden er andelen af rødgængere, der følger efter en anden fodgænger statistisk signifikant forskellig på de to fodgængerfelter.

Tabel 5.4: Fordeling af rødgængere, som ikke har foretaget ophold på støttepunkt B mod støttepunkt C inden krydsning.

B mod C	Fodgængerfelt 1	Fodgængerfelt 2
Følger ikke efter	78%	61 %
Følger efter	**22%**	**39%**
I alt	100%	100%

I retningen fra støttepunkt B mod støttepunkt C er der statistisk signifikant færrest rødgængere, der følger efter en anden fodgænger på begge fodgængerfelter. Her er andelen af rødgængere, som følger efter en anden fodgænger, ikke statistisk signifikant forskellig på de to fodgængerfelter.

Det er dermed kun på delstrækningen fra støttepunkt 1.B mod støttepunkt 1.A, at statistisk signifikant flest rødgængere følger efter en anden fodgænger, efter de har fortsat direkte over en støttehelle. Forskellen i adfærden på de to fodgængerfelter, på denne delstrækning, kan hænge sammen med, at der er observeret store grupper af fodgængere, som krydser for rødt, hvilket ikke er observeret på fodgængerfelt 2.

Ved den omvendte sammenhæng, ses det at signifikant flest rødgængere, som fulgte efter en anden fodgængere, ingen ophold havde forinden. Dette er gældende for på begge fodgængerfelter. Andelen var mellem 92 % til 100 %. Analysen sammen med baggrundsdata for den forrige analyse kan findes i appendiks M på side 155.

5.2 Letbanepassagerer

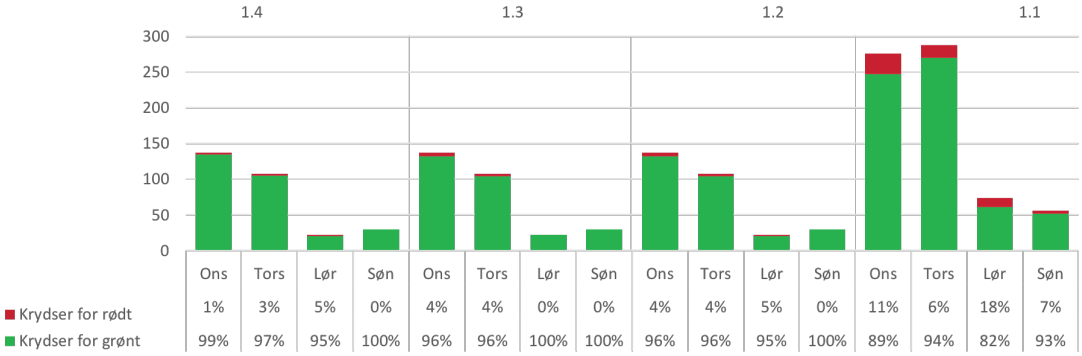
Antallet af unikke letbanepassagerer på fodgængerfelt 1 og fodgængerfelt 2 kan ses i tabel 5.5, og består af letbanepassagerer fra delstrækning 1 og 2. Hvor der i dette afsnit sammenlignes adfærd mellem letbanepassagerer og ikke-letbanepassagerer, er det udelukkende fodgængere i retning mod letbaneperron på støttepunkt B, som medtages i analyserne.

Under den manuelle registrering blev der observeret at fodgængere, som skulle med offentlig transport, havde en tendens til at krydse op til flere gange mellem letbaneperron og busstoppested. Denne adfærd kan skyldes, at fodgængeren ville benytte det først ankomne transportmiddel til deres destination. Hvor fodgængere har krydset flere gange til letbaneperronen, er denne talt med som passager ved hver krydsning.

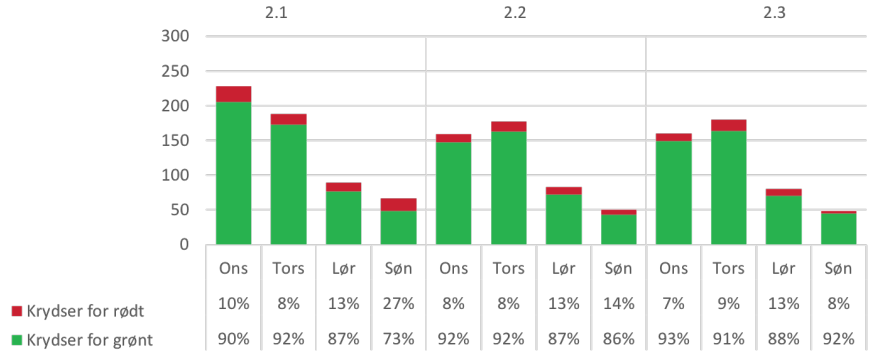
Tabel 5.5: Samlet antal unikke letbanepassagerer på fodgængerfelt 1 og fodgængerfelt 2.

Fodgængerfelt	Onsdag	Torsdag	Lørdag	Søndag
Fodgængerfelt 1	413	396	96	86
Fodgængerfelt 2	387	365	172	117

På figur 5.12 og 5.13 kan ses fordelingen af letbanepassagerer i forhold til de forskellige dage på henholdsvis fodgængerfelt 1 og fodgængerfelt 2. Fælles for begge fodgængerfelter er, at der er flest letbanepassagerer i hverdagene. Delstrækningen med flest letbanepassagerer er den, som ligger mellem letbaneperron og nærmeste fortov. Det er også her, den højeste andel af letbanepassagerer krydser for rødt. På en gennemsnitlig hverdag er der ikke en statistisk signifikant forskel i antallet af letbanepassagerer på de to fodgængerfelter. I weekenden er der en statistisk signifikant forskel med omkring 60 % flere letbanepassagerer på fodgængerfelt 2. Letbanen ved dette stop kører ind mod byen, hvilket kan forklare forskellen på de stop i weekenden. Andelen af letbanepassagerer, der krydser for rødt, er ikke statistisk signifikant forskellig på de to fodgængerfelter.



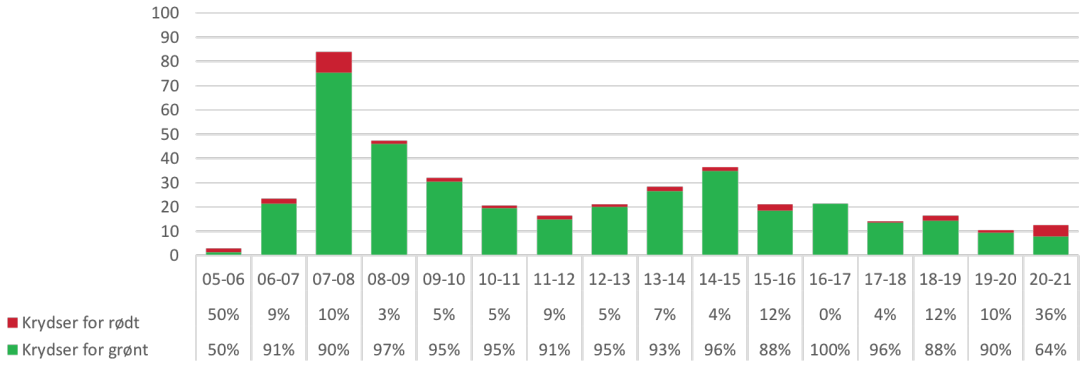
Figur 5.12: Fodgængerfelt 1. Antal letbanepassagerer fordelt på delstrækninger i retningen mod letbaneperron. Tabellen angiver andelen af henholdsvis rødgængere og grøngængere.



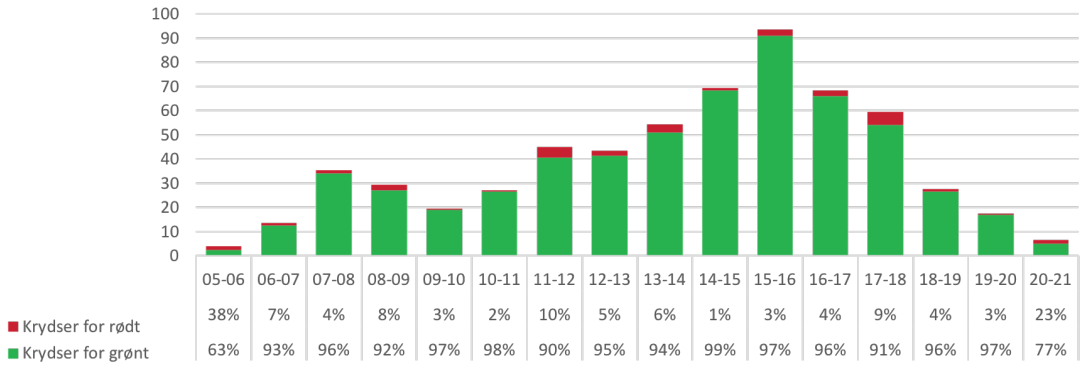
Figur 5.13: Fodgængerfelt 2. Antal letbanepassagerer fordelt på delstrækninger i retningen mod letbaneperron. Tabellen angiver andelen af henholdsvis rødgængere og grøngængere.

Fordeling af letbanepassagerer i løbet af dagen

På figur 5.14 og 5.15 kan ses fordelingen af det gennemsnitlige antal letbanepassagerer på en hverdag for henholdsvis fodgængerfelt 1 og fodgængerfelt 2. Fordelingen i weekenden kan findes i appendiks M på side 157. På fodgængerfelt 1 ankommer den største andel letbanepassagerer i tidsrummet mellem kl. 7-8. På fodgængerfelt 2 ankommer den største andel letbanepassagerer i tidsrummet mellem kl. 15-16. De fleste letbanepassagerer fra dette stop kører dermed ud af byen om morgen og ind mod byen om eftermiddagen. I sammenhæng med, at der er flest letbanebanepassagerer i hverdagen, må dette betyde, at letbanen, ved dette stop, i høj grad benyttes i forbindelse med arbejde eller studie.



Figur 5.14: Fodgængerfelt 1. Det gennemsnitlige antal letbanepassagerer på en hverdag.



Figur 5.15: Fodgængerfelt 2. Det gennemsnitlige antal letbanepassagerer på en hverdag.

5.2.1 Letbanepassagerer kontra ikke-letbanepassagerer

I tabel 5.6 og 5.7 er vist andelen af letbanepassagerer og ikke-letbanepassagerer, der krydser for henholdsvis grønt og rødt på en hverdag på de to fodgængerfelter. For weekenden findes tallene i appendiks M på side 158. Antallet af letbanepassagerer og ikke-letbanepassagerer på de enkelte delstrækninger er vist i appendiks L. På begge fodgængerfelter går letbanepassagerer i højere grad over for rødt end fodgængere, som ikke er passagerer til letbanen. På delstrækning 1.1 og 2.1 mellem fortov og støttepunkt med letbaneperron udgør letbanepassagererne den højeste andel af rødgængere. Den høje andel rødgængere, som er er letbanepassagerer på disse delstrækninger, indikerer, at letbanen bidrager til motivationen for at krydse for rødt.

Tabel 5.6: Fodgængerfelt 1. Oversigt over andelen af letbanepassagerer og ikke-letbanepassagerer der krydser for henholdsvis grønt og rødt på hverdagene på de enkelte delstrækninger i retning mod letbaneperronen.

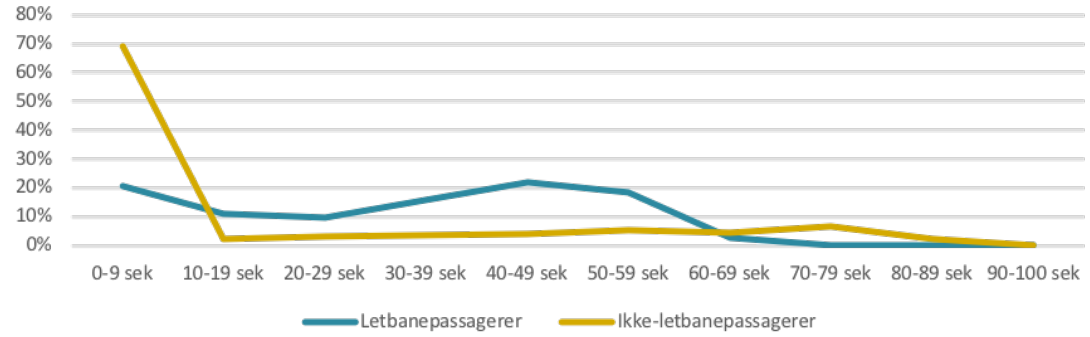
	Krydser for grønt: 98% (n = 13.261 krydsninger)		Krydser for rødt: 2% (n = 256 krydsninger)	
Del-str.	Letbanepassagerer	Ikke-letbanepassagerer	Letbanepassagerer	Ikke-letbanepassagerer
1.1	23%	77%	73%	27 %
1.2	7%	93%	9%	91%
1.3	7%	93%	12%	88%
1.4	7%	93%	25%	75%

Tabel 5.7: Fodgængerfelt 2. Oversigt over andelen af letbanepassagerer og ikke-letbanepassagerer der krydser for henholdsvis grønt og rødt på hverdagene på de enkelte delstrækninger i retning mod letbaneperronen.

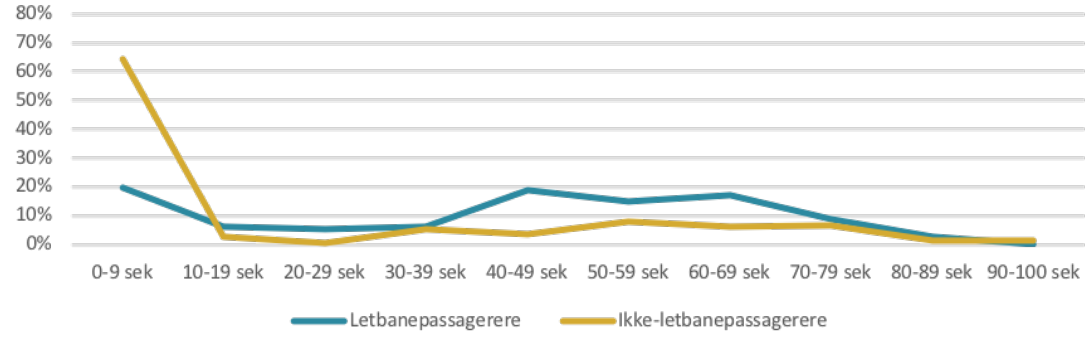
	Krydser for grønt: 98% (n = 8.342 krydsninger)		Krydser for rødt: 2% (n = 187 krydsninger)	
Del-str.	Letbanepassagerer	Ikke-letbanepassagerer	Letbanepassagerer	Ikke-letbanepassagerer
2.1	22%	78%	68%	32%
2.2	19%	81%	32%	68%
2.3	19%	81%	55%	45%

Krydningstidspunkt i forhold start af rødt fodgængersignal

Figur 5.16 og 5.17 viser frekvensen af fodgængerne i forhold til hvor langt inde i rødtiden, de krydser, på henholdsvis fodgængerfelt 1 og fodgængerfelt 2. For at se frekvensen på de enkelte delstrækninger henvises til appendiks M på side 159. Datagrundlaget er det samlede antal rødgængere for alle dage og for alle delstrækninger på de respektive fodgængerfelter. Fodgængere i tidsrummet mellem kl. 5-6 er udtaget, da der her er tvunget fodgængertryk. Dette er valgt, da dette tidsrum dermed ikke er sammenlignelig med resten af dagen, hvor der ikke er tvunget fodgængertryk. I denne tidsperiode krydsede i alt 20 rødgængere på begge fodgængerfelter.



Figur 5.16: Fodgængerfelt 1. Fordeling af, hvornår i rødtiden, fodgængerne krydser for rødt. Fodgængere fra alle fire dage og alle fire delstrækninger.



Figur 5.17: Fodgængerfelt 2. Fordeling af, hvornår i rødtiden, fodgængerne krydser for rødt. Fodgængere fra alle fire dage og alle tre delstrækninger.

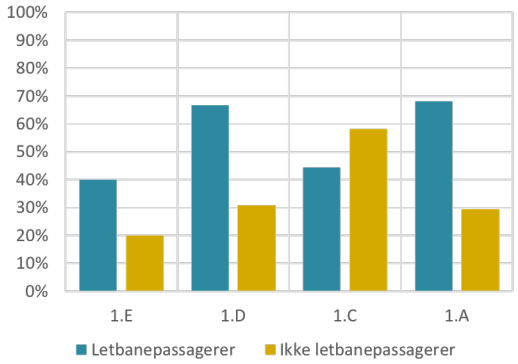
På figurerne kan ses, at langt størstedelen af ikke-letbanepassagerer på begge fodgængerfelter, krydser i starten af rødtiden. Indenfor de første 10 sekunder af rødtiden har omkring 70 % af disse rødgængere på fodgængerfelt 1 startet deres krydsning. På fodgængerfelt 2 er dette omkring 65 % af rødgængere, som ikke skal med letbanen. Rødgængere, som ikke er letbanepassagerer, ser dermed ud til at krydse for rødt i umiddelbar forlængelse af deres krydsning for grønt. Betragtes disse rødgængere i op til 1 minut inde i rødtiden, er der ingen statistisk signifikant forskel mellem de to fodgængerfelter i forhold til, hvornår i rødtiden, ikke-letbanepassagerer krydser.

Letbanepassagerne krydser i højere grad i løbet af hele rødtiden. Dette kan ses ved, at letbanepassagerenes gennemsnitlige krydsningstidstidspunkt inde i rødtiden er statistisk signifikant højere end for rødgængere, som ikke skal med letbanen. Det samlede gennemsnitlige krydsningstidspunkt inde i rødtiden er 37 sekunder for letbanepassagerer

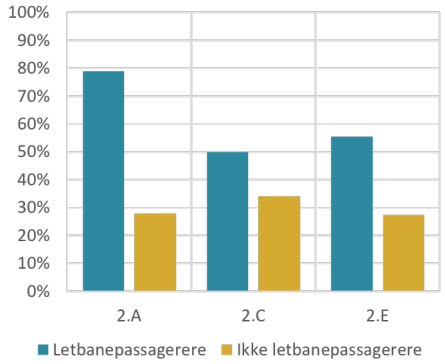
og 20 sekunder for ikke-letbanepassagerer. Der er også en statistisk signifikant forskel i, hvornår letbanepassagerne krydser for rødt på de to fodgængerfelter. Dette kan skyldes, at letbanepassagererne krydser for rødt, når der kommer et letbanetog, og hvornår letbanen ankommer i løbet af rødtiden er meget forskelligt. Letbanepassagernes adfærd i forhold til ankomsten af et letbanetog beskrives senere i afsnittet.

Forskel i andel rødgængere, der løber over

På figur 5.18 og 5.19 kan ses, hvor stor en andel af rødgængere til letbanen, der løber, og hvor stor en andel af rødgængere, som ikke skal med letbanen, der løber over. Der er ikke medtaget fritidsløbere i sammenligningsgrundlaget. Begge diagrammer er for det samlede antal rødgængere på hverdagene. For weekend henvises til appendiks M på side 161.



Figur 5.18: Fodgængerfelt 1. Andelen af rødgængere, der løber over for rødt. Sammenligning mellem letbanepassagerer og ikke-letbanepassagerer på hverdage.

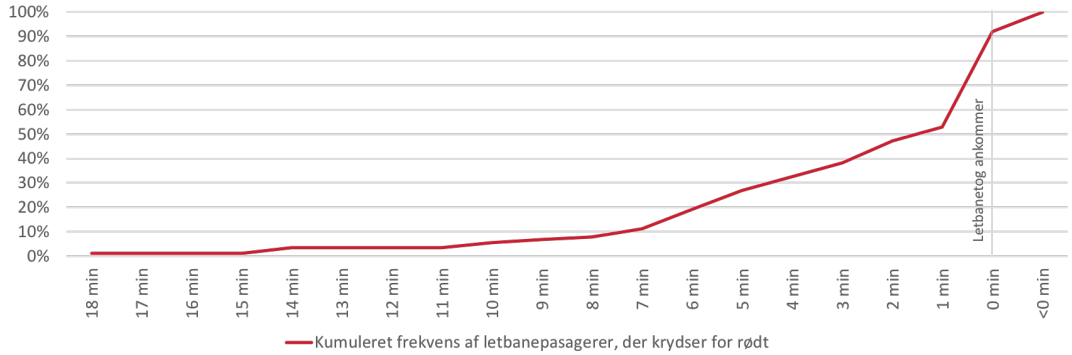


Figur 5.19: Fodgængerfelt 2. Andelen af rødgængere, der løber over for rødt. Sammenligning mellem letbanepassagerer og ikke-letbanepassagerer på hverdage.

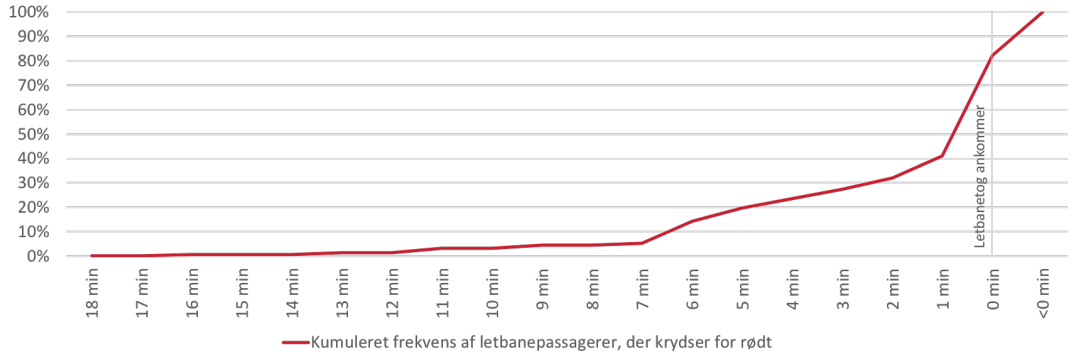
Der ses en tendens til, at rødgængere til letbanen i højere grad løber over for rødt. Forskellen mellem letbanepassagerer og ikke-letbanepassagerer er særlig markant fra fortov A, som er det nærmeste fortov i forhold til støttepunkt B, hvor letbaneperronen er. Forskellen i andelen af rødgængere er 39 %-point på fodgængerfelt 1 og 51 %-point på fodgængerfelt 2. Dette tyder på, at letbanepassagerer i høj grad har travlt med at nå et letbanetog, når de krydser for rødt. Andelen af rødgængere, som løber over for rødt til et letbanetog, er ikke statistisk signifikant forskellig på de to fodgængerfelter. Fra støttepunkt 1.C på fodgængerfelt 1 er det dog ikke-letbanepassagerer, der løber mest over for rødt. Der er dog en usikkerhed forbundet med dette resultat, da der er registreret meget få letbanepassagerer på støttepunkt 1.C.

5.2.2 Letbanepassagereres krydsningstidspunkt i forhold til ankomst af letbanetog

For at undersøge om rødgængere til letbanen krydser for rødt, fordi de skal nå et letbanetog, findes tidsdifferencen mellem hvornår letbanepassageren har påbegyndt krydsningen for rødt i forhold til, hvornår det næste letbanetog ankommer. På figur 5.20 og 5.21 kan ses den kumulerede frekvens af letbanepassagerer, der er krydset for rødt, i forhold til tidsdifferencen til næste letbanetog. Nogle fodgængere krydser også for rødt for at nå det letbanetog, som holder ved perron. Disse passagerer er registreret i tidsrummet <0 minutter. Figurerne viser letbanepassagerer fra alle fire dage på henholdsvis fodgængerfelt 1 og fodgængerfelt 2. For den kumulerede frekvens opdelt på hverdag og weekend, henvises til appendiks M på side 162.



Figur 5.20: Fodgængerfelt 1. Den kumulerede frekvens af hvornår letbanepassagererne krydser for rødt i forhold til ankomsten af deres letbanetog.



Figur 5.21: Fodgængerfelt 2. Den kumulerede frekvens af hvornår letbanepassagererne krydser for rødt i forhold til ankomsten af deres letbanetog.

På figur 5.20 og 5.21 fremgår det, at omkring halvdelen af letbanepassagererne, som går over for rødt, krydser indenfor det sidste minut før letbanen ankommer til perronen eller kort efter letbaneankomst. Dette gælder for begge fodgængerfelter, og kan tyde på, at ankomsten af et letbanetog i høj grad er en grund til at krydse for rødt. Andelen af rødgængere, som krydser til letbanen efter letbanetoget er ankommet til perronen, er statistisk signifikant højere på fodgængerfelt 2 med 10 %-point. Dette kan skyldes, at der er flere kørespor at krydse, på fodgængerfelt 1, når de kommer fra fortovet længst fra letbaneperronen. I tiden før letbaneankomst, er der ingen statistisk signifikant forskel i, hvornår letbanepassagerne krydser for rødt på de to fodgængerfelter. Dette er beregnet for op til 7 minutter før letbaneankomst.

I forbindelse med signalplanlægningen var det en trafiksikkerhedsmæssig bekymring, at passagerer til letbanen ville krydse for rødt, hvis letbanen blev prioriteret i krydset [Swarco, 2017a]. Letbanepassagerne skulle dermed så vidt muligt have grønt umiddelbart før letbanen ankom til perronen på modsatte side af krydset. Betragtes udelukkende letbanepassagerne, som krydser mellem 1 minut før til kort efter letbaneankomst, undersøges det, hvorvidt letbanetoget er ankommet til krydset under passagerernes grøntid. I tabel 5.8 er vist letbanepassagererne, som har krydset for rødt i tidsrummet omkring ankomsten af et letbanetog, fordelt på, om der har været rødt eller grønt for fodgængeren umiddelbart før letbanens ankomst til perronen. I tabellen fremgår det, at langt størstedelen af disse letbanepassagerer har krydset for rødt, hvor letbanen er ankommet i fodgængernes rødtid. Dette tyder på, at hvis letbanepassageren ikke har haft mulighed for at krydse for grønt, mens letbanen har holdt på modsatte side af krydset for rødt, tager de chancen og krydser for rødt for at nå letbanetoget inden det kører. En prioritering af letbanen ser dermed ud til at give en øget risiko for rødgængere, når perronerne er placeret efter krydset.

Tabel 5.8: Andel letbanepassagerer, der krydser for rødt i tiden 1 minut før letbaneankomst til nogle sekunder efter letbaneankomst.

	Fodgængerfelt 1	Fodgængerfelt 2
Nærmeste letbanetog ankommer til krydset, mens der er **grønt** for krydsende passagerer til letbaneperron.	36%	17%.
Nærmeste letbanetog ankommer til krydset, mens der er **rødt** for krydsende passagerer til letbaneperron.	64%	83%.

5.3 Konflikter

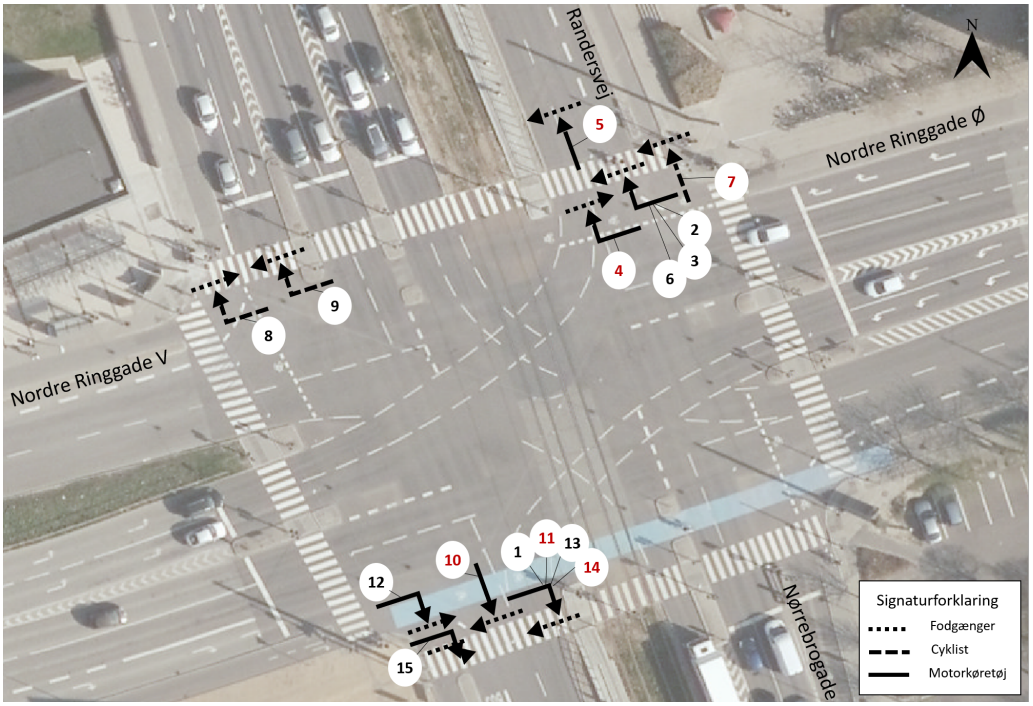
Trafikkonflikter i indeværende projekt blev fundet ud fra definitionen af alvorlighedsgraden, defineret i afsnit 4.3.3. De bagvedliggende analyser til resultaterne i dette afsnit, kan findes i appendiks A.4. I studiet er hændelser både fra hverdagene og weekend inddraget. Hændelserne er opdelt i tre niveauer vurderet ud fra alvorlighedsgraden: Alvorlige konflikter, mindre alvorlige konflikter og potentielle konflikter. Alvorlige konflikter og mindre alvorlige konflikter anses som værende egentlige konflikter. De potentielle konflikter anses hermed ikke som egentlige konflikter, men som hændelser, der potentielt kunne have været en konflikt. Denne type af hændelser er inddraget for at opnå et bredere indblik i, hvilken adfærd der har en påvirkning på trafiksikkerheden i fodgængerfelterne. Risikoen i forhold til forskellige adfærdsmønstre omfatter udelukkende mindre alvorlige og alvorlige konflikter.

Antal fundne konflikter og potentielle konflikter er vist i tabel 5.9. I appendiks N fremgår baggrunden for kategorisering af de enkelte hændelser ved alvorlige og mindre alvorlige konflikter. Der henvises til appendiks A.4 for informationer omkring de potentielle konflikter.

Tabel 5.9: Antal fundne trafikkonflikter mellem fodgængere og andre trafikantgrupper.

	Alvorlig konflikt	Mindre alvorlig konflikt	Potentiel konflikt
Antal	1	14	74

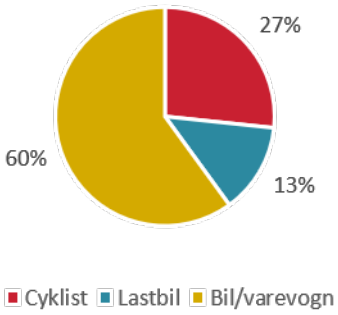
Alle alvorlige og mindre alvorlige konflikter sker på delstrækninger, der leder op til fortovet. 86 % af disse sker på delstrækning 1.1 eller 2.1. Dette hænger godt sammen med, at der på disse strækninger er konfliktende trafikanter i samme signalfase som fodgængerne. Et lignende billede findes for de potentielle konflikter, hvor 78 % af hændelserne sker på disse delstrækninger. På figur 5.22 er et kollisionsdiagram med de forskellige konflikter vist. I appendiks N kan ses et kollisionsdiagram for de potentielle konflikter. I appendikset er hændelserne for mindre alvorlige og alvorlige konflikter desuden beskrevet.



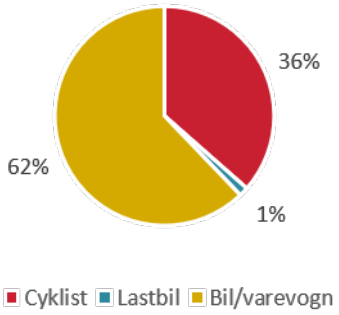
Figur 5.22: Kollisionsdiagram over konflikterne. De rød markeret tal indikerer, at fodgængeren krydsede for rødt.

Omkring 60 % af hændelserne, defineret som konflikt eller potentiel konflikt, er med et højresvingende køretøj. Heraf er størstedelen af modparten en bil eller varevogn.

Overordnet er modparten i de fleste af hændelserne motorkøretøjer, hvilket kan ses på figur 5.23 og figur 5.24. På figurerne ses andelen af involverende modparter fordelt på trafikgrupper for henholdsvis konflikter og potentielle konflikter.



Figur 5.23: Involverende trafikanter i konflikter med fodgængere i fodgængerfelterne



Figur 5.24: Involverende trafikanter i potentielle konflikter med fodgængere i fodgængerfelterne.

9 ud af de 15 fodgængere, som er involveret i en konflikt, krydser i løb. Heraf krydser 6 fodgængere i løb for at nå, hvad der er vurderet til at være, et offentligt transportmiddel. Dette svarer til, at 40 % af konflikterne involverer løbende fodgængere, som skal med et offentligt transportmiddel. I potentielle konflikter udgør andelen af fodgængere, der krydser i løb, 27 %. Der er lige så mange løbende fodgængere som krydser for grønt, som er involveret i mindre alvorlige- eller alvorlige konflikter, som løbende fodgængere, der krydser for rødt. Dette betyder, at der ingen sammenhæng er imellem løb og fodgængersignal.

5.3.1 Signalbillede

I 40 % af konflikterne går fodgængerne over for rødt. På tabel 5.10 ses antallet af fodgængere, der er involveret i en konflikt, og som krydser for henholdsvis grønt- eller rødt fodgængersignal fordelt på delstrækninger. Der forekommer kun konflikter med rødgængere på delstrækning 1.1 og 2.1. Tabellen viser også risikoen for at være involveret i en konflikt på de pågældende delstrækninger for henholdvis grøngængere og rødgængere. På delstrækning 1.1 har rødgængere 9,5 gange større risiko for at være involveret i en konflikt end grøngængere. På delstrækningen 2.1 er risikoen 21,5 gange større for rødgængerne. Betragtes alle krydsninger i observationsperioden er der 13 gange større risiko for at være involveret i en konflikt ved at krydse for rødt i forhold til at krydse for grønt. Ved begge delstrækninger er risikoen for at være involveret i en konflikt statistisk signifikant større ved rødgængere end ved grøngængere.

Tabel 5.10: Antallet af henholdsvis grøngængere og rødgængere, der har været involveret i en konflikt, samt frekvensen af disse i forhold til totale antal grøngængere eller rødgængere på den pågældende delstrækning.

Delstrækning	Grønt fodgængersignal		Rødt fodgængersignal	
	Antal konflikter	Andel af alle grøngængere	Antal konflikter	Andel af alle rødgængere
1.1	3	0,037 %	3	0,335 %
1.4	2	0,26 %	0	0 %
2.1	4	0,056 %	3	1,195 %
Alle	9	0,017 %	6	0,226 %

5.3.2 Letbane

13 % af konflikterne involverer fodgængere, der skal til en letbaneperron, imens 7 % af konflikterne involverer fodgængere, der kommer fra en letbaneperron. Henholdsvis 12 % og 16 % af de potentielle konflikter involverer fodgængere, der enten skal til eller kommer fra en letbaneperron. Hændelserne forekommer udelukkende på delstrækning 1.1 og 2.1. På tabel 5.11 er vist antallet af fodgængere, der er involveret i en konflikt eller en potentiel konflikt, fordelt på om de skal til en letbanenperron eller kommer fra en letbaneperron.

Tabel 5.11: Antal fodgængere involveret i konflikter eller potentielle konflikter som skal til eller kommer fra en letbaneperron.

Delstrækning	Konflikter		Potentielle konflikter	
	Til letbaneperron	Fra letbaneperron	Til letbaneperron	Fra letbaneperron
1.1	2	0	6	8
2.1	0	1	3	4
Total	2	1	9	12

Det kan ses i tabel 5.11, at der i observationsperioden også har været en forekomst af problematiske hændelser med letbanepassagerer, som kom fra en letbaneperron. Der kan derfor være en trafiksikkerhedsmæssig problemstilling forbundet med, at perronerne er midterlagte, da modparten kan have svært ved at observere fodgængere, som kommer fra letbaneperronen. Ligeledes var konflikten, med fodgængeren fra perronen, en fodgænger, som sandsynligt ville med en bus i stedet for letbanen, da denne kom først til projektlokaliteten.

Alle tre fodgængere, til eller fra en letbaneperron og som var involveret i en konflikt, krydsede over for rødt. På delstrækningen 1.1 er tre procent af alle rødgængere som skal med letbanen involveret i en konflikt. På delstrækningen var der ingen rødgængere, som ikke skulle med letbanen.

5.4 Sammenfatning

Samlet set er der statistisk signifikant flest rødgængere i hverdage, hvor der er en højere andel rødgængere på fodgængerfelt 1 i forhold til på fodgængerfelt 2. Statistisk signifikant flest rødgængere krydser for rødt på den sidste delstrækning fra støttehelle mod fortov, med undtagelse i retningen mod fortov 1.E. Her er der statistisk signifikant flere rødgængere fra støttepunkt 1.C. På delstrækning 1.1 og 2.1 er risikoen for at være involveret i en konflikt statistisk signifikant større for rødgængere end for grøngængere.

De fleste rødgængere krydser uden ophold på alle støtteheller. På delstrækningen fra støttepunkt B mod fortov A på fodgængerfelt 1 følger statistisk signifikant flest af disse rødgængere efter en anden fodgænger. Dette er ikke tilfældet på fodgængerfelt 2. I modsat retning fra støttepunkt B mod støttepunkt C, følger de fleste af ovennævnte rødgængere ikke efter en anden fodgænger, og der er ingen statistisk signifikant forskel mellem de to fodgængerfelter. Dermed må der være en faktor, der påvirker til den signifikant anderledes adfærd hos fodgængerne fra 1.B mod 1.A.

De fleste af rødgængerne, der ikke skal med letbanen, krydser for rødt i starten af rødtiden, imens rødgængere, der skal med letbanen, krydser for rødt mere spredt i løbet af rødtiden. Omkring halvdelen af letbanepassagererne krydser over for rødt i tidsintervallet 1 minut til letbanetoget ankommer til perronen til nogle sekunder efter letbanens ankomst. Ud af disse letbanepassagerer er mellem 64-83 % af disse krydsninger foregået, hvor letbanen er blevet prioriteret gennem krydset med grønt lys. På delstrækning 1.1 og 2.1 mellem fortov og støttepunkt med letbaneperron, udgør letbanepassagererne den højeste andel af rødgængere. Her udgør de henholdsvis 73 % og 68 %. Disse tendenser indikerer, at det, at skulle nå letbanen, medvirker til, at fodgængerne krydser for rødt, og i særlig høj grad hvor letbanen er prioriteret i krydset. På delstrækning 1.1 forekom de eneste konflikter med fodgængere, som skulle til letbanen. På denne delstrækning er risikoen for at være involveret i en konflikt, som letbanepassagerer, 3 %. Betragtes alle fodgængere, som er involveret i en konflikt, er omkring 40 % af dem vurderet til at løbe til offentlig transport. Dette indikerer, at det udgør en sikkerhedsmæssig risiko for fodgængere at løbe til offentlig transport.

6 Diskussion

I dette kapitel diskuteres først fodgængeres adfærd på baggrund af resultaterne i kapitel 5. Adfærden diskuteres i forhold til krydsets fysiske udformning, fodgængernes sociale faktorer samt risikabel adfærd hos letbanepassagerer og ikke-letbanepassager. Dette diskuteres i forhold til karakteristika for projektlokaliteten samt litteraturstudiet om fodgængeradfærd fra afsnit 3.1. Herefter diskuteres metodeovervejelserne, hvor datagrundlag og analysemetode diskuteres med henblik på at vurdere validiteten og reliabiliteten af undersøgelsen. Afslutningsvis sammenfattes hovedpointerne og det vurderes, om undersøgelsen kan anvendes i andre kontekster.

6.1 Resultater

6.1.1 Adfærd i forhold til krydsets fysiske udformning

I fodgængerfelterne på projektlokaliteten er der registreret flest fodgængere i hverdagen, hvor den højeste andel af rødgængere også er registreret. I fodgængerfelt 1 er der statistisk signifikant flere rødgængere end i fodgængerfelt 2. Ifølge litteraturen [Gårder, 1989; Schlabbach, 2010; Brosseau et al., 2013; Diependaele, 2018] kan blandt andet fysiske parametre påvirke andelen af fodgængere, som krydser for rødt. Dette drejer sig eksempelvis om signalstyring, trafikintensitet, antal kørespor og andre parametre, som bidrager til kompleksiteten af krydset. En del af forklaringen på forskellen mellem de to fodgængerfelter kan derfor skyldes den forskellige fysiske udformning af de to fodgængerfelter. Eksempelvis er der delt regulering på fodgængerfelt 1, hvor der er ekstra grønt på de sidste delstrækninger mod fortovene. Derudover skal fodgængerne krydse fire tilfartsspor på fodgængerfelt 2, mens de på fodgængerfelt 1 skal krydse seks tilfartsspor, hvormed der er et ekstra støttepunkt på fodgængerfelt 1.

Særligt den delte regulering på fodgængerfelt 1 vurderes at være en årsag til den høje andel af rødgængere på delstrækning 1.3 i retningen mod fortovet 1.E. Fodgængerne kan her se signalet på den efterfølgende delstrækning 1.4 forblive grønt, mens deres eget signal skifter til rødt. Der er dog ikke samme tendens i modsatte retning på delstrækning 1.2 imod fortovet 1.A, hvor der også er delt regulering. Dette kan skyldes, at delstrækning 1.2 er over dobbelt så lang som delstrækning 1.3. Dette stemmer overens med studierne

fra Gårder [1989] og Diependaele [2018], som viste, at andelen af rødgængere er lavere jo bredere vejen er, eller jo flere kørespor, fodgængerne skal krydse.

På fodgængerfelt 2 er den højeste andel af rødgængere, i en bestemt retning på en delstrækning, 4 %. Den højeste andel af rødgængere, i hver retning, er på den sidste delstrækning. På fodgængerfelt 2 krydses der således mest over for rødt mod fortovet fra nærmeste støttehelle. På fodgængerfelt 1 er der også flest rødgængere fra støttehellen mod fortov, hvis der ses bort fra de mange rødgængere på delstrækning 1.3. Fra støttehellerne mod fortov er andelen af rødgængere på fodgængerfelt 1 henholdsvis 7 % og 18 %. Tilsvarende tendens, hvor andelen af rødgængere er størst fra støttepunkt mod fortov, er fundet ved registrering af rødgængere i kryds beliggende i indre København [Lund, 2005] samt et kryds på den ydre Ringvej i Aarhus [Øhlenschlæger et al., 2018].

6.1.2 Adfærd og sociale faktorer

Forskellen på de to fodgængerfelter i andelen af rødgængere fra støttehelle mod fortov kan skyldes store grupper af krydsende fodgængere på fodgængerfelt 1, hvilket ikke forekommer på fodgængerfelt 2. Dette kan ses ved, at der fra støttepunkt B til fortov A følger statistisk signifikant flest rødgængere efter en anden fodgænger på fodgængerfelt 1. På fodgængerfelt 2 følger statistisk signifikant flest rødgængere ikke efter en anden fodgænger. Når fodgængere følger efter andre for rødt, kan det skyldes, at de bruger social information til at vurdere, om det er sikkert at krydse vejen. Social information fås ved at orientere sig mod omkringstående fodgængeres adfærd i stedet for mod signaler eller trafikken. En undersøgelse fra Leeds [Faria et al., 2010] viste en tendens til, at fodgængere fulgte efter hinanden over et signalreguleret fritliggende fodgængerfelt. I undersøgelsen blev nævnt, at udelukkende brug af social information til krydsning af vejen, kan være risikabelt for fodgængeren.

Betragtes de bagvedliggende psykologiske årsager til at krydse for rødt, er det meget individuelt, hvordan den enkelte fodgænger opfatter og vurderer risiko [Adams et al., 2003; Castanier et al., 2012]. Dette betyder blandt andet, at der er forskel på, hvilken belønning, de skal kunne opnå gennem den risikable handling. Fodgængere er dermed meget forskellige i deres krydsningsadfærd, hvilket også Papadimitriou et al. [2017] fandt i deres undersøgelse, hvor de kunne opdele fodgængerne i forskellige fodgængertyper i forhold til blandt andet risikovillighed og motivation for gåturen. I indeværende undersøgelse er der på hver side af Randersvej, ved fodgængerfelt 1, undervisningslokaler samt erhvervsbyggerier. På den østlige side af Nørrebrogade, ved

fodgængerfelt 2, er der langt færre undervisningslokaler. Antallet af studerende, der krydser de to fodgængerfelter på grund af skiftende undervisningslokaler i løbet af dagen, kan derfor antages at være forskellig. Betragtes studerende som fodgængertype, er der dermed en højere andel af disse på fodgængerfelt 1 i timerne mellem morgen- og eftermiddagsmyldretidsperioden. Dette kan medvirke til, at der er forskel i de samlede resultater for krydsningsadfærden på de to fodgængerfelter.

6.1.3 Risikabel adfærd

I forhold til risikoen for at være involveret i en konflikt, er den gennemsnitlige risiko for rødgængere på 0,23 %, hvor den for grøngængere er 0,02 %, hvilket er statistisk signifikant lavere. Rødgængernes risiko, for at være involveret i en konflikt på delstrækningen mellem fortov og letbaneperron på fodgængerfelt 2, er dog helt oppe på 1,2 %. Sammenlignes den gennemsnitlige risiko med en undersøgelse om belgiske fodgængere [Diependaele, 2018], ses der en generel lavere risiko for fodgængerne i Nobelkrydset.

Den lavere risiko for fodgængerne i indeværende undersøgelse fra Nobelkrydset kan skyldes, at langt de flest trafikstrømme er regulerede. Dermed har eksponeringen sandsynligvis været lavere end i undersøgelsen fra Belgien. Det vides dog ikke, hvordan signalstyringen har været i den belgiske undersøgelse. Derudover vides det ikke, om definitionerne af konflikter har været den samme. I den belgiske undersøgelse blev det vurderet, at risikoen for rødgængere var relativt lav, hvilket kunne skyldes, at rødgængere er gode til at orientere sig mod trafikken, inden de krydser. Da risikoen for rødgængere i indeværende undersøgelse ligger lavere end i den belgiske undersøgelse, kan det antages, at rødgængerne i Nobelkrydset er gode til at orientere sig inden krydsning. Dette kan dog ikke bekræftes, da der i indeværende undersøgelse ikke er registreret, om hvorvidt rødgængerne orienterer sig inden krydsning.

I undersøgelsen fra Polen [Kruszyna og Rychlewski, 2013] blev det undersøgt, hvordan fodgængernes krydsningsadfærd for rødt blev påvirket, når der ankom et letbanetog til perron. I undersøgelsen blev der generelt fundet en højere andel farlige krydsninger med letbanepassagerer end med fodgængere, som ikke skulle nå et letbanetog. Farlige krydsninger omfattede en konflikt eller et uheld med fodgængeren. For rødgængere til letbanen var andelen i trafikstyrede anlæg op mod 13 %, hvor den for ikke-letbanepassagerer var op mod 2 %. Forskellen i andelen tyder på, at letbanepassagererne er dårligere til at orientere sig mod trafikken inden krydsning, end ikke-letbanepassagererne. Risikoen for, at letbanepassagerer involveres i en konflikt,

er i indeværende undersøgelse på 3 % på delstrækning 1.1. Sammenlignes dette med resultaterne fra den polske undersøgelse kan det ses, at en risiko på 3 % er lav. Dette kan tyde på, at letbanepassagerer i indeværende undersøgelse er bedre til at orienterer sig inden krydsning for rødt.

Betragtes alle mindre alvorlige og alvorlige konflikter, registreret i indeværende undersøgelse, har 40 % af konflikterne involveret en fodgænger, som har krydset i løb til offentlig transport. Dette dækker både fodgængere, som har krydset for rødt og for grønt. Dette tyder på, at fodgængere, der krydser i løb til et offentligt transportmiddel, har en øget risiko for at blive involveret i en konflikt. I følge Havarikommissionen for vejtrafikulykker [2013] er løbende fodgængere et problem for bilister, da bilisterne har sværere ved at undvige en løbende fodgænger. At løbe kan derfor udgøre en øget risiko for fodgængeren.

6.1.4 Reduktion af rødgængere til letbanen

Resultaterne i indeværende undersøgelse tyder på, at ankomsten af et letbanetog i høj grad er en motivation for at krydse for rødt. Dette var også resultatet i undersøgelsen om polske letbanepassagerer Kruszyna og Rychlewski [2013]. I en undersøgelse om danske fodgængere [Sdun og Hansen, 2017] vurderes ankomsten af et offentligt transportmiddel også at være en motivation for fodgængere til at krydse for rødt. På den baggrund anbefales det, i højere grad at koordinere fodgængernes signal for at de kan nå deres transportmiddel. På projektlokaliteten i indeværende undersøgelse vil dette måske afhjælpe nogle af rødgængerne til letbanen. Dette vurderes på baggrund af, at størstedelen af letbanepassagererne har krydset for rødt, hvor de ikke har haft mulighed for at krydse for grønt, mens letbanen har været synlig i krydsområdet.

Det kan antages, at letbanepassagerer og buspassagerer har samme krydsningsadfærd i forhold til manglende orientering og risikovurdering. En prioritering af letbanepassagerer i signalet vil derfor ikke nødvendigvis fjerne konflikterne, da der også er konstateret konflikter med løbende buspassagerer for grønt. Ved at prioritere letbanepassagerer i signalet, vil det reducere antallet at letbanepassagerer, der krydser for rødt. Dette vil øge sikkerheden for letbanepassagererne, da rødgængere har en højere risiko for at være involveret i en konflikt end grøngængere. I undersøgelsen fra Polen var letbanepassagerernes risiko, for at være involveret i en konflikt, lavere, hvis de havde haft mulighed for at krydse for grønt til letbanen, eller hvis perronen var placeret før krydset. Hvis letbanetogene i Nobelkrydset skal holde for rødt før krydset, så passagerne

kan nå over for grønt før togets ankomst, vil det dog reducere fremkommeligheden for letbanetogene. I signalplanlægningen af krydset var det en bekymring, at en fuld prioritering af letbanen vil give en øget risiko for rødgængere [Swarco, 2017a], hvilket kan bekræftes gennem indeværende studie.

6.2 Metodeovervejelser

Til at besvare problemformuleringen i indeværende projekt undersøges udelukkende rødgængernes adfærd. Hermed undersøges ikke grøngængeres adfærd. Dette har betydet, at det ikke har været muligt at afklare, hvilke forskelle der er i adfærden mellem grøngængere og rødgængere. Projektet kan dermed kun forklare, hvorledes fodgængere går over for rødt. Et yderligere supplement til undersøgelsen kunne have været at registrere fodgængernes orientering før og under krydsning. Dette havde belyst om fodgængerne var opmærksomme på eksempelvis andre trafikanter og signalbilledet. Dette er dog svært at observere på kameraoptagelserne, hvorfor det er undladt i projektet.

I projektet er der undersøgt forskellige adfærdsparametre. Nogle parametre er ikke inddraget, hvilket kan påvirke den kausale sammenhæng. Følgende kunne have påvirket fodgængernes adfærd, men er ikke inddraget i undersøgelsen: trafikmængden, længden af rødtid og omløbstid, serviceniveau på fodgængerfelterne, cyklister, der cykler over for rødt samt udformning af fodgængerfelterne. Flere studier [Schlabbach, 2010; Diependaele, 2018; Gårder, 1989] peger på, at trafikmængden har en effekt på antallet af rødgængere. I afsnit 2 viser snittællingerne, at der er knap 12.000 flere krydsende motorkøretøjer på fodgængerfelt 1 end på fodgængerfelt 2 i et hverdagsdøgn. Krydstællingen viser desuden, at der er knap tre gange flere højresvingende bilister fra Ringgaden mod fodgængerfelt 2 end mod fodgængerfelt 1 i morgenmyldretidsperioden. Længden af rødtiden og omløbstiden i krydset varierer på baggrund af trafikmængder og tid på dagen. I følge [Brosseau et al., 2013; King et al., 2009; Kruszyna og Rychlewski, 2013] kan længde af rødtid eller omløbstid have en indvirkning på antallet af rødgængere. Det blev observeret, at serviceniveauet var lavt på fodgængerfelt 1 i perioder med mange fodgængere, da kapaciteten på støttepunkterne i rødtiden ofte blev opbrugt. Dette blev ikke observeret på fodgængerfelt 2. Det vides ikke i hvor høj grad serviceniveauet har indflydelse på fodgængernes adfærd. I følge [Jørgensen, 2007] kan det påvirke bilister til selv at foretage ulovlige handlinger, hvis de ser andre foretage ulovlige handlinger. Hvis samme adfærdstræk gælder for fodgængere, kunne ulovligt krydsende cyklister have påvirket fodgængere til også at krydse for rødt. Dette kan dog ikke vides i indeværende

projekt, da der ikke er registreret cyklister. Ved nogle resultater i det indeværende projekt samles fodgængerne fra de forskellige delstrækningerne fordelt på de to fodgængerfelter. Undersøgelser [Diependaele, 2018; Gårder, 1989] har vist, at udformning og længden af fodgængerfelter kan påvirke, om fodgængere går over rødt. Da udformningen er forskellig på de enkelte delstrækninger, kan det samlede resultat dermed blive påvirket af disse faktorer.

6.2.1 Metodevalg

I indeværende projekt er datagrundlaget skabt på baggrund af videooptagelser. Videooptagelser viser dog ikke det fulde billede af det trafikale miljø i krydset, da udsynet er begrænset. Dette har betydet, at det var vanskeligt at observere, om rødgængerne krydsede for at nå en bus, og hvornår fodgængere trådte ud fra fortovskanten, hvis krydsningen startede et stykke fra fodgængerfeltet. På fodgængerfelt 1 reducerede det desuden mulighederne for at observere det præcise tidspunkt for standsning af letbanetogene. Dette har en betydning for præcisionen på nogle af registreringerne. For at kunne optage med videokameraerne i en længere tidsperiode var det nødvendigt at have strømforsyninger til kameraerne. Disse blev anbragt i kasser, som blev placeret tæt ved fodgængerfeltene. Det vides ikke om synligheden af disse kasser har haft en effekt på fodgængernes adfærd.

I projektet er fodgængernes adfærd registreret manuelt. En af svaghederne ved denne metode er, at der kan forekomme fejlregistreringer ved komplekse situationer og længere observationsperioder, på grund af menneskets kognitive kapacitet. Dette har været gældende under registreringsprocessen. På tabel 6.1 ses den procentvise difference, i antallet af fodgængere, mellem delstrækningerne på den samme side af letbaneperronen. Differencen kan skyldes fodgængere, der afsættes på kørebanen, og fodgængere der starter krydsning af fodgængerfeltet, men vender om på det nærmeste støttepunkt. En fejlkilde i registreringerne kan være manglende registrering af fodgængere som delvis cykler på fodgængerfeltet. Differencen mellem delstrækning 1.3 og 1.2 kan desuden skyldes, at delstrækning 1.2 er langt væk fra det anvendte kamera. Dette betyder også, at der er risiko for, at alle letbanepassagerer fra fortov 1.E ikke er blevet registreret.

Tabel 6.1: Difference mellem antallet af talte fodgængere på delstrækninger på samme side af letbaneperron.

Dage	Difference mellem 1.4 og 1.3	Difference mellem 1.3 og 1.2	Difference mellem 2.2 og 2.3
Onsdag	0 %	2 %	0 %
Torsdag	0 %	1 %	0 %
Lørdag	1 %	0 %	1 %
Søndag	2 %	1 %	1 %

Det kan ses i tabel 6.1, at de manglende registreringer ligger mellem 0-2 %. Dette indikerer, at registreringsmetoden er pålidelig. Der kendes dog ikke til forholdet mellem falsk positive og falsk negative registreringer, hvilket kan have en indflydelse på differencerne mellem delstrækninger.

I forhold til registrering af letbanepassagerer forekommer der ingen difference i antallet mellem delstrækning 1.4, 1.3 og 1.2 på fodgængerfelt 1. Differencen mellem delstrækning 2.2 og 2.3 er én fodgænger om onsdagen og om søndagen og tre fodgængere om torsdagen og om lørdagen, på fodgængerfelt 2.

De manuelle registreringer blev foretaget af to observatører. Når registreringerne udføres af flere end én observatør, er der en risiko for uoverensstemmelser i registreringerne. I indeværende projekt har nogle af registreringsparametrene ikke haft en eksplicit definition. Dette betyder, at nogle parametre er blevet fortolket forskelligt. Eksempelvis er dette gældende ved de fire definitioner af ophold på støttepunkter, hvilket betyder, at to af definitionerne er blevet slået sammen senere i projektet. Herudover har der ikke været en eksplicit definition af registreringstidspunktet, for hvornår fodgængere med barnevogn eller cykel forlader støttepunktet. Dette har en betydning for andelen af rødgængere, og hvornår i rødtiden disse forlader støttepunkterne. En anden definition, der kunne fortolkes og vurderes forskelligt, er registrering af mulige konflikter. I tillæg har observatører svært ved at registrere tidsmæssige afstande og hastigheder. I projektet blev der derfor lavet en bred definition af mulige konflikter, så hændelser, som var reelle konflikter, ikke blev frasorteret.

Konsekvensen, ved at anvende den manuelle registreringsmetode, er den store tidsressource, der kræves. I det indeværende projekt har det betydet, at kun fire dage ud af de 14 dages indsamlede videomateriale, er blevet benyttet. Hvis observationsperioden havde været længere, havde dette forøget undersøgelsens statistiske validitet, i form af flere registreringer af rødgængere og, i særdeleshed, rødgængere til letbanen, hvor da-

tagrundlaget er lavt. Eksempelvis er der mellem 5-9 letbanepassagerer, der krydser for rødt, på delstrækning 1.4, 1.3 og 1.2. Datagrundlaget er ligeledes lav for letbanepassagerer, som er involveret i en konflikt. Her er antallet kun to fodgængere. Dette betyder, risikoen for letbanepassagerer, som krydser for rødt på projektlokaliteten, kun gælder for observationsperioden.

Metodevalg til vurdering af trafiksikkerhedsmæssige problemstillinger

Til at vurdere de trafiksikkerhedsmæssige problemstillinger i det indeværende projekt er et konfliktstudie anvendt. I projektet blev risikoen for at kollidere bestemt ud fra en tidsbaseret trafikindikator og/eller en adfærdsbaseret vurdering. Ved at benytte begge metoder øges chancen for, at ingen farlige hændelser frasorteres. En af udfordringerne ved de tidsbaserede trafikindikatorer er at bestemme den korrekte grænseværdi mellem trafikkonflikter og ikke trafikkonflikter. Vælges en for høj værdi, vil der blive udpeget hændelser, som blot indikerer en effektiv trafikafvikling. Vælges en for lav værdi er der en risiko for, at hændelser, der kunne være farlige, bliver frasorteret. Samtidigt vil antallet af fundne konflikter falde og mulighederne for statistisk signifikante resultater reduceres. [Laureshyn, 2010]. Denne udfordring forekommer også ved definitionen mellem de enkelte niveauer af konflikter. Ligeledes foreholder det sig ved definitionen af adfærdsbaserede konflikter. Vælges en for bred definition vil hændelser, som blot er effektiv trafikafvikling, blive udpeget, mens en for smal definition vil frasortere hændelser, der var potentielt farlige. En anden udfordring ved den adfærdsbaserede metode er, at det kan være svært at observere ændringer i adfærden. Dette er især gældende ved bilister, da førerens reaktion ikke kan ses. Ved samspillet mellem bløde trafikanter er der desuden en udfordring i at definere kollisionsrisiko ud fra beregninger af $T_2{}^{min}$ og TTC_{min}, da disse beregninger ikke giver et retvisende billede af situationen. Her har det været nødvendigt at supplere med en subjektiv vurdering af situationen.

Kollisionsrisikoen for otte af konflikterne i projektet er adfærdsbaserede, imens seks af dem er vurderet ud fra tidsbaserede indikatorer. Ved én konflikt er kollisionsrisikoen både tids- og adfærdsbaseret. Ud fra de tidsbaserede indikatorer er det svært vurdere, om hændelserne er en reel konflikt, eller om trafikanterne har en risikobetonet adfærd, hvor de optimerer deres rejsetid. Om hændelsen er effektiv trafikafvikling eller en reel konflikt kan belyses ved at kombinere vurderingen af kollisionsrisiko med trafikindikatoren TA, der beskriver den tidsmæssige afstand, når trafikanterne foretager en undvigelsesmanøvre. Denne værdi, især ved bløde trafikanter, er dog svær at fastsætte, hvorfor denne indikatorer er fravalgt i projektet.

Brugen af skadesrisiko kan bidrage til, at alvorlighedsgraden vurderes højere eller lavere end den vurderede alvorlighedsgrad ud fra kollisionsrisikoen. Ved hændelser, hvor alvorlighedsgraden reduceres på baggrund af skadesrisikoen, bidrager skadesrisikoen til at give et mere retvisende billede af, om situationen er farlig, da konsekvensen er lille eller ingen. Hvor skadesrisikoen øger alvorlighedsgraden, er typisk i situationer, hvor den ene part er opmærksom på den anden part. Havde dette ikke var tilfældet, havde konsekvensen ved en kollision været høj. Det kan derfor diskuteres, om disse situationer skal medtages som konflikt, da risikoen for at kollidere er lav. I følge Havarikommissionen for vejtrafikulykker [2013] skyldes de fleste krydsningsuheld manglende orientering, hvorfor det kan argumenteres for at medtage disse hændelser som konflikter.

Vurdering af skadesrisiko og adfærdsbaseret kollisionsrisiko bærer meget præg af en subjektiv vurdering af situationerne. Denne vurdering kan variere gennem forløbet for den enkelte observatør og varierer desuden fra observatør til observatør. Dette skyldes, at opfattelsen af risiko varierer fra menneske til menneske. Observatørerne i indeværende projekt er ikke uddannet til at foretage denne slags vurderinger, hvormed det må antages, at pålideligheden af vurderingerne er mindsket. Et delphi-studie eller en fokusgruppeundersøgelse kunne have været et supplement til studiet, da studier har vist, at trænede observatører foretager acceptable estimeringer af alvorlighedsgraden af trafikkonflikter [Laureshyn og Olszewski, 2016]. Dette kunne øge pålideligheden af vurderingerne af konflikterne i indeværende undersøgelse. Brugen af subjektive vurderinger betyder desuden, at undersøgelsen ikke er objektiv, hvilket gør, at undersøgelsen er svær at sammenligne med andre undersøgelser. Det er dog generelt en udfordring at sammenligne konfliktstudier, da der findes mange forskellige teknikker til at vurdere alvorlighedsgraden af en hændelse. Der mangler hermed én klar definition af konflikter, og hvilke metoder der bør anvendes.

Forskellige studier har fundet en sammenhæng mellem hyppigheden af uheld og alvorlige konflikter, men mange konfliktindikatorer har dog meget lidt eller ingen validering [Laureshyn og Olszewski, 2016; Laureshyn et al., 2017a]. Valideringen af en trafikkonfliktteknik bestemmes typisk som en statistisk korrelation mellem de fundne konflikter og uheldsdata [Cafiso et al., 2011]. Der er dog en usikkerhed forbundet med denne valideringsmetode grundet mørketal i uheldsdataene [Laureshyn et al., 2017b]. Den manglende validering er et problem for gyldigheden af trafikkonfliktteknik til anvendelse i indeværende projekt

Konfliktstudiet kunne have været understøttet af en beregning af eksponering, hvilket beskriver, hvor udsatte fodgængerne er på projektlokaliteten. Dette ville hermed give et

billede af niveauet af trafiksikkerheden på det pågældende sted.

En anden tilgang til at vurdere de trafiksikkerhedsmæssige problemstillinger i Nobelkrydset kunne være en vurdering af fodgængernes tryghed. Dette kunne gøres gennem interview med fodgængerne i fodgængerfelterne. Da tryghed er fodgængernes oplevede sikkerhed, er tryghed dermed et subjektivt begreb, og vil ikke give et billede af den reelle sikkerhed i krydset. Hvis fodgængere føler utryghed, er der risiko for, at de handler impulsivt, hvilket kan have en negativ indflydelse på deres sikkerhed i trafikken [Herrstedt, 1981]. Viden om fodgængernes tryghed kunne dermed supplere konfliktstudiet i forhold til vurderingen af de trafiksikkerhedsmæssige problemstillinger i krydset.

6.3 Sammenfatning

Ved anvendelse af manuel registreringsmetode i indeværende undersøgelse er der sikret en høj registeringsprocent. Hermed kan det konkluderes, at størstedelen af fodgængerne i observationsperioden er taget med i undersøgelsen. Anvendelse af manuel registrering har dog betydet, at datagrundlaget er baseret på fire dage. Dette betyder, at datagrundlaget for nogle af resultaterne er begrænset, hvilket især gælder for resultaterne med letbanepassagerer. Dette betyder blandt andet, at der ikke kan konkluderes noget om risikoen for rødgængere i forhold til om de er letbanepassagerer eller ikke-letbanepassagerer. Langt de fleste af de øvrige resultater har dog et solidt datagrundlag. Resultaterne fra indeværende undersøgelse stemmer i overvejende grad overens med andre studier af fodgængere. Dette betyder, at fodgængernes adfærdsmønstre ligner hinanden, hvilket styrker reliabiliteten af indeværende rapports resultater.

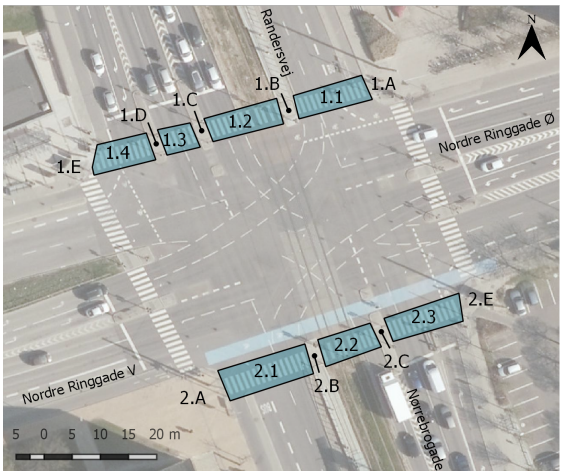
Overordnet vurderes det, at resultaterne fra indeværende projekt godt kan anvendes på lignende lokaliteter. Der skal dog være opmærksomhed på de karakteristika, der særligt kendetegner Nobelkrydset. Dette drejer sig eksempelvis om de høje trafikmængder, høj frekvens af busser ved nærliggende busstoppesteder, forskudte sidelagte perroner til letbanetog samt delt regulering på et af fodgængerfelterne. Hvis indeværende undersøgelse endvidere anvendes til at belyse letbanepassagerers adfærd, er det væsentligt at bemærke, at reliabiliteten især varierer for undersøgelser vedrørende letbanepassagerer. Der skal derfor være opmærksomhed på størrelsen af datagrundlaget i de enkelte analyser.

7 Konklusion

I Aarhus er der fokus på de bæredygtige transportformer, hvor gang er en af dem. Fodgængere er sårbare i trafikken, hvor alvorlighedsgraden ved et uheld med fodgængere i signalreguleret kryds er høj. I 2017 blev den første letbane i Danmark åbnet i Aarhus. Sidenhen er letbanestrækningen i Aarhus blevet udvidet og flere letbanebyggerier er påbegyndt i andre danske byer. I dette kandidatspeciale undersøges fodgængeradfærden derfor i det trafikerede og signalregulerede kryds, Nobelkrydset, hvor der er standsningssted for letbanen. Følgende problemformulering besvares:

> *Hvilken adfærd kendetegner fodgængere, der krydser for rødt på fodgængerfelter med standsningssted for letbanen i et trafikeret signalreguleret kryds, og hvilke trafiksikkerhedsmæssige problemstillinger forekommer med fodgængerne i disse fodgængerfelter.*

For at kunne besvare problemformuleringen blev der foretaget et litteraturstudie, som havde det formål at give et indblik i, hvilke adfærdsmønstre der kendetegner rødgængere, samt hvilke adfærdsparametre, der kunne undersøges for at belyse letbanens indflydelse på fodgængernes adfærd. Fodgængeradfærden i krydset blev undersøgt i de to fodgængerfelter ledende op til letbaneperronerne. Fodgængernes adfærdsmønstre blev registreret manuelt i de to forskellige retninger over fodgængerfeltet og på opdelte delstrækninger, som angivet på figur 7.1.



Figur 7.1: Placering og navne på støttepunkter og delstrækninger på de to fodgængerovergange.

Ud fra fire dages videomateriale er der observeret i alt 17.754 unikke fodgængere fordelt på de to fodgængerfelter. For at belyse de trafiksikkerhedsmæssige problemstillinger på fodgængerfelterne er der i specialet anvendt et konfliktstudie. I dette studie vurderes alvorlighedsgraden af mødet mellem en fodgænger og en anden trafikantgruppe. Alvorlighedsgraden er defineret ud fra skadesrisiko og kollisionsrisiko. Kollisionsrisikoen er baseret på en adfærdsbaseret vurdering og/eller de tidsbaserede trafikindikatorer TTC_{min} og $T_2{}^{min}$.

Til besvarelse af problemformuleringen blev der opsat fire problemstillinger. På baggrund af et adfærds- og konfliktstudie i specialet kan der drages følgende konklusioner på de forskellige problemstillinger.

Hvor mange fodgængere krydser for rødt, og hvilke adfærdsmønstre kendetegner disse fodgængere?
Andelen af rødgængere er statistisk signifikant højere i hverdagene end i weekenden på fodgængerfelt 1, imens andelen af rødgængere er statistisk signifikant højere i weekenden end i hverdagene på fodgængerfelt 2. Samlet er andelen af rødgængere statistisk signifikant højst i hverdagene. Andelen af rødgængere på fodgængerfelt 1 udgør mellem 4-11 % i hverdagene og mellem 2-7 % i weekenden. På fodgængerfelt 2 er andelen mellem 2-3 % i hverdagene og mellem 2-5 % i weekenden.

Andelen af rødgængere i en bestemt retning er statisk signifikant højst på den sidste delstrækning fra støttehelle mod fortovet. Dette gælder dog ikke i retningen fra fortov 1.A mod fortov 1.E, hvor den højeste andel af rødgang er fra støttepunkt 1.C til 1.D. Dette skyldes sandsynligvis delt regulering i fodgængersignalet, hvor den sidste delstrækning har længere grøntid. Andelen af rødgængere på de sidste delstrækninger før fortov er 18 % og 7 % på fodgængerfelt 1, og 4 % på begge delstrækninger på fodgængerfelt 2. Fra støttepunkt 1.C til 1.D er andelen 13 %.

Langt de fleste fodgængere krydser for rødt uden ophold på støttehellerne. Af dem følger 87 % efter en fodgænger på delstrækningen fra støttepunkt 1.B mod fortov 1.A på fodgængerfelt 1. Dette er de eneste rødgængere krydsende fra støttepunkt B på begge fodgængerfelter, hvor flest rødgængere følger efter en anden fodgænger. På fodgængerfelt 1 blev der observeret mange store grupper af fodgængere, hvilket ikke blev gjort på fodgængerfelt 2. Det tyder dermed på, fodgængere i store grupper har en øget tendens til at krydse for rødt, hvis krydsning sker fra støttehelle mod fortov.

Hvordan er forskellen i adfærden hos rødgængere, som skal med letbanen, og rødgængere, som ikke skal med letbanen?

Letbanen har en påvirkning på rødgang i krydset, især på delstrækning 1.1 og 2.1. Her udgør andelen af letbanepassagerer den største andel af rødgængerne med henholdsvis 73 % på delstrækning 1.1 og 68% på delstækning 2.1. Letbanen har en indvirkning på, hvornår i rødtiden der krydses. Omkring 65-70 % af alle rødgængere, der ikke skal med et letbanetog, starter krydsningen for rødt fodgængersignal indenfor de første 10 sekunder af rødtiden. Letbanepassagererne krydser for rødt mere spredt i løbet af rødtiden, hvor der er en tendens til, at krydsningen er afhængig af ankomsten af et letbanetog til perronen. Dette viser sig ved, at omkring 50 % af letbanepassagererne krydser for rødt i det sidste minut inden et letbanetog ankommer til perronen.

Letbanepassagerer krydser i højere grad over for rødt i løb, end ikke-letbanepassagerer. Dette hænger godt sammen med de øvrige resultater og indikerer, at letbanepassagerer løber over for rødt for at nå et letbanetog. 40 % af alle konflikter involverede desuden en fodgænger som løb til en letbane eller anden offentlig transport. Det vurderes derfor, at tilstedeværelsen af en letbane kan have trafiksikkerhedsmæssige konsekvenser for fodgængerne.

Letbanepassagerernes rødgang i det sidste minut kan dog reduceres. Dette kan gøres, hvis letbanetoget ikke prioriteres i signalprogrammet, og dermed standser for rødt, så fodgængerne kan krydse for grønt inden togets ankomst.

Er fodgængere, som krydser for rødt, mere involverede i konflikter end fodgængere, som krydser for grønt?
40 % af fodgængerne involveret i konflikter krydsede over for rødt. Studiet viser desuden, at der er 13 gange højere risiko for at blive involveret i en konflikt ved at krydse for rødt i forhold til at krydse for grønt. På den baggrund kan det konkluderes, at der er en statistisk signifikant højere risiko for at blive involveret i en konflikt, ved at krydse for rødt end ved at krydse for grønt.

Er fodgængere, som skal med letbanen, mere involverede i konflikter end fodgængere, som ikke skal med letbanen?
Letbanepassagerer krydser oftere for rødt på strækningen mellem fortov og letbaneperron og løber desuden ofte over for rødt. Disse to adfærdstræk udgør en stor del af konflikterne, og derfor kan letbanepassagerer måske have en højere risiko for at blive involveret i en konflikt. Det statistiske grundlag for letbanebanepassagerer involveret i en konflikt, vurderes dog ikke være tilstrækkeligt til at konkludere noget præcist.

8 Perspektivering

I dette speciale har det været formålet at undersøge fodgængernes adfærd i et trafikeret signalreguleret kryds med letbanestop. Dette har særligt været med henblik på at afdække, hvilke trafiksikkerhedsmæssige problematikker der er med fodgængere, som krydser for rødt. Eftersom der er fokus på modal shift til bæredygtige transportformer, er det vigtigt at belyse adfærd og risici omkring et knudepunkt for offentlige transportsmidler. I specialet er letbanepassagernes adfærd også belyst, hvilket er væsentlig taget i betragtning af, at flere letbaneprojekter er undervejs. Flere resultater fra undersøgelserne i specialet giver anledning til yderligere adfærdsstudier af fodgængerne, hvilke præsenteres i dette kapitel.

8.1 Yderligere arbejde med data

I indeværende undersøgelse er der udelukkende arbejdet med rødgængernes adfærd. Hvis adfærdsstudiet havde omfattet grøngængere, havde det hermed været muligt at se på, hvilke adfærdsmønstre der er særligt kendetegnende for rødgængere og for grøngængere. Hertil havde det været interessant at undersøge adfærden i forhold til multikollinearitet, for at afdække hvilke adfærdsparametre, der er særligt kendetegnende for fodgængere, som krydser for rødt, og for fodgængere, som krydser grønt. Derudover havde det været interessant at se på, om der kunne ses en forskel i kombinationen af adfærdsparametre i forhold til letbanepassagerer og ikke-letbanepassagerer. Til det formål at undersøge om der er særlige adfærdsparametre, som er kendetegnende for krydsningsadfærden hos letbanepassagererne.

I studiet fandtes der en markant forskel i fodgængernes adfærd på de to fodgængerfelter. Dertil kunne en multivariat analyse have bidraget til at finde ud af, om der var helt særlige adfærdsmæssige kendetegn der adskilte fodgængerne på de to fodgængerfelter. En multivariat analyse havde muligvis også kunne afdække, hvor der har været kausale faktorer, som kunne påvirke fodgængernes adfærd.

8.2 Adfærd i forhold til perrontyper og letbaneprioritering

Projektlokaliteten i dette speciale omfattede et letbanestop med forskudte sidelagte perroner placeret umiddelbart efter det centrale krydsområde. Et polsk studie om letbanepassagerer fandt frem til, at der var en forskel i letbanepassagernes adfærd i forhold til placering af perron samt letbanens prioritering i krydset [Kruszyna og Rychlewski, 2013]. En yderligere undersøgelse af danske letbanepasageres adfærd kunne dermed være, at se på adfærden ved andre perrontyper. Fra en ø-perron kan letbanepassagerne tage letbanen i begge retninger. Ø-perroner er udformet på en sådan måde, så den kun kan placeres på den ene side af det centrale krydsområde. Perroner anlagt før krydset, giver mulighed for passagerne at nå letbanetoget i deres grøntid. I indeværende undersøgelse fandtes der en tendens til, at letbanepassagerne i højere grad krydsede for rødt, når letbanetoget var prioriteret gennem krydset. Letbanepassagererne havde dermed ikke mulighed for at krydse for grønt umiddelbart inden togets ankomst til perron. Dertil kunne det undersøges, om letbanepassagerne var i højere risiko for at blive involveret i en konflikt i forhold til de to forskellige perronudformninger.

8.3 Rødgængere i fodgængerfelt med delt regulering

I indeværende undersøgelse var andelen af rødgængere højst i fodgængerfeltet med delt fodgængerfase. Ifølge Vejdirektoratet [2018] er der risiko for, at fodgængerne går på det forkerte signal, når der er delt regulering. Ved at opsætte fodgængersignaler med to røde lysåbninger, skulle denne risiko blive reduceret. I Nobelkrydset har alle fodgængersignaler to røde lysåbninger, men i hverdagen ser fodgængerne alligevel ud til at blive påvirket af den delte regulering. For at undersøge effekten af den delte fodgængerregulering, kan dette gøres ved at sammenligne med fodgængeradfærden i weekenden, samt undersøge fodgængeradfærd på andre fodgængerfelter med delt regulering.

8.4 Risiko for fodgængere, som krydser i løb

60 % af konflikterne fundet med fodgængere i indeværende projekt, involverede en fodgænger som løb over vejen. 40 % af konflikterne involverede fodgængere, som løb til kollektiv transport. Konflikterne involverede både rødgængere og grøngængere. Dette kunne tyde på, der er en øget risiko for fodgængere, der løber over et fodgængerfelt. Ved

også at undersøge andelen af konflikter med fodgængere der løb over fodgængerfeltet for grønt, kunne dette belyse om der var sikkerhedsmæssige problematikker ved denne adfærd. I indeværende undersøgelse var grøngængernes eneste konfliktende trafikstrøm de højresvingende trafikanter, og det vil derfor være interessant også at belyse de løbende fodgængeres risiko i kryds, hvor der var flere konfliktende trafikstrømme. Dermed kunne også undersøges, hvorvidt der antallet og typen af konfliktende trafikstrømme havde en indflydelse på de løbende fodgængeres risiko.

Litteratur

Adams et al., **2003**. J. Adams, R.V. Ericson og A. Doyle. *Risk and Morality: three framing devices*. Uddrag fra bogen "Risk and Morality", 2003.

Allen et al., **1978**. B.L. Allen, T.B. Shin og P.J. Cooper. *Analysis of Traffic Conflicts and Collisions*, 1978.

Andersen, **2011**. J.G. Andersen. *Borgerne og lovene 2010*. Rockwool Fondens Forskningsenhed, Syddansk Universitetsforlag, 2011.

Bendsen, **2019**. T. Bendsen. *Noter i statistik - t-test med to uparrede stikprøver*. `https://statnoter.dk/index.php?pageID=19`, 2019. Set: 29-05-2019.

Brosseau et al., **2013**. M. Brosseau, S. Zangenehpour, N. Saunier og L. Miranda-Moreno. *The impact of waiting time and other factors on dangerous pedestrian crossings and violations at signalized intersections: A case study in Montreal*. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 21, pp. 159–172, 2013.

Cafiso et al., **2011**. S. Cafiso, A. Garcia, R. Cavarra og M.A.R. Rojas. *Crosswalk Safety evaluation a Pedestrian Risk Index as Traffic Conflict Measure*. 3rd International Conference on Road Safety and Simulation, 2011.

Castanier et al., **2012**. C. Castanier, F. Paran og P. Delhomme. *Risk of crashing with a tram: Perceptions of pedestrians, cyclists, and motorists*. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 15(4), pp. 387–394, 2012.

Center for Transport Analytics, **2017**. Center for Transport Analytics. *Transportvaneundersøgelsen. Hovedresultater*. `https://www.cta.man.dtu.dk/transportvaneundersoegelsen/hovedresultater`, 2017. Set: 03-06-2019.

COWI, **2018**. COWI. *Analyse af rød- og gulkørsler. Resultater og metode - førundersøgelse*. Aarhus Kommune, 2018.

COWI og Tetraplan, **2010**. COWI og Tetraplan. *Kollektiv Trafikplan Århus. Nyt Busnet fra 2011*. Midttrafik, 5, 2010.

Danmarks Statistik, **2017a**. Danmarks Statistik. *MOERKE: Personskader i færdselsuheld indberettet af politi, skadestuer og sygehuse efter indberetter, uheldssituation, transportmiddel, køn, alder og skadens type.* `http://www.statistikbanken.dk/moerke`, 2017. Set: 05-03-2019.

Danmarks Statistik, **2017b**. Danmarks Statistik. *UHELD9: Tilskadekomne og dræbte i færdselsuheld efter uheldsart, personskade, transportmiddel, personart, by/landområde OG gade- eller vejtype.* `http://www.statistikbanken.dk/uheld9`, 2017. Set: 09-04-2019.

Danmarks Statistik, **2019**. Danmarks Statistik. *Folketal 1. januar efter byområder og landdistrikter og tid.* `http://www.statistikbanken.dk/BY1`, 2019. Set: 30-04-2019.

Diependaele, **2018**. K. Diependaele. *Non-compliance with pedestrian traffic lights in Belgian cities.* Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 2018.

Dommes et al., **2015**. A. Dommes, M.-A. Granié, M.-S. Cloutier, C. Coquelet og F. Huguenin-Richard. *Red light violations by adult pedestrians and other safety-related behaviors at signalized crosswalks.* Accident Analysis & Prevention, 80, pp. 67–75, 2015.

Faria et al., **2010**. J.J. Faria, S. Krause og J. Krause. *Collective behavior in road crossing pedestrians: The role of social information.* Behavioral Ecology, 21(6), pp. 1236–1242, 2010.

Gårder, **1989**. P. Gårder. *Pedestrian safety at traffic signals: A study carried out with the help of a traffic conflicts technique.* Accident Analysis & Prevention, 21(5), pp. 435 – 444, 1989.

Havarikommissionen for vejtrafikulykker, **2013**. Havarikommissionen for vejtrafikulykker. *Ulykker med fodgængere.* Temarapport 11, 2013.

Herrstedt, **1981**. L. Herrstedt. *Fodgængertrafik i byområder.* Institut for Veje, Trafik og Byplan, Danmarks Tekniske Højskole, 1981.

Hillnhütter, **2019**. H. Hillnhütter. *Tilrettelegging for sunde transportformer: Mobilitet til fots & kollektivtransport.* Åben høring i Transport-, Bygnings- og Boligudvalget d. 27. marts, 2019.

Hovedstadens Letbane, **2019**. Hovedstadens Letbane. *Tidsplan*. `https://www.dinletbane.dk/forstaa-processen/tidsplan/`, 2019. Set: 10-04-2019.

Ismail et al., **2009**. K. Ismail, T. Sayed, N. Saunier og C. Lim. *Automated Analysis of Pedestrian-Vehicle Conflicts Using Video Data*. 88th TRB Annual Meeting, Washington DC, USA, 2009.

Johnsson et al., **2018**. C. Johnsson, A. Laureshyn og T. De Ceunynck. *In search of surrogate safety indicators for vulnerable road users: a review of surrogate safety indicators*. 38, pp. 765–785, 2018.

Justitsministeriet, **2007**. Justitsministeriet. *Bekendtgørelse af lov om tv-overvågning*. `https://www.retsinformation.dk/forms/r0710.aspx?id=105112`, 2007. Set: 09-04-2019.

Jørgensen, **2007**. A.J. Jørgensen. *Trafikkultur*. Aalborg Universitetsforlag, 2007.

King et al., **2009**. M.J. King, D. Soole og A. Ghafourian. *Illegal pedestrian crossing at signalised intersections: Incidence and relative risk*. Accident Analysis & Prevention, 41(3), pp. 485–490, 2009.

Kirkwood og Sterne, **2003**. B.R. Kirkwood og J.A.C. Sterne. *Essential Medical Statistics, 2nd edition*. Blackwell Publishing, 2003.

Kočárková, **2012**. D. Kočárková. *Traffic Conflict Techniques in Czech Republic*. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 53, pp. 1028 – 1033, 2012. SIIV-5th International Congress - Sustainability of Road Infrastructures 2012.

Kraay et al., **2013**. J.H. Kraay, A.R.A van der Horst og S. Oppe. *Manual conflict observation technique DOCTOR. Dutch Objective Conflict Technique for Operation and Research.* Foundation Road safety for all, The Netherlands, 2013.

Kruszyna og Rychlewski, **2013**. M. Kruszyna og J. Rychlewski. *Influence of approaching tram on behaviour of pedestrians in signalised crosswalks in Poland*. Accident Analysis & Prevention, 55, pp. 185–191, 2013.

Lahrmann og Leleur, **1994**. H. Lahrmann og S. Leleur. *Vejtrafik. Trafikteknik og Trafikplanlægnng*. Polyteknisk Forlag, 1994.

Laureshyn, **2010**. A. Laureshyn. *Application of automated video analysis to road user behaviour*. PhD thesis, Lund University, 2010.

Laureshyn og Olszewski, **2016**. A. Laureshyn og P. Olszewski. *Review of current study methods for VRU safety,. Appendix 6 - Scopingreview: Surrogate measures of safety in site-based road traffic observations.* Horizaon 2020 EC Project, InDeV. Hasselt, Belgien: Hasselt University, 2016.

Laureshyn og Várhelyi, **2018**. A. Laureshyn og A. Várhelyi. *The Swedish Traffic Conflict Technique. Observer's manual.* Lund Univerisitet, 2018.

Laureshyn et al., **2017a**. A. Laureshyn, T.D. Ceunynck, C. Karlsson, Å. Svensson og S. Daniels. *In search of the severity dimension of traffic events: Extended Delta-V as a traffic conflict indicator.* Accident Analysis & Prevention, 98, pp. 46 – 56, 2017.

Laureshyn et al., **2017b**. A. Laureshyn, M. de Goede, N. Saunier og A. Fyhri. *Cross-comparison of three surrogate safety methods to diagnose cyclist safety problems at intersections in Norway.* Accident Analysis & Prevention, 105, pp. 11 – 20, 2017.

Lund, **2005**. B.l.C. Lund. *Nedtællingssignal for fodgængere - Gennemførelse af før-efter undersøgelse.* Trafitec, 2005.

Lund Universitet, **2015**. Lund Universitet. *Transport and Roads. Software. T-Analyst.* `http://www.tft.lth.se/en/research/video-analysis/co-operation/software/`, 2015. Set: 12-03-2019.

Madsen og Lahrmann, **2014**. T.K.O. Madsen og H.S. Lahrmann. *Krydsløsninger for cyklister: Anvendelse af konfliktteknik til vurdering af forskellige løsningers sikkerhed.* Aalborg Universitet: Department of Civil Engineering, DCE Technical Reports(179), 2014.

Midttrafik, **2018**. Midttrafik. *40 procent fremgang på letbnestrækning.* `https://www.midttrafik.dk/nyheder/2018/4/40-procents-kundefremgang-pa-letbanestraekning/`, 2018. Set: 30-04-2019.

Midttrafik, **2019**. Midttrafik. *Find din køreplan.* `https://www.midttrafik.dk/koreplaner/`, 2019. Set: 29-04-2019.

Minderhoud og Bovy, **2001**. M.M. Minderhoud og P.H.L. Bovy. *Extended time-to-collision measures for road traffic safety assessment.* Accident Analysis & Prevention, 33(1), pp.89–97, 2001.

Møller, **2014**. M. Møller. *Trafikkulturens mange dimensioner.* Nyhedsbrevet Trafiksikkerhedsforskning, 14(3), 2014.

Nielsen, **1994**. M.A. Nielsen. *Nye evalueringsmetoder, Konfliktteknik og Adfærdsstudier*. Trafiksikkerhed og Miljø, Vejplanområdet notat 3. Vejdirektoratet, 1994.

Nordfjærn et al., **2014**. T. Nordfjærn, Ö. Şimşekoğlu og T. Rundmo. *Culture related to road traffic safety: A comparison of eight countries using two conceptualizations of culture*. Accident Analysis & Prevention, 62, pp. 319 – 328, 2014.

Odense Letbane, **2019**. Odense Letbane. *Status og tidsplan*. `https://www.odenseletbane.dk/om-odense-letbane/status-og-tidsplan/`, 2019. Set: 10-04-2019.

Papadimitriou et al., **2017**. E. Papadimitriou, S. Lassarre og G. Yannis. *Human factors of pedestrian walking and crossing behaviour*. Transportation Research Procedia, 25, pp. 2002–2015, 2017. World Conference on Transport Research - WCTR 2016 Shanghai. 10-15 July 2016.

Polders og Brijs, **2018**. E. Polders og T. Brijs. *How to analyse accident causation? A handbook with focus on vulnerable road users, 2nd edition*. Horizon 2020 EC Project, InDeV. Hasselt, Belgien: Hasselt University, 2018.

Prato et al., **2019**. C.G. Prato, S. Kaplan, A. Patrier og T.K. Rasmussen. *Integrating police reports with geographic information system resources for uncovering patterns of pedestrian crashes in Denmark*. Journal of Transport Geography, 74, pp. 10–23, 2019.

Rosenbloom, **2009**. T. Rosenbloom. *Crossing at a red light: Behaviour of individuals and groups*. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 12 (5), pp. 389–394, 2009.

Rundmo et al., **2012**. T. Rundmo, J. Granskaya og H. Klempe. *Traffic culture as symbol exchange – A cross-country comparison of Russia and Norway*. Safety Science, 50(5), pp. 1261 – 1267, 2012.

Schlabbach, **2010**. K. Schlabbach. *Countdown Signals for Pedestrians in Germany*. ETC Conference Papers, 2010.

Sdun og Hansen, **2017**. M. Sdun og W. Hansen. *Risikoforhold i forbindelse med busstoppesteder*. Artikler fra Trafikdage på Aalborg Universitet, 2017.

Svensson, **1998**. Å. Svensson. *A method for analysing the traffic process in a safety perspektive*. Lund, Sverige: Lund Universitet, 1998.

Svensson og Hydén, 2006. Å. Svensson og C. Hydén. *Estimating the severity of safety related behaviour.* Accident Analysis & Prevention, 38(2), pp. 379 – 385, 2006.

Swarco, 2017a. Swarco. *Trafikteknisk notat: Aarhus Kommune, Letbaneprojekt - Signalanlæg 904 Nørrebrogade-Ringgaden-Randersvej.* Udleveret af Aarhus Kommune d. 05.04.2019, 2017.

Swarco, 2017b. Swarco. *904 Nørrebrogade-Ndr.Ringgade-Randersvej_sikk_det_Sgp_33.xlsx.* Udleveret af Aarhus Kommune d. 05.04.2019, 2017.

Transport- Bygnings- og Boligministeriet, 2018. Transport- Bygnings- og Boligministeriet. *Bekendtgørelse af Færdselsloven. LBK nr 1324 af 21/11/2018.* `https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=204976#id87bf62c2-a211-4218-a21c-dbc517c76c64`, 2018. Set: 21-03-2019.

Troelsen, 2019. J. Troelsen. *Sunde transportformer - hvad er sundhedsgevinsterne?* Åben høring i Transport-, Bygnings- og Boligudvalget d. 27. marts, 2019.

Vejdirektoratet, 2006a. Vejdirektoratet. *Trafiktællinger. Planlægning, udførelse og efterbehandling.* Vejledning, (315), 2006.

Vejdirektoratet, 2006b. Vejdirektoratet. *Indberetning af færdselsuheld.* `http://www.vejdirektoratet.dk/DA/viden_og_data/statistik/ulykkestal/Documents/Kodeark%20vejled%20277A.pdf`, 2006. Downloadet: 20-02-2019.

Vejdirektoratet, 2016. Vejdirektoratet. *Letbaner på strækninger.* Håndbog. Anlæg og planlægning, 2016.

Vejdirektoratet, 2017. Vejdirektoratet. *Indberetning af færdselsuheld.* Rapport nr 580, 2017.

Vejdirektoratet, 2018. Vejdirektoratet. *Projektering af trafiksignaler.* Håndbog. Anlæg og planlægning, 2018.

Vejdirektoratet, 2019a. Vejdirektoratet. *kMastra. Unikort. Nøgletal.* `https://mastra.vd.dk/mastra/nytui/kort/UniKort.html?v=154#0`, 2019. Downloadet: 30-04-2019.

Vejdirektoratet, 2019b. Vejdirektoratet. *Grundrapporter fra Vejman.* `http://vejman.vd.dk/update/mui/index.jsp?`, 2019. Downloadet: 01-05-2019.

Vejdirektoratet, **2019c**. Vejdirektoratet. *Uheldsudtræk fra Vejman.* http://vejman.vd.dk/query/default.do?Parent=3&Item=100, 2019. Downloadet: 07-03-2019.

Várhelyi, **1998**. A. Várhelyi. *Drivers' speed behaviour at a zebra crossing: a case study.* Accident Analysis & Prevention, 30(6), pp. 731 – 743, 1998.

Øhlenschlæger et al., **2018**. R. Øhlenschlæger, C. Tønning, C.S. Andersen, T.K. Osmann, H.S. Larhmann og N.S. Agerholm. *Red light crossing, crossing time and attitudes to crossing with intelligent green light for pedestrians.* Transactions on Transport Sciences, 9(1), pp. 33 – 40, 2018.

Aalborg Universitet, **2019**. Aalborg Universitet. *Wiki. Road User Behaviour Analysis - RUBA.* https://bitbucket.org/aauvap/ruba/wiki/Home, 2019. Set: 21-05-2019.

Aarhus Kommune, **2018**. Aarhus Kommune. *Mobilitetsplan - Aarhus Midtby*, 2018.

Aarhus Kommune, **2019a**. Aarhus Kommune. *Befolkning i Aarhus.* https://ledelsesinformation.aarhuskommune.dk/aarhus-i-tal/default.aspx?doc=vfs://Global/Oversigt-befolkning.xview, 2019. Set: 30-04-2019.

Aarhus Kommune, **2019b**. Aarhus Kommune. *GIS-kort over Aarhus Kommune.* https://webkort.aarhuskommune.dk/spatialmap, 2019. Set: 30-04-2019.

Aarhus Kommune, **2019c**. Aarhus Kommune. *Kollektiv trafik.* https://aarhus.dk/borger/trafik-og-parkering/trafik/kollektiv-trafik/#2, 2019. Set: 29-04-2019.

Aarhus Kommune, **2019d**. Aarhus Kommune. *Mobilitet og Forbundethed i Aarhus.* https://ledelsesinformation.aarhuskommune.dk/aarhus-i-tal/default.aspx?doc=vfs://Global/Oversigt-Mobilitet.og.forbundethed.xview, 2019. Set: 30-04-2019.

Aarhus Letbane, **2018**. Aarhus Letbane. *Hvor ofte kører letbanen?* https://www.letbanen.dk/faq/hvor-ofte-koerer-letbanen/, 2018. Set: 30-04-2019.

Aarhus Letbane, **2019a**. Aarhus Letbane. *Åbning. Letbanen åbner for passagerdrift til Grenaa 30.april.* https://www.letbanen.dk/nyheder/nyheder/2019/grenaa-driftsstart/, 2019. Set: 30-04-2019.

Aarhus Letbane, **2019b**. Aarhus Letbane. *Odderbanen*. https://www.letbanen.dk/anlaeg/afsluttede-projekter/odderbanen/, 2019. Set: 30-04-2019.

Aarhus Letbane, **2019c**. Aarhus Letbane. *Om Letbanen*. https://www.letbanen.dk/om-letbanen/, 2019. Downloadet: 30-04-2019.

Aarhus Letbane, **2019d**. Aarhus Letbane. *Igangværende projekter*. https://www.letbanen.dk/anlaeg/igangvaerende-projekter/indre-straekning/, 2019. Set: 10-04-2019.

Aarhus Letbane, **2019e**. Aarhus Letbane. *Planlægning af nye etaper*. https://www.letbanen.dk/udbygning/planlaegning-af-nye-etaper/, 2019. Set: 10-04-2019.

Aarhus Letbane, **2019f**. Aarhus Letbane. *Aarhus Letbane åbner torsdag den 21. december*. https://www.letbanen.dk/nyheder/nyheder/2017/letbanen-aabner-21dec/, 2019. Set: 30-04-2019.

Aarhus Letbane I/S, **2019**. Aarhus Letbane I/S. *Bilag: Ulykker med Letbanen; juni 2017 - januar 2019*. TRU Alm.del - endeligt svar på spørgsmål 321 fra Transport-, Bygnings- og Boligministeriet, 2019.

A Oversigt over elektroniske appendiks

Oversigt over vedhæftede elektroniske appendiks:

A.1

`A1-Adfaerd_FF_1.xlsx`
Rådata af alle fodgængerregistreringer på fodgængerfelt 1 samt beregninger af adfærdsparametre benyttet i rapporten. Statistiske beregninger for fodgængerfelt 1 fremgår også af bilaget.

A.2

`A2-Adfaerd_FF_2.xlsx`
Rådata af alle fodgængerregistreringer på fodgængerfelt 2 samt beregninger af adfærdsparametre benyttet i rapporten. Statistiske beregninger for fodgængerfelt 2 fremgår også af bilaget.

A.3

`A3-Adfaerd_Faelles_analyser.xlsx`
Statistiske teste om korrelationen mellem fodgængerfelterne i forbindelse med undersøgte adfærdsparametre.

A.4

`A4-Konkflikter.xlsx`
Analyse af de mulige konflikter samt beskrivelse af konflikterne og de potentielle konflikter. Herudover statistisk test i form af relativ risiko på rødgængere og grøngængere.

B Parametre og forudsætninger for uheldsudtræk

Nedenstående viser, hvilke parametre og forudsætninger, der har været benyttet, i forbindelse med uheldsudtrækket fra vejman.dk [Vejdirektoratet, 2019c]. Søgningsmetoden på vejman.dk er "Avanceret søgning". Udtrækkene er efterfølgende gennemgået for fejl i forhold til, om uheldet er sket i et signalreguleret kryds. Dette er gjort på baggrund af uheldstekst og vigepligtsforhold.

Valgte parametre i vejman:

- Uhelds_Id
- Uheldsdato
- Vigepligt
- Uheldsart
- Uheldstekst
- Uheldssituation
- Personskade
- Manøvre
- Kryds_uheld
- Kryds_signalregulering
- Kryds_antal_ben
- Fodgænger
- Elementart1
- Elementart2
- Elementart3

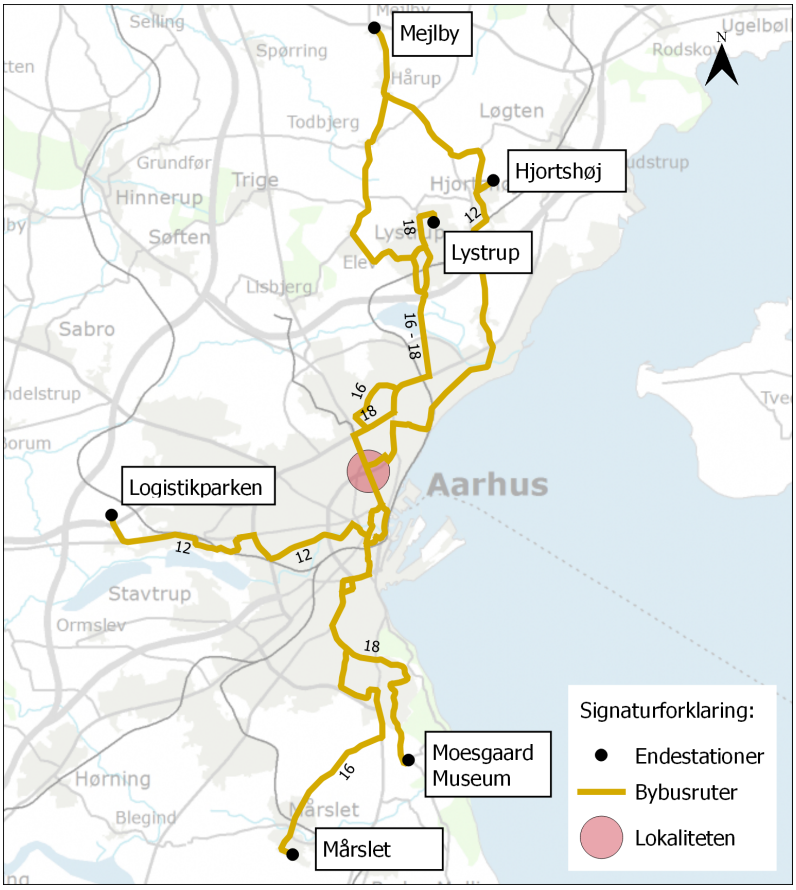
Valgte forudsætninger i vejman:

Elementart = 'Fodg.' OG Byzone = 'By' OG Uheldsdato > '31-12-207'

C Busser på projektlokaliteten

C.1 Bybusser

Ruter og endestationer for bybusser med stop i Nobelkrydset er vist på figur C.1. Frekvensen for bybuslinjer samt tidsrum, hvor bybusserne standser på lokaliteten, er beskrevet i tabel C.1.



Figur C.1: Ruter og endestationer for bybusser, der standser på lokaliteten.

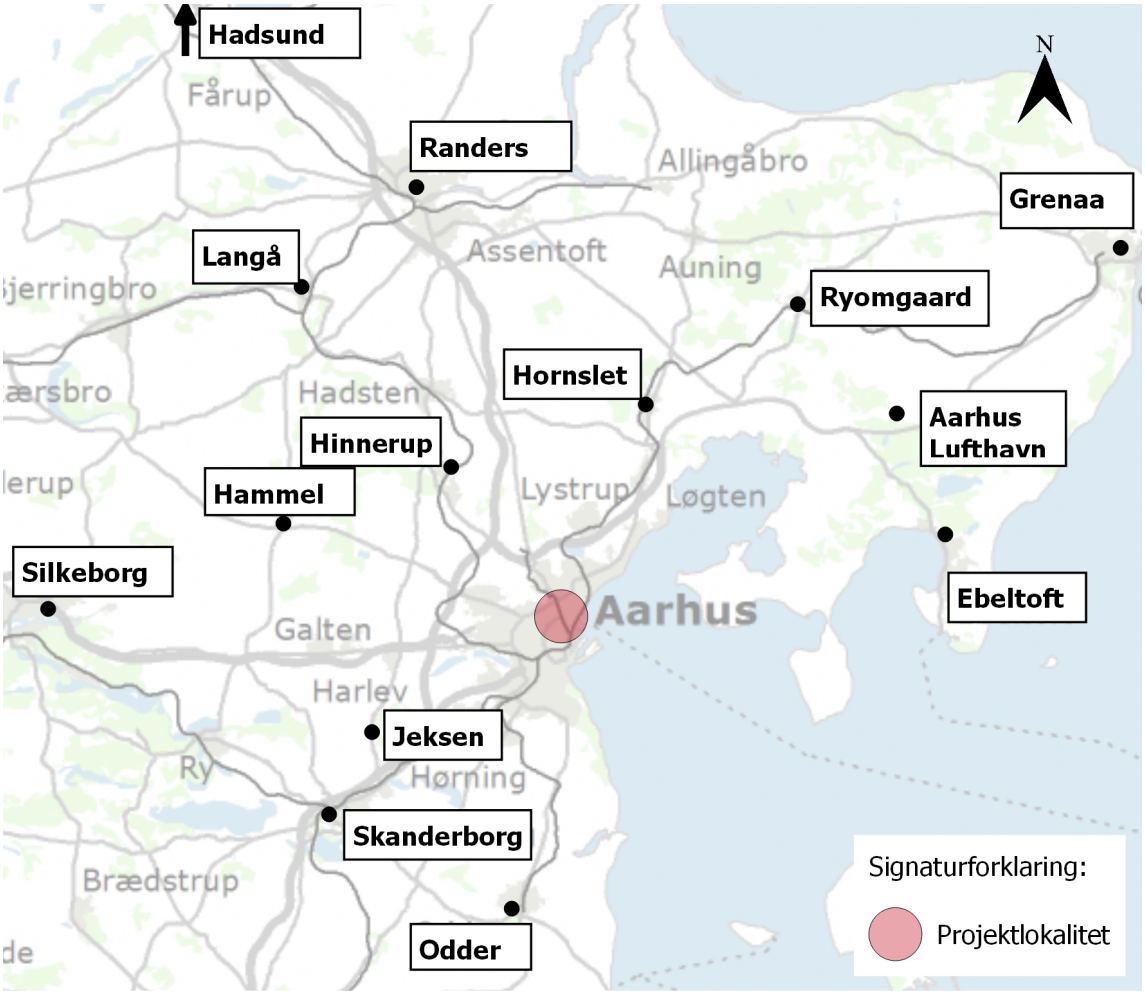
Tabel C.1: Tidsrum for stop på lokaliteten og frekvens for bybusser.

			Frekvens fordelt på tidsrum på døgn. [afg./t]					
Linje	Linjeføring	Tidsrum	05-07	07-09	09-13	13-15	15-17	17-01
12	Logistik-parken ⇌ Hjortshøj	Hverdage: 05:51 - 0:33	1-2	2	2	2	2	1
		Lørdage: 6:33 - 0:35	1	1	2	2	1-2	1
		Søndage: 6:33 - 0:35	1	1	1	1	1	1
16	Mårslet ⇌ Elev	Hverdage: 5:39 - 0:04	1-2	2-3	2	2	2	1
		Lørdage: 6:31 - 0:04	1	1-2	1-2	2	2	1
		Søndag: 6:04 - 0:04	1	1	1	1	1	1
18	Lystrup ⇌ Moesgaard Museum	Hverdage: 5:22 - 0:32	3	3	3	3	3	1-2
		Lørdage 6:32 - 0:32	1	1	1-2	2	2	1-2
		Søndage: 6:32 - 0:32	1	1	1-2	2	2	1-2

Buslinje 12 og 16 har en forgrening til Mejlby, og ca. hveranden afgang kører dertil.

C.2 Regionalbusser

På figur C.2 er vist placeringen af de omkringliggende byer, som regionalbusser, der standser på projektlokaliteten, kører til. Frekvensen og tidsrum for regionalbusserne er opdelt ud fra hyppigheden af frekvensen. På tabel C.2 er regionalbusser med højst frekvens beskrevet, og på henholdvis tabel C.3 og C.4 er regionalbusser med mellem og lavest frekvens beskrevet.



Figur C.2: Byer med endestation for regionalbusser, der har et stop på projektlokaliteten.

C.2.1 Regionalbusser med højst frekvens på lokaliteten

Tabel C.2: Beskrivelse af tidsrum og frekvens for regionalbuslinje 100 og 200 for afgange på lokaliteten.

			Frekvens fordelt på tidsrum på døgn. [afg./t]					
Linje	Linjeføring	Tidsrum	05-07	07-09	09-13	13-15	15-17	17-01
100	Odder → Hornslet	Hverdage: 5:45 - 23:42	3	3-4	3	5-6	6	1-3
		Lørdage: 7:33 - 0:08	1	1	1	1	1	1
		Søndage: 7:29 - 23:59	1	1	1	1	1	1
100	Hornslet → Odder	Hverdage: 5:22 - 22:59	3	5	3	3	3	1-3
		Lørdage og søndage: 6:48 - 23:35	1	1	1	1	1	1-2
200	Skanderborg → Hinnerup / Hammel	Hverdage: 5:28-23:49	2	2-4	3-4	2-4	4-6	1-4
		Lørdage: 6:28 - 00:27	2	2	2	2	2	1-2
		Søndage: 6:28 - 00:24	1	1	1	1	1	1
200	Hinnerup / Hammel → Skanderborg	Hverdage: 5:37 - 23:23	3	4-6	3	3	3	1-3
		Lørdage: 6:44 - 0:08	2	2	2	2	2	1-2
		Søndage: 6:44 - 0:08	1	1	1	1	1	1

Regionalbuslinje 100 og 200 kører også om natten efter fredage og lørdage. Bus 100 kører en afgang/time i tidsrummet 0:43 til 4.16 for begge nætter. Bus 200 standser tre gange kl. 1:12, 2:42 og 4:22 mod Hadsten begge nætter, og to gange kl. 0:42 og 2:12 mod Skanderborg.

C.2.2 Regionalbusser med mellem frekvens på lokaliteten

Tabel C.3: Beskrivelse af regionalbuslinjer der standser på lokaliteten. Fodnoter kan ses på næste side.

			Frekvens fordelt på tidsrum på døgn. [afg./t]				
Linje	Linjeføring	Tidsrum	05-07	07-09	09-15	15-17	17-01
117	Langå ⇌	Hverdage: 5:41-22:18.	1	2	1-2	2	1-2
	Aarhus	Lørdag: 8:18-19:03.	-	-	1 [1]	1 [1]	1 [1]
	Rutebilstation	Søndag: 11:18-20:03.	-	1		0,5	0,5
118	Randers ⇌	Hverdage: 5:20-23:46	1-3[2]	1-2[2]	1-2	1[2]	1[2]
	Aarhus	Lørdage og søndage:	1	1	1	1	1
	Rutebilstation	6:34-23:36					
120	Grenaa ⇌	Hverdage: 06:20-23:46	1	1	1[3]	1	1[3]
	Aarhus	Lørdage: 7:35-20:03	-	0,5	0,5	0,5	0,5
	Rutebilstation	Søndage: 09:35-21:35	-	-	0,5	0,5	0,5
121	Ryomgård	Hverdage: 6:46-23:36	1[4]	1	1[4]	1	0,5-1
	⇌ Aarhus	Lørdage: 6:19-19:03	1[5]	0,5[5]	0,5	0,5	0,5
	Rutebilstation	Søndage: 8:36-21:03		0,5	0,5	0,5	0,5
122	Grenaa ⇌	Hverdage: 6:35-22:33	1[6]	1[6]	1[6]	1	1[6]
	Aarhus	Lørdage: 18:43-22:33	-	-	-	-	0,5
	Rutebilstation	Søndage 7:05-22:33	-	0,5	-	-	0,5[7]
123	Ebeltoft ⇌	Hverdage: 5:28-23:33	1[8]	1-3	1	1	0,5-1
	Aarhus	Lørdage: 7:05-00:05	-	1	1	1	0,5-1
	Rutebilstation	Søndage: 8:05-23:33	-	1	1[9]	1	0,5-1
918X	Aarhus Ru-	Hverdage: 6:39-19:39	3	3-4	1-3	3-4	1-2
	tebilstation	Lørdage: 10:09-17:09[10]	-	-	-	-	-
	⇌ Hadsund	Søndage: 13:09-17:09[10]	-	-	-	-	-

C.2.3 Regionalbusser med lavest frekvens på lokaliteten

Tabel C.4: Beskrivelse af tidsrum og frekvens for regioinalbuslinje 109, 913X og 925X for standsning på lokaliteten.

Buslinje	Linjeføring	Bemærkning
109	Jeksen - Aarhus Universitet[11]	Ankommer tre gange i tidsrummet 7:34 - 8:19 kun på hverdage, hvor to af afgangene ikke kører i ferieperioder.
913X	Silkeborg - Aaarhus Universitetshospital[11]	Ankommer én gang i døgnet kl. 7:05 på lokaliteten.
925X	Aarhus C - Aarhus Lufthavn	Ingen køreplan. Køretider følger flyafgange.

C.3 Letbane

Tabel C.5: Tidsrum med forskellige frekvens samt tidsrum med stop på lokaliteten for letbanen .

Retning	Tidsrum	Tidsrum fordelt på frekvens [afg./t]			
		4	5	6	7-8
Odder → Lisbjergskolen	Hverdage: 4:44-00:29	kl. 4-6, kl. 19-01	kl. 18-19	kl. 6-7, kl. 9-15, kl. 16-18	kl. 7-9, kl. 15-16
	Lørdage og søndage: kl. 5:29-0:29	kl. 5-9, kl. 17-01, hele søndag	kl. 16-17	kl. 9-16	
Lisbjergskolen → Odder	Hverdage: kl. 5:20-1:05	kl. 5-6, kl. 19-20	kl. 6-7	kl. 9-19	kl. 7-9
	Lørdage og søndage: kl. 6:05-1:05	kl. 6-9, kl. 17-01, Hele søndag	kl. 9-10	kl. 10-17	

[1]Bussen kører ikke i tidsrummet 11-12, 15-16, 17-19.

[2]I retningen mod Randers kører buslinjen ikke i tidsrummet: 6-8, 13-14, 19-20 og 22-23.

[3]I retningen mod Grenaa kører buslinjen ikke i tidsrummet: 9-10, 11-12, 19-20 og 21-22. I retningen mod Aarhus kører buslinjen ikke i tidsrummet: 10-11, 18-19 og 20-21.

[4]I retningen mod Ryomgaard kører buslinjen ikke i tidsrummet: 10-11.

[5]Gælder ikke i retningen mod Ryomgaard

[6]I retningen mod Grenaa kører buslinjen ikke i tidsrummet: 12-13, 17-18, 20-21 og 22-23. I retningen mod Aarhus kører buslinjen ikke i tidsrummet: 07-08, 09-11, 18-20 og 21-22.

[7]Buslinjen kører ikke i tidsrummet 17-20 i retningen mod Aarhus.

[8]Buslinjen kører ikke i tidsrummet 9-10 mod Ebeltoft.

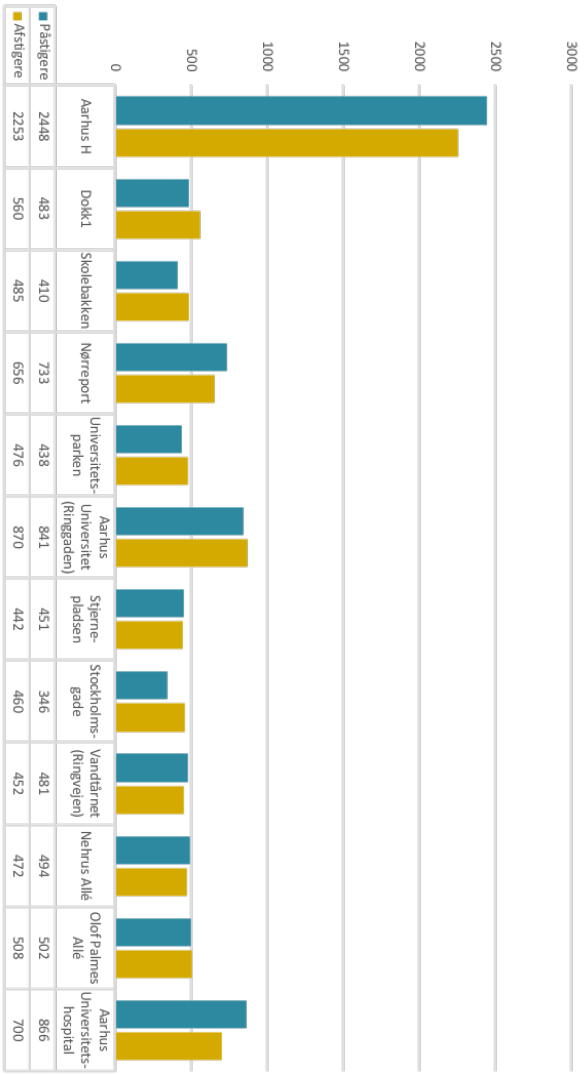
[9]Buslinjen kører ikke i tidsrummet 9-10 mod Aarhus.

[10]Buslinjen kører 3 gange i hver retning om lørdagen og 2 gange i hver retning om søndagen.

[11]Kører kun i den beskrevne retning

D Letbanepassagertælling

Figur D.1 viser en passagertælling på letbanelinjen L2 i Aarhus foretaget af Midttrafik den 11. april 2018. Figuren viser det samlede antal på den talte dag i begge retninger. Passagertællingen er udleveret af Midttrafik.



Figur D.1: Antal passagerer som benyttede letbanen den 11. april 2018.

E Uheld på projektlokaliteten

Tabel E.1: Oversigt og færdselsuheld i Nobelkrydset i perioden 01.01.2014 - 01.05.2019. Informationer hentet fra Vejdirektoratet [2019b]

Nr.	Dato	Uhelds-situation	Uheldsart	Person-skade	Part 1	Part 2	Part 3
1	18.02.2014	140	Materielskadeuheld		Pbil	Pbil	Pbil
2	20.10.2014	520	Materielskadeuheld		L_Udr	Pbil	
3	10.12.2014	152	Ekstrauheld		Pbil	Rbus	Pbil
4	26.06.2015	410	Materielskadeuheld		Pbil	Pbil	
5	13.10.2015	311	Ekstrauheld		Pbil	Pbil	Pbil
6	08.05.2016	313	Ekstrauheld		Pbil	Pbil	
7	26.08.2016	140	Materielskadeuheld		Pbil	Pbil	
8	29.08.2017	312	Personskadeuheld	Dræbt	Sætv	Cykl	
9	07.07.2018	312	Ekstrauheld		Cykl	Pbil	
10	10.08.2018	410	Materielskadeuheld		Pbil	Pbil	
11	22.11.2018	871	Personskadeuheld	Let	Letbane	Fodg	

Forkortelser til tabel E.1:

Pbil: Personbil
L_Udr: Lægeambulance med udrykning
Rbus: Rutebus
Sætv: Sættevognstog
Cykl: Cykel
Fodg: Fodgænger

F Styrediagram

Nedstående giver en forklaring af forkortelserne for de trafikstrømmene vist i styrediagrammet på efterfølgende side.

Fodgængere

Krydsende fodgængere mellem Nørrebrogade og Randersvej:

af	Krydsning af kørespor i østgående retning på Nordre Ringgade V.
ag	Krydsning af kørespor i vestgående retning på Nordre Ringgade V.
ah	Krydsning af kørespor i østgående retning på Nordre Ringgade Ø.
ai	Krydsning af kørespor i vestgående retning på Nordre Ringgade Ø.

Krydsende fodgængere mellem Nordre Ringgade Ø og Nordre Ringgade V::

bf	Krydsning af højresvingsspor på Randersvej.
bg	Krydsning af ligeudspor på Randersvej.
bh	Krydsning af venstresvingsspor og letbanetracé på Randersvej.
bi	Krydsning af kørespor i nordgående retning på Randersvej.
bj	Krydsning af kørespor i sydgående retning på Nørrebrogade.
bk	Krydsning af letbanetracé og venstresvingsspor på Nørrebrogade.
bl	Krydsning af ligeud- og højresvingsspor på Nørrebrogade.

Letbane, biler og cyklister

Nørrebrogade:

L1	Letbane i nordgående retning.
A1V	Seperatreguleret venstresving.
A1L	Ligeududspor.
A1H	Seperatreguleret højresving.
A1Cy	Cykler.

Randersvej:

L2	Letbane i sydgående retning.
A2V	Seperatreguleret venstresving.
A2L	Ligeududspor.
A2H	Seperatreguleret højresving.

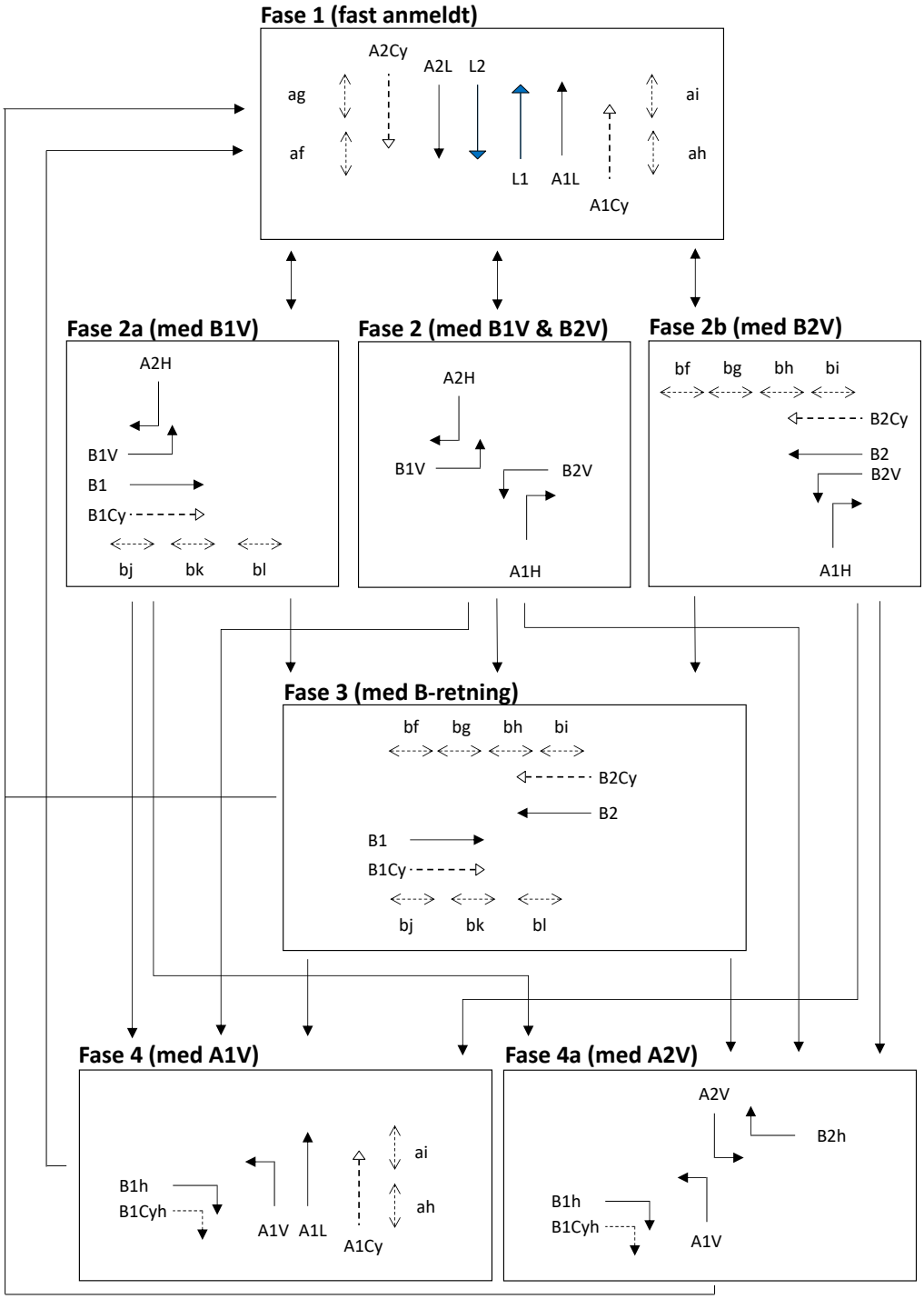
A2Cy	Cykler.

Nordre Ringgade V:

B1V	Seperatreguleret venstresving.
B1	Ligeudspor.
B1h	1-lys pilsignal for højresving.
B1Cy	Cykler.
B1Cyh	1-lys pilsignal for højresvingende cykler.

Nordre Ringgade Ø:

B2V	Seperatreguleret venstresving.
B2	Ligeudspor.
B2Cy	Cykler.
B2h	1-lys pisignal for højresving.



Figur F.1: Styrediagram optegnet efter materiale [Swarco, 2017b] udleveret af Aarhus Kommune.

G Oversigt over undersøgelser anvendt i afsnit 3.1

Efterfølgende tabeller viser en oversigt over de adfærdsstudier, som er beskrevet i litteraturtudiet om fodgængeradfærd i afsnit 3.1. Undersøgelserne er fordelt på to skemaer og er listet alfabetisk efter forfatternavne. I skemaet findes oplysninger om:

1. forfatternavne
2. nationaliteten på trafikanterne undersøgt i pågældende adfærdsstudie.
3. hvor mange trafikanter, der er observeret i adfærdsstudiet. Oplyses ved undersøgelser, hvor der er lavet observationer i marken.
4. hvor mange trafikanter, der er har svaret på spørgsmål. Oplyses ved undersøgelser hvor der enten er lavet spørgeskemaundersøgelse eller fokusgruppeinteview. Antallet er en stikprøve blandt de observerede trafikanter i undersøgelser, hvor observationer også er foretaget.
5. hvor mange trafikanter, der har været involveret i uheld samt længden af uheldsperioden. Oplyses ved undersøgelser, hvor der er lavet uheldsanalyse. Uheldene inkluderer ikke de observerede trafikanter i undersøgelser, hvor observationer også er foretaget.
6. Oplysninger om, hvad formålet med adfærdsstudiet har været. Her fremgår det blandt andet, om der udelukkende er undersøgt fodgængeradfærd i signalregulerede kryds, eller om adfærdsstudiet dækker en mere generel adfærd.

Da ikke alle adfærdsstudier udelukkende omhandler fodgængere, er der med bogstav angivet, hvilken trafikanttype, der er observeret, adspurgt eller involveret i uheldene. Dette er angivet som følger:

f: fodgængere
c: cyklister
b: bilister
r: fodgængere, som krydser for rødt (rødgængere)

Tabel G.1: Oversigt over studier anvendt i afsnit 3.1. Tabel 1 af 2.

.

Forfatter(e) [årstal]	Nationalitet	Antal observerede trafikanter	Antal adspurgte trafikanter	Antal uheld (uheldsperiode)	Undersøgelsesområde (til brug i litteraturstudiet)
Brosseau et al. [2013]	Canada	2.518 f			Fodgængere i signalregulerede og ikke signalregulerede kryds
Castanier et al. [2012]	Frankrig		973* f,c,b		Risikoopfattelse i forbindelse med letbane-/sporvognsuheld
Diependaele [2018]	Belgien	69.211 f			Fodgængere i signalregulerede kryds
Dommes et al. [2015]	Frankrig	422 f	422* f		Fodgængere i signalregulerede kryds
Faria et al. [2010]	England	365 f			Fodgængere i signalregulerede kryds
Gårder [1989]	Sverige	1.728 f	450* r		Fodgængere i signalregulerede kryds
Havarikommissionen for vejtrafikulykker [2013]	Danmark			16 f (ukendt)	Dybdeanalyse af uheld i forbindelse med krydsning af vejen
Jørgensen [2007]	Danmark	ukendt b	200* b + 13** b		Trafikkultur blandt danske bilister
King et al. [2009]	Australien	62.224 f		77 f (11 år)	Uheldsrisiko for ulovligt krydsende fodgængere i signalregulerede kryds
Kruszyna og Rychlewski [2013]	Polen	8.502 f			Fodgængere i signalregulerede kryds

Tabel G.2: Oversigt over studier anvendt i afsnit 3.1. Tabel 2 af 2.

Forfatter [årstal]	Nationalitet	Antal observerede trafikanter	Antal adspurgte trafikanter	Antal uheld (uheldsperiode)	Undersøgelsesområde (til brug i litteraturstudiet)
Nordfjærn et al. [2014]	Rusland, Norge, Indien, Ghana, Tanzania, Uganda, Tyrkiet og Iran		2.418* b		Sammenhæng mellem landets generelle kultur og bilisternes trafikkultur
Papadimitriou et al. [2017]	Grækenland		75* f		Fodgængere i bymiljø
Rosenbloom [2009]	Israel	1.392 f			Fodgængere i signalregulerede kryds
Rundmo et al. [2012]	Rusland og Norge		546* b		Sammenhæng mellem landets generelle kultur og bilisternes trafikkultur
Schlabbach [2010]	Tyskland	71.000 f	750* f		Fodgængeradfærd i signalregulerede kryds med og uden nedtællingssignal
Sdun og Hansen [2017]	Danmark	1.600 f		ukendt (5 år)	Fodgængeradfærd i forbindelse med stoppesteder
Øhlenschlæger et al. [2018]	Danmark	2.871 f	125		Før- og efter studie af fodgængere i signalreguleret kryds med intelligent signalstyring af grønt for fodgængerne

* Antal respondenter i spørgeskemaundersøgelse
** Antal trafikanter i fokusgruppeinterview

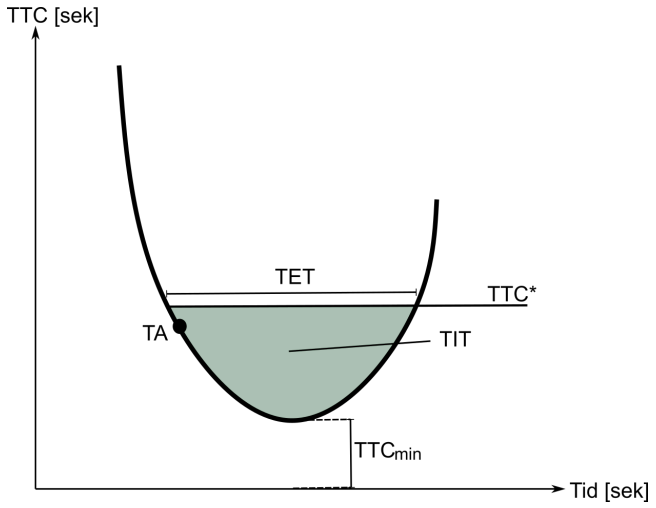
H Konfliktteknik

Dette appendiks består af to afsnit. I afsnit H.1 beskrives nogle indikatorer, som er undersøgt for relevans i projektet. Andre indikatorer er også blevet beskrevet i afsnit 3.2 og den anvendte metode er beskrevet i afsnit 4.3.3. I afsnit H.2 beskrives kort nogle udvalgte trafikkonfliktteknikker.

H.1 Konfliktindikatorer

I dette afsnit beskrives indikatorerne Time Exposed TTC (TET), Time Integrated TTC (TIT), Pestrian Risk Index, Time-to-Zebra (TTZ), Gap-time (GT) og Deceleration-to-Safety (DST).

H.1.1 Time Exposed TTC og Time Integrated TTC



Figur H.1: TTC-kurve med trafikindikatorerne TIT, TET, TA og TCC_{min}. [Laureshyn, 2010]

Minderhoud og Bovy [2001] foreslog to indikatorer baseret på TTC til at beskrive den kritiske periode i samspillet mellem trafikanterne: Time Exposed TTC (TET) og Time Integrated TTC (TIT). Begge indikatorer er illustreret på figur H.1. TET er den tidsperiode, hvor TTC er under en specifik grænseværdi, kaldet TTC*. TIT er arealet mellem grænseværdien TTC* og TTC-kurven, og definerer en konflikt ved en kombination

af TET og TTC_{min}. To situationer med forskellige hændelsesforløb kan have den samme værdi af TIT. For eksempel kan den ene situation have en kort kritisk periode, hvor trafikanterne er tæt på at kollidere, hermed både lave TTC_{min} og TET-værdier. Den anden situation kan have en længere kritisk periode, hvor trafikanterne ikke er tætte på at kollidere. Her er TET-værdien relativ stor og TTC_{min}-værdi lige under grænseværdien. [Laureshyn, 2010]. Begge indikatorer er undersøgt, da TA og TTC_{min} er værdier, der beskriver specifikke tidspunkter i en kontinuerlig proces. Dette kan give problemer med at beskrive hændelsesforløbet, som beskrevet i afsnit 3.2.1.

H.1.2 Time-to-Zebra

Indikatorerne Time-to-Zebra (TTZ) er udviklet med henblik på trafikkonflikter med fodgængere. TTZ er en modificeret version af TTC med fokus på fritliggende ikke-signalregulerede fodgængerovergange. Indikatoren beskriver tiden det tager for motorkøretøjet at nå fodgængerovergangen [Várhelyi, 1998].

H.1.3 Pedestrian Risk Index

Pedestrian Risk Index (PRI) forbinder kollisionsriskoen, mellem fodgængere og køretøjer, og alvorlighedsgraden af de potentielle konsekvenser, beskrevet ved formel H.1. [Cafiso et al., 2011].

$$PRI = \sum TTZ_D \cdot (V^2_{impact_i} \cdot \Delta T_i) \tag{H.1}$$

V_{impact}	Potentielle konsekvenser. Vurderet ud fra antagelser om førerens reaktionstid og køretøjets bremseevne.
ΔT	Kollisionsrisikoen. Bestemt ved tidsforskellen mellem køretøjets nødvendige tid for at stoppe og TTZ.
TTZ_D	Den potentielle konfliktperiode.

H.1.4 Gap-time

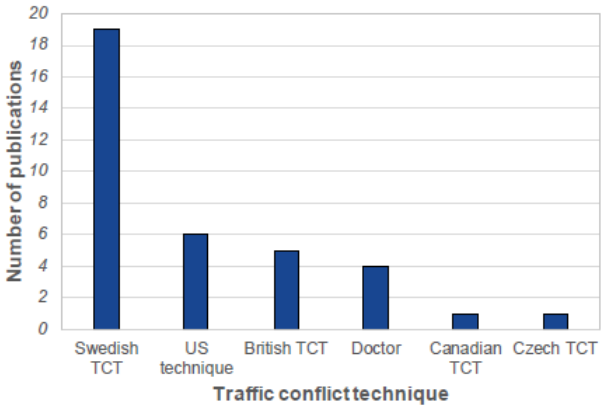
Gap Time (GT) blev i 1978 introduceret af Allen et al. [1978]. GT beskriver tiden mellem trafikanterne indtræder i en konfliktzone, målt fra forenden på trafikant 1 til forenden på trafikant 2.

H.1.5 Deceleration-to-Safety

Deceleration-to-Safety (DST) er kontinuerlig, og beskriver den minimalt nødvendige deceleration for at undgå en kollision, så kursen ændres fra kollisionskurs til en kurs som beskrevet ved PET. En problematik ved indikatorer baseret på deceleration er, at de ofte er baseret på motorkøretøjets bremseevne og ikke bløde trafikanters. [Laureshyn og Olszewski, 2016].

H.2 Trafikkonflikteknikker

Som beskrevet i afsnit 3.2.3 er trafikkonflikttekikker, som tidligere er anvendt i studier med bløde trafikanter: den amerikanske, britiske, den canadiske, hollandske, svenske og den tjekkiske. Alle med undtagelse af den tjekkiske trafikkonfliktteknik blev introduceret i 1960'erne til 1980'erne. Den tjekkiske blev introduceret i 2012. Andre trafikkonflikttekniker fra Australien, Frankrig, Finland, Tyskland og Belgien er også introtroduceret igennem tiden. [Polders og Brijs, 2018]. På figur H.2 vises en fordeling af anvendelsen af de forskellige trafikkonflikttekniker fra det tidligere nævnte litteraturstudie.



Figur H.2: Anvendelse af de forskellige trafikkonflikttekniker i studier med bløde trafikanter [Laureshyn og Olszewski, 2016]

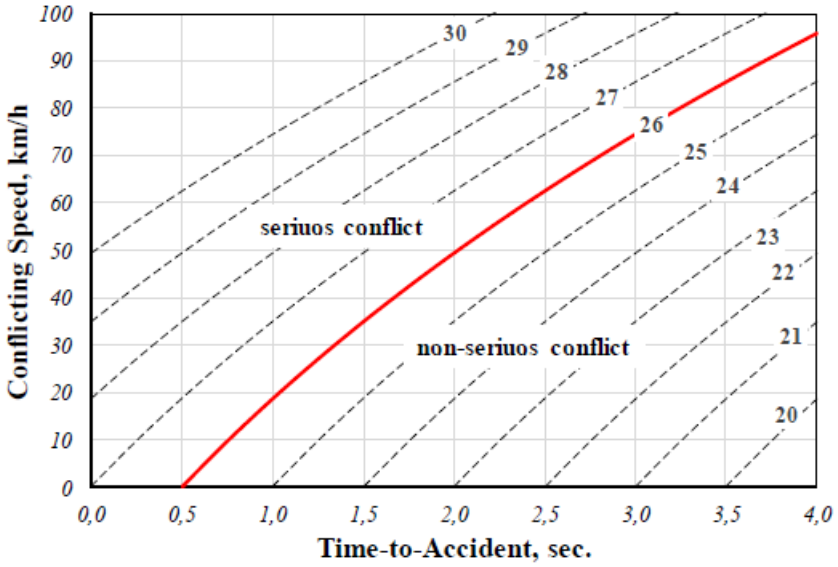
En kort beskrivelse af de seks forskellige trafikkonflikttekniker er beskrevet i de følgende afsnit.

H.2.1 Den amerikanske trafikkonfliktteknik

Trafikkonfliktteknikken identificerer konflikter ud fra forekomsten af undvigelsesmanøvrerne: bremsning og flettemanøvrer. I en version fra 1989 blev konflikterne klassificeret ud fra: konflikt ved ensretning, konflikt med venstresving, konflikt med højresving på rød, konflikt med fodgængere samt sekundære konflikter. I teknikken differentieres ikke mellem alvorlige og mindre alvorlige konflikter. I modificerede versioner fra 2011 benyttes forskellige antal og beskrivelser af typerne af konflikter. [Laureshyn og Olszewski, 2016; Johnsson et al., 2018]

H.2.2 Den svenske trafikkonfliktteknik

Den svenske trafikkonfliktteknik blev introduceret i 1976 og siden er forskellige modificeringer blevet foreslået flere gange. Alvorlighedsgraden af mødet er beregnet ud fra to variabler TA og Conflicting Speed (CS). CS er hastigheden af et køretøj før undvigelsesmanøvren foretages. TA er beskrevet i afsnit 3.2.1. Indtil 1982 var grænseværdien for TA $\leq$ 1,5 sekunder. Den modificerede version i 1982 forslog i stedet, at alvorlighedsgraden af mødet skulle tage højde for hastigheden, beskrevet med grafen på figur H.3. Grafen blev baseret på den maksimale bremsning af et køretøj på let fugtig asfalt. Denne version er stadig den mest anvendte i dag, selvom flere undersøgelser har foreslået modifikationer. [Laureshyn og Olszewski, 2016]



Figur H.3: Konflikt alvorlighedsdiagram. [Laureshyn og Várhelyi, 2018]

Der var flere begrundelser for modifikationer af teknikken, men især i forhold til bløde trafikanter, da grundlaget for kurven var baseret på motorkøretøjer. Den bløde trafikant vil oftest være den relevante trafikant, og den som foretager en undvigelsesmanøvre. Dette betyder at konflikten bliver vurderet med en lavere alvorlighedsgrad, da den bløde trafikant vil have en lav hastighed, hvormed Conflict Speed (CS) vil blive lavere. [Laureshyn og Várhelyi, 2018]. I 1998 blev det foreslået på baggrund af en undersøgelse af kurven mellem alvorlige og ikke-alvorlige konflikter skulle rykkes én til to niveauer ned (25 til 24, se figur H.3). I en undersøgelse [Laureshyn og Olszewski, 2016] fra 2000 var formålet at forbedre STCT til konflikter mellem motorkøretøjer og fodgængere. I undersøgelsen blev det foreslået, at definitionen af alvorlige konflikter i henholdsvis signalreguleret og ikke-signalreguleret kryds kunne være:

- Ikke-signalreguleret kryds: Den relevante trafikant defineres ud fra den nuværende definition, hvor trafikanter, der foretager undvigelsesmanøvren, definere alvorlighedsgraden af konflikten. Grænseværdien defineres ved at kurven starter i 0,25 sekunder.
- Signalreguleret kryds: Den relevante trafikant skulle være den trafikant, som giver den alvorligste konflikt ud fra hastigheden og TA-værdi, uanset hvem der foretager undvigelsesmanøvren. Grænseværdien defineres ved at kurven starter i 0,25 sekunder.

H.2.3 Den britiske trafikkonfliktteknik

Den britiske trafikonfliktteknik opdeler alvorlighedsgraden af mødet mellem trafikanterne i fem alvorlighedsgrader:

1. Kontrolleret bremsning eller vognbaneskift for at undgå kollision med god tid til at udføre manøvren.
2. Bremsning eller vognbaneskift for at undgå kollision med mindre tid til at udføre manøvren eller en mere kompleks undvigelsesmanøvre.
3. Hurtig deceleration, vognbaneskift eller opbremsning for at undgå en kollision med ingen tid til at lave en kontrolleret konstant manøvre.
4. Nødopbremning eller voldsom svingmanøvre for at undgå kollisionen, hvilket resulterer i en alvorlig trafikonflikt eller en mindre kollision.
5. Voldsom undvigelsesmanøvre der resulterer i en kollision.

Klassificering af hændelser baseres på fire mål for alvorlighedgraden: TA-værdier, alvorlighedsgraden og type af undvigelsesmanøvren og afstanden mellem involverede trafikanter, når undvigelsesmanøvren stopper. [Laureshyn og Olszewski, 2016]

H.2.4 Den canadiske trafikkonfliktteknik

Den canadiske trafikkonfliktteknik kategoriserer alvorlighedsgraden af mødet ud fra fire niveauer, som baseres på følgende:

- Trafikindikatoren TTC_{min}
- En subjektiv komponent kaldet risiko for kollision (ROC)
- Undvigelsesmanøvrerne: Bremsning, svingmanøvre, acceleration samt en kombination.
- Alvorlighedsgraden af undvigelsemanøvren.
- Tætheden mellem trafikanterne ved afsluttet undvigelsesmanøvre. Defineret ud fra mere end to billængder, en til to billængder, mindre end en billængde og næruheld.

I 1994 blev der benyttet en modificeret version af teknikken, hvor TA blev anvendt i stedet for TTC_{min} og alvorlighedsgraden blev opdelt ud i tre grupper i stedet for fire. [Johnsson et al., 2018]. Den modificerede version i 1999 ligner den oprindelige version med nogle rettelser i definitionerne af kategorierne. En anden teknik, udviklet i Canada, kaldes Probabilistic Surrogate Measures of Safety (PSMS).

H.2.5 Den hollandske trafikkonfliktteknik

Den hollandske trafikkonflikteknik, også kaldet DOCTOR, definerer en konflikt ud en skadesrisiko og en kollsionsrisiko. Kollisionsrisikoen beregnes ved at bruge TTC_{min} eller PET. Begge konfliktindikatorer er beskrevet i afsnit 3.2.1. Skadesrisikoen estimeres ud fra en subjektiv vurdering på en skala fra lav til høj. Graden af denne risiko er også defineret ud fra trafikanttype, hastighed og typen af undvigelsesmanøvre. Den subjektive vurdering tager også højde for trafikantens adfærd, for eksempel er det en kontrolleret eller ukontrolleret handling. Alvorlighedsgraden af konflikter er bedømt på en skala fra 1 (mindst alvorlig) til 5 (kollision). På figur H.4 er et eksempel på, hvordan de forskellige elementer kan defineres.

Seriousness of injury	Probability of collision								
	TTC_{min}, sec.						PET, sec.		
	no TTC	>2	2-1.5	1.5-1	1.0-0.5	0.5-0	>1.0	1.0-0.5	0.5-0
very small	X	X	X	1	1	2	X	X	1
small	X	X	1	2	2/3	3	X	1	2
fairly large	X	1	2	2/3	3	4	1	2	3
large	1	2	2/3	3	4	5	2	3	4/5

Figur H.4: Definition af alvorlighedsgraden [Laureshyn og Olszewski, 2016].

H.2.6 Den tjekkiske trafikkonfliktteknik

Den tjekkiske trafikkonfliktteknik rangerer hændelser ud fra 5 niveauer af alvorlighedsgrad baseret på en subjektiv vurdering. De forskellige niveauer er defineret som følgende [Kočárková, 2012]:

- Niveau 0: Trafikanter foretager et brud på trafikregler.
- Niveau 1: Trafikanter foretager kontrollerede manøvrer uden nogen eller små begrænsninger.
- Niveau 2: Trafikanter foretager kontrollerede manøvre med lidt flere begrænsninger end niveau 1.
- Niveau 3: Trafikanter er truet eller det er nødvendigt at undvige en kollision med hårde sving eller bremsning.
- Niveau 4: Situationer der ender i en kollison.

I Vejret i optageperioden

På tabel I.1 ses vejret i optageperioden i Nobelkrydset. Vejroplysningerne er baseret på egne observationer.

Tabel I.1: Vejret i optageperioden.

Dato	Generelt	Temperatur		Vind
		Min	Maks	
20.03.2019	Solskin	5	11	Let til jævn
21.03.2019	Overskyet med sol	5	13	Let til frisk
22.03.2019	Overskyet med sol	0	7	Svag til jævn
23.03.2019	Overskyet med sol	5	11	Svag til jævn
24.03.2019	Overskyet med sol og en lille mængde nedbør	2	8	Let til jævn
25.03.2019	Solskin	2	8	Let til jævn
26.03.2019	Solskin	4	9	Let til jævn
27.03.2019	Overskyet med sol og en lille mængde nedbør	6	10	Let til jævn
28.03.2019	Overskyet med sol	7	14	Let til jævn
29.03.2019	Solskin	5	13	Let til jævn
30.03.2019	Overskyet med sol	4	14	Let til jævn
31.03.2019	Overskyet med sol	3	7	Let til jævn
01.04.2019	Overskyet med sol	-4	6	Svag til jævn
02.04.2019	Overskyet med sol	3	6	Let til jævn

J Letbaneregistering i RUBA

På figur J.1 er placering af de to movement dektorer vist.

(a) Placering af detektoren på fodgængerovergang 1.

(b) Placering af detektoren på fodgængerovergang 2.

Figur J.1: Perspektiv og synsfelt fra kameraerne ved fodgængerfelt 2. Placering af kameraerne er vist på figur 4.1.

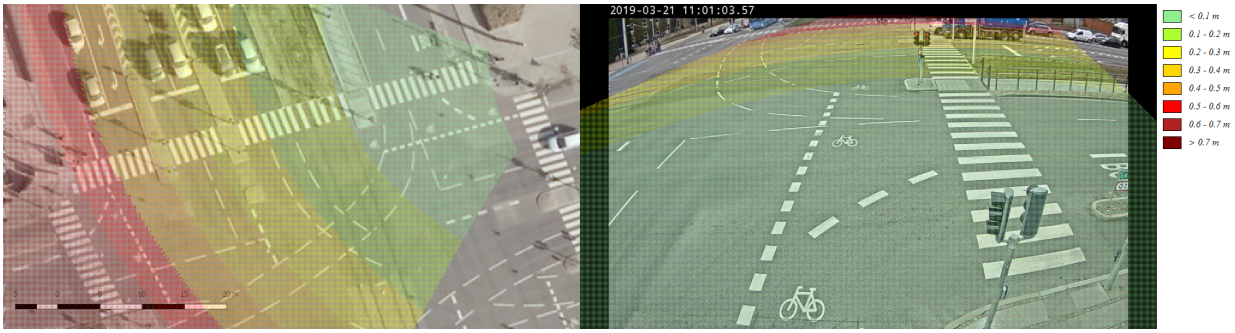
I tabel J.1 kan indstillinger af parametrene i kaliberingen ses, samt definitionerne af de enkelte parametre.

Tabel J.1: Indstilling af parametrerne for movementdetektorerne.

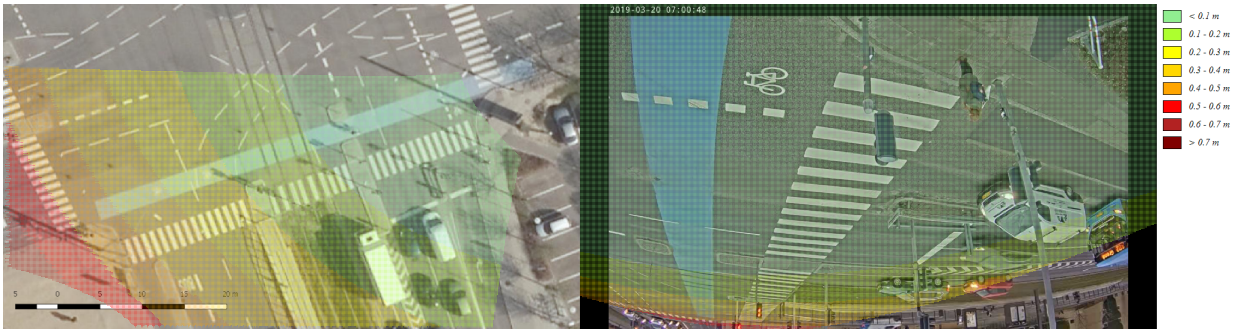
Parameter	Definition	Detektorer L1	Detektorer L2
Minimum speed:	Minimumshastighed trafikanter kan registreres med.	1,5	1,5
Trigger threshold:	Den nødvendige aktivitetsniveau for at blive registreret af detektoren.	100	200
Movement direction	Retningen af detektoren for at trafikanterne bliver registreret.	151 til 206	168 til 175
Delete events smaller than	Hændelser som er mindre end det fastsatte vil ikke blive registreret.	100 ms	200 ms
Collate events within	Hvis værdien af hændelserne er mindre end det fastsatte vil de blive slået sammen til en hændelse.	500 ms	300 ms

K T-Calibration

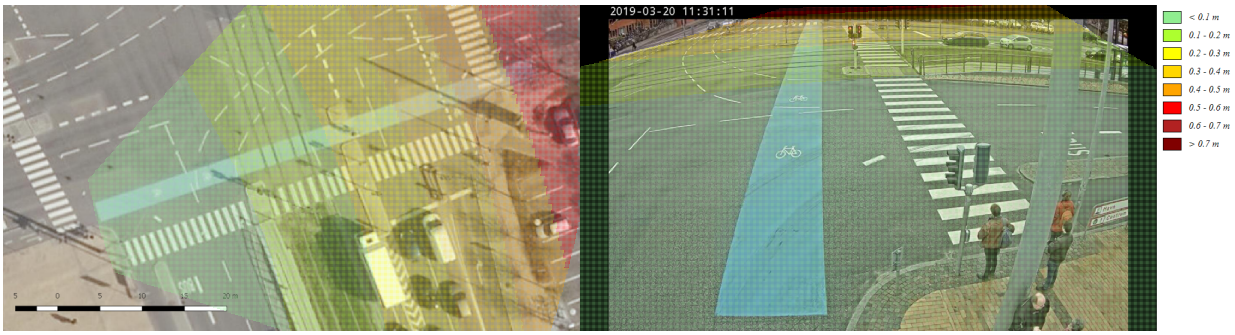
Nøjagtigheden af kaliberingsfilen til T-Analyst for kamera 1.H, 2.H og 2.V er vist på figur K.1, K.2 og K.3. Nøjagtigheden for det sidste kamera, 1.V, er vist i afsnit 4.3.3.



Figur K.1: Nøjagtigheden af kalibreringen til T-Analyst af kamera 1.H.



Figur K.2: Nøjagtigheden af kalibreringen til T-Analyst af kamera 2.H



Figur K.3: Nøjagtigheden af kalibreringen til T-Analyst af kamera 2.V

L Antal registrerede fodgængere

Nedenstående tabel viser en oversigt over antallet af registrerede fodgængere på de enkelte delstrækninger. Af tabellerne fremgår hvor mange letbanepassagerer og hvor mange ikke-letbanepassagerer, krydser for rødt eller grønt fordelt på de forskellige dage i observationsperioden. For antal registrerede fodgængere med anden adfærd henvises til de elektroniske bilag. Oversigt findes i appendiks A.

L.1 Fodgængerfelt 1

Tabel L.1: Antal fodgængere på delstrækning 1.1

1.1	Rød				Grøn				I alt			
	Ons	Tors	Lør	Søn	Ons	Tors	Lør	Søn	Ons	Tors	Lør	Søn
Letbane-passagerer	29	18	13	4	247	270	61	52	276	288	74	56
Ikke letbane-passagerer	364	321	45	51	3.055	3.079	689	621	3.419	3.400	734	672
I alt	393	339	58	55	3.302	3.349	750	673	3.695	3.688	808	728

Tabel L.2: Antal fodgængere på delstrækning 1.2

1.2	Rød				Grøn				I alt			
	Ons	Tors	Lør	Søn	Ons	Tors	Lør	Søn	Ons	Tors	Lør	Søn
Letbane-passagerer	5	4	1	0	132	104	21	30	137	108	22	30
Ikke letbane-passagerer	74	61	19	20	3.146	3.209	620	606	3.220	3.270	639	626
I alt	79	65	20	20	3.278	3.313	641	636	3.357	3.378	661	656

Tabel L.3: Antal fodgængere på delstrækning 1.3

1.3	Rød				Grøn				I alt			
	Ons	Tors	Lør	Søn	Ons	Tors	Lør	Søn	Ons	Tors	Lør	Søn
Letbane-passagerer	5	4	0	0	132	104	22	30	137	108	22	30
Ikke letbane-passagerer	291	250	48	39	3.005	3.038	590	586	3.296	3.288	638	625
I alt	296	254	48	39	3.137	3.142	612	616	3.433	3.396	660	655

Tabel L.4: Antal fodgængere på delstrækning 1.4

1.4	Rød				Grøn				I alt			
	Ons	Tors	Lør	Søn	Ons	Tors	Lør	Søn	Ons	Tors	Lør	Søn
Letbane-passagerer	2	3	1	0	135	105	21	30	137	108	22	30
Ikke letbane-passagerer	156	117	18	15	3.134	3.162	611	610	3.290	3.279	629	625
I alt	158	120	19	15	3.269	3.267	632	640	3.427	3.387	651	655

L.2 Fodgængerfelt 2

Tabel L.5: Antal fodgængere på delstrækning 2.1

2.1	Rød				Grøn				I alt			
	Ons	Tors	Lør	Søn	Ons	Tors	Lør	Søn	Ons	Tors	Lør	Søn
Letbane-passagerer	23	15	12	18	205	173	77	49	228	188	89	67
Ikke letbane-passagerer	52	77	38	16	2.520	2.590	889	692	2.572	2.667	927	708
I alt	75	92	50	34	2.725	2.763	966	741	2.800	2.855	1.016	775

Tabel L.6: Antal fodgængere på delstrækning 2.2

2.2	Rød				Grøn				I alt			
	Ons	Tors	Lør	Søn	Ons	Tors	Lør	Søn	Ons	Tors	Lør	Søn
Letbane-passagerer	12	14	11	7	147	163	72	43	159	177	83	50
Ikke letbane-passagerer	41	60	37	11	2.401	2.573	892	693	2.442	2.633	929	704
I alt	53	74	48	18	2.548	2.736	964	736	2.601	2.810	1.012	754

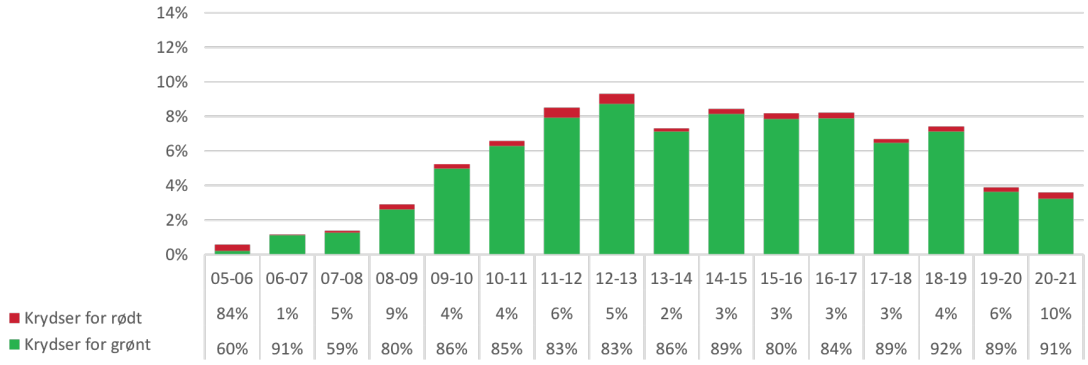
Tabel L.7: Antal fodgængere på delstrækning 2.3

2.3	Rød				Grøn				I alt			
	Ons	Tors	Lør	Søn	Ons	Tors	Lør	Søn	Ons	Tors	Lør	Søn
Letbane-passagerer	11	16	10	4	149	164	70	45	160	180	80	49
Ikke letbane-passagerer	60	66	44	24	2.389	2.578	879	685	2.449	2.644	923	709
I alt	71	82	54	28	2.538	2.742	949	730	2.609	2.824	1.003	758

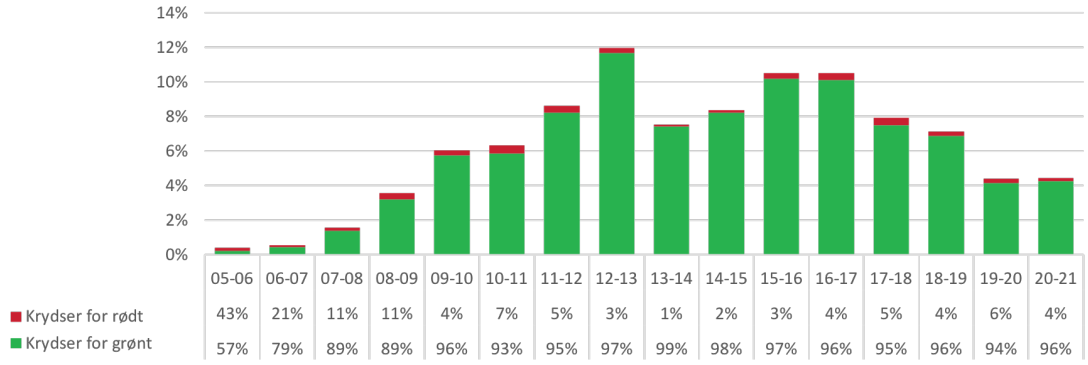
M Øvrige adfærdsanalyser

M.1 Fodgængere fordelt i løbet af dagen - weekend

På figur M.1 og M.2 kan det ses, i hvilke tidsrum fodgængerne benytter henholdsvis fodgængerfelt 1 og fodgængerfelt 2. Fordelingen af fodgængerne er beregnet som frekvens i forhold til det totale antal fodgængere fra begge weekend-dage.



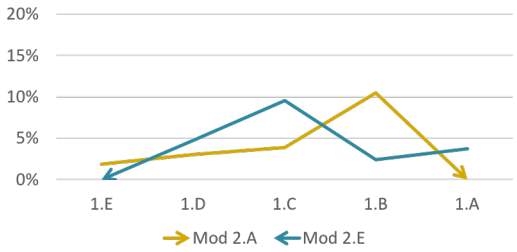
Figur M.1: Fodgængerfelt 1. Frekvens af det samlede antal fodgængere for lørdag og søndag fordelt på de observerede timer.



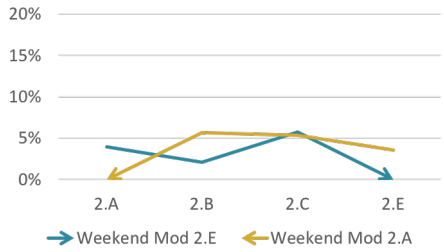
Figur M.2: Fodgængerfelt 2. Frekvens af det samlede antal fodgængere for lørdag og søndag fordelt på de observerede timer.

M.2 Retningsfordelte rødgængere - weekend

På figur M.3 og M.4 kan ses andelen af det samlede antal rødgængere på de enkelte delstrækninger på en weekend-dag på henholdsvis fodgængerfelt 1 og fodgængerfelt 2. Figurerne viser andelen af de retningsfordelte rødgængere for lørdag og søndag.



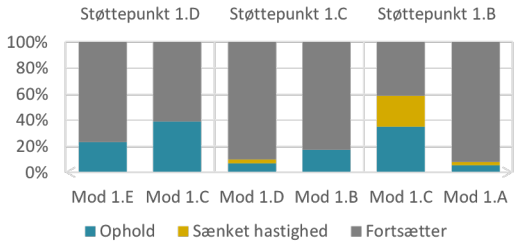
Figur M.3: Fodgængerfelt 1. Andelen af rødgængere på en weekend-dag fordelt på retning og startpunkt.



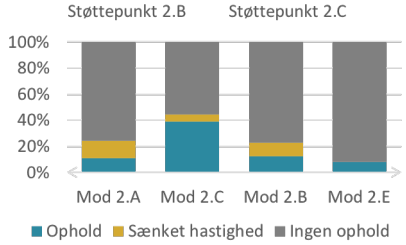
Figur M.4: Fodgængerfelt 2. Andelen af rødgængere på en weekend-dag fordelt på retning og startpunkt.

M.3 Type af ophold før krydsning - weekend

På figur M.5 og figur M.6 viser fordelingen af den type af ophold, rødgængerne har, inden de krydser for rødt fra et støttehelle. Figurerne viser fordelingen på henholdsvis fodgængerfelt 1 og fodgængerfelt 2 for en gennemsnitlig weekend-dag.



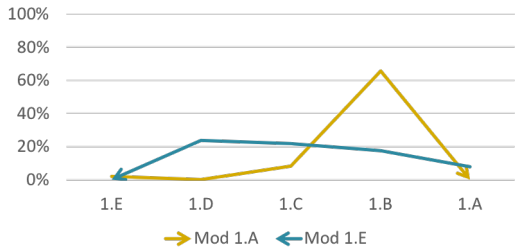
Figur M.5: Fodgængerfelt 1. Fordeling af opholdstype på støttepunkter på en weekend-dag.



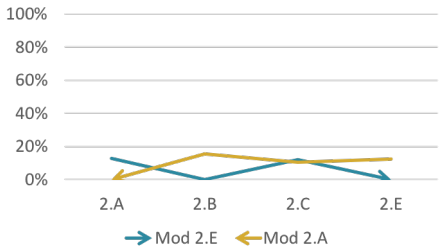
Figur M.6: Fodgængerfelt 2. Fordeling af opholdstype på støttepunkter på en weekend-dag.

M.4 Rødgængere, der følger efter en anden fodgænger - weekend

Figur M.7 og M.8 viser andelen af rødgængere, som har krydset for rødt, hvor der har været en fodgænger foran i fodgængerfeltet på den pågældende delstrækning. Figurerne viser andelen på henholdsvis fodgængerfelt 1 og fodgængerfelt 2 på en gennemsnitlig weekend-dag.



Figur M.7: Fodgængerfelt 1. Andelen af rødgængere der følger efter en anden fodgænger på en weekend-dag.



Figur M.8: Fodgængerfelt 2. Andelen af rødgængere der følger efter en anden fodgænger på en weekend-dag.

M.5 Sammenhæng mellem type af ophold og om hvorvidt rødgængeren har fulgt efter en anden fodgænger

Nedenstående tabel M.1 og M.2 viser antallet af rødgængere, der har fulgt efter en anden fodgænger, og hvilken type af ophold, de har haft på støttehelle inden krydsning for rødt. Antallet af rødgængere er det samlede antal for hverdagene på fodgængerfelterne.

Tabel M.1: Fodgængerfelt 1. Antal rødgængere i hverdage fra støttepunkt 1.B. Fordelt på opholdstype og om de følger efter en anden fodgænger.

Fodgængerfelt 1	Nedsat hastighed		Ingen ophold		Ophold		I alt	
Fra 1.B mod:	1.A	1.C	1.A	1.C	1.A	1.C	1.A	1.C
Følger ikke efter	5	4	82	32	10	4	97	40
Følger efter	14	0	549	9	8	0	571	9
I alt	19	4	631	41	18	4	668	49

Tabel M.2: Fodgængerfelt 2. Antal rødgængere i hverdage fra støttepunkt 2.B. Fordelt på opholdstype og om de følger efter en anden fodgænger.

Fodgængerfelt 2	Nedsat hastighed		Ingen ophold		Ophold		I alt	
Fra 2.B mod:	2.A	2.C	2.A	2.C	2.A	2.C	2.A	2.C
Følger ikke efter	3	6	42	19	28	8	73	33
Følger efter	0	0	35	12	3	0	38	12
I alt	3	6	77	31	31	8	111	45

Til at undersøge i hvor høj grad rødgængere har fortsat direkte over et støttepunkt, hvis de følger efter en fodgænger, beregnes fordelingen af rødgængerne fra støttepunkt B. Dette kan ses i tabel M.3 for rødgængere fra støttepunkt B mod fortov A, og i tabel M.4 fra støttepunkt B mod støttepunkt C. Beregningen foretages på baggrund af tallene i tabel M.1 og **??**.

Tabel M.3: Fordeling rødgængerere, som følger efter en anden fodgænger fra støttepunkt B mod A.

B mod A	Nedsat hastighed	Ingen ophold	Ophold	I alt
Fodgængerfelt 1	2%	**96%**	1%	100%
Fodgængerfelt 2	0%	**92%**	8%	100%

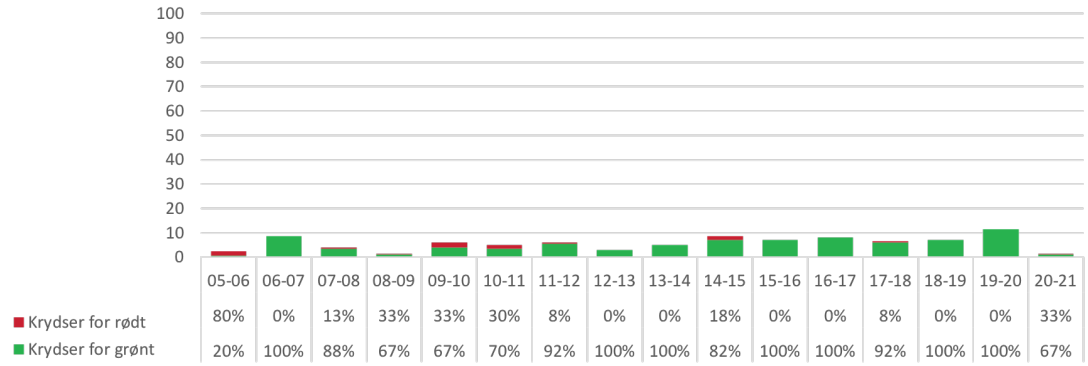
Tabel M.4: Fordeling rødgængerere, som følger efter en anden fodgænger fra støttepunkt B mod C.

B mod C	Nedsat hastighed	Ingen ophold	Ophold	I alt
Fodgængerfelt 1	0%	**100%**	0%	100%
Fodgængerfelt 2	0%	**100%**	0%	100%

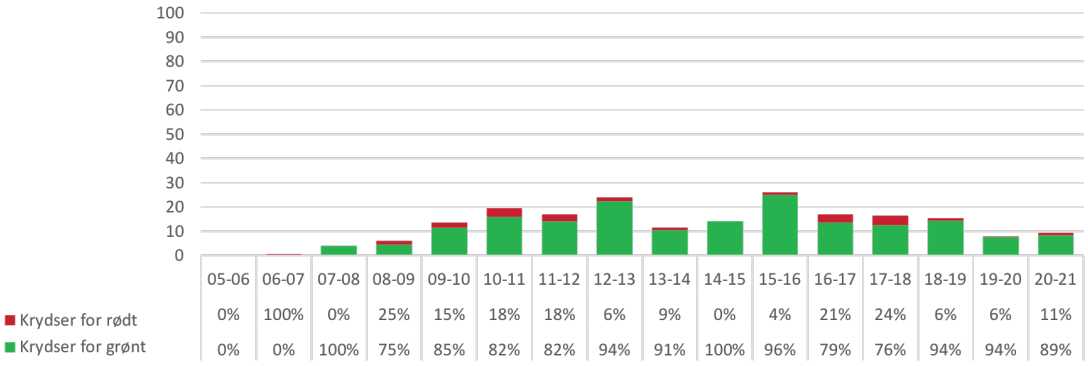
På både fodgængerfelt 1 og fodgængerfelt 2, er der en statistisk signifikant højere andel rødgængere, som fortsætter direkte over støttepunktet, hvis de følger efter en anden fodgænger. Sammenlignes de to fodgængerfelter, er der ingen statistisk signifikant forskel på andelen fra henholdvis støttepunkt B mod fortov A og støttepunkt B mod støttepunkt C.

M.6 Fordeling af letbanepasagerer i løbet af dagen - weekend

På figur M.9 og M.10 kan ses fordelingen af det gennemsnitlige antal letbanepassagerer på en weekend-dag for henholdsvis fodgængerfelt 1 og fodgængerfelt 2.



Figur M.9: Fodgængerfelt 1. Det gennemsnitlige antal letbanepassagerer på en weekend-dag.



Figur M.10: Fodgængerfelt 2. Det gennemsnitlige antal letbanepassagerer på en weekend-dag.

M.7 Letbanepassagerer og ikke-letbanepassagerer fordelt på henholdvis rødt signal og grønt signal - weekend

I tabel M.5 og M.6 er beregnet andelen af letbanepassagerer og ikke-letbanepassagerer, der krydser for henholdsvis grønt og rødt på en hverdag. I tabel 5.6 er vist fordelingen på delstrækningerne i fodgængerfelt 1 og i tabel 5.7 er vist fordelingen på delstrækningerne i fodgængerfelt 2.

Tabel M.5: Fodgængerfelt 1. Oversigt over andelen af letbanepassagerer og ikke-letbanepassagerer der krydser for henholdsvis grønt og rødt på en weekend-dag på de enkelte delstrækninger i retning mod letbaneperonnen.

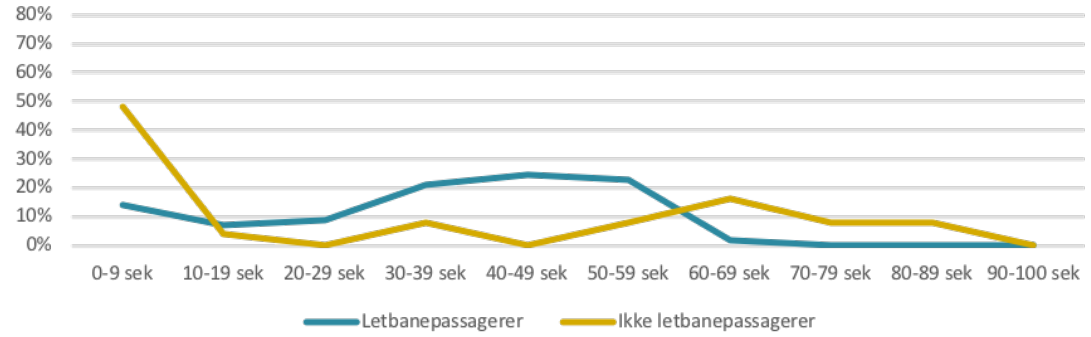
	Krydser for grønt: 97% (n = 2.412 krydsninger)		Krydser for rødt: 3% (n = 78 krydsninger)	
Del-str.	Letbanepassagerer	Ikke-letbanepassagerer	Letbanepassagerer	Ikke-letbanepassagerer
1.1	58%	42%	65%	35%
1.2	9%	91%	4%	96%
1.3	9%	91%	0%	100%
1.4	9%	91%	9%	91%

Tabel M.6: Fodgængerfelt 2. Oversigt over andelen af letbanepassagerer og ikke-letbanepassagerer der krydser for henholdsvis grønt og rødt på en weekend-dag på de enkelte delstrækninger i retning mod letbaneperronen.

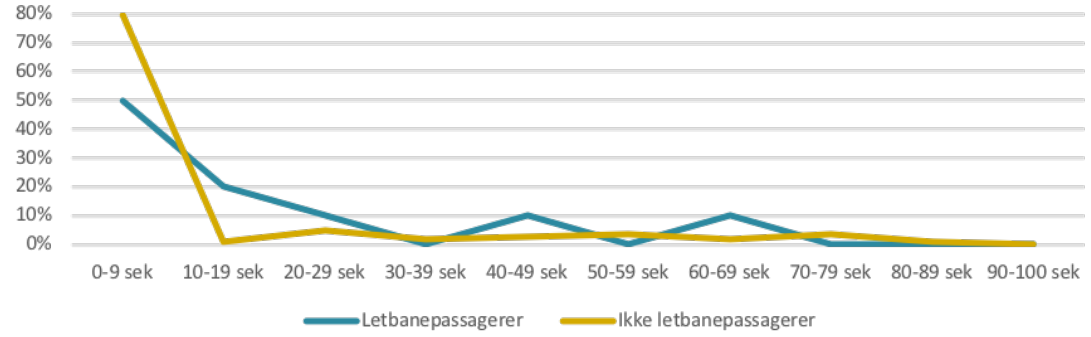
	Krydser for grønt: 96% (n = 2.663 krydsninger)		Krydser for rødt: 4% (n = 119 krydsninger)	
Del-str.	Letbanepassagerer	Ikke-letbanepassagerer	Letbanepassagerer	Ikke-letbanepassagerer
2.1	19%	81%	77%	23%
2.2	21%	79%	38%	63%
2.3	20%	80%	44%	56%

M.8 Letbanepassagerer kontra ikke-letbanepassagerer, krydsningstidspunkt - delstrækninger

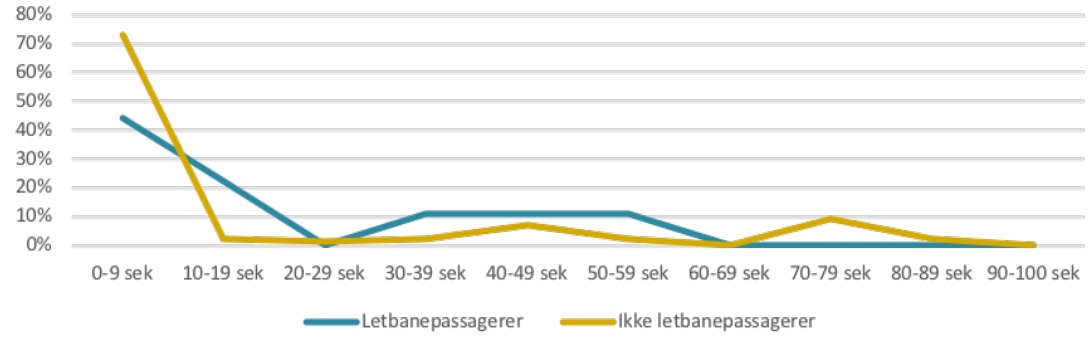
Figur M.11 til M.14 og figur M.15 til M.17 viser frekvensen af fodgængerne i forhold til hvor langt inde i rødtiden, de krydser på henholdsvis fodgængerfelt 1 og fodgængerfelt 2. Datagrundlaget er det samlede antal rødgængere for alle dage på de forskellige delstrækninger. Fodgængere i tidsrummet mellem kl. 5-6 er udtaget, da der her er tvungen fodgængertryk.



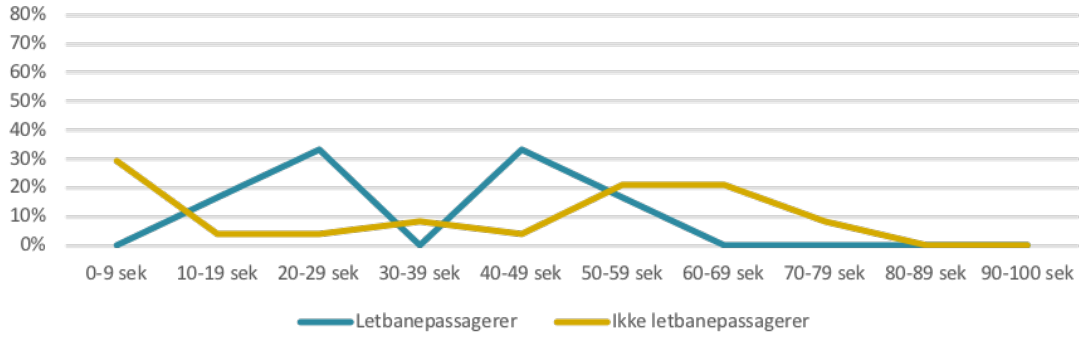
Figur M.11: Fodgængerfelt 1. Fordeling af, hvornår i rødtiden, fodgængerne krydser for rødt. Alle fodgængere på delstrækning 1.1.



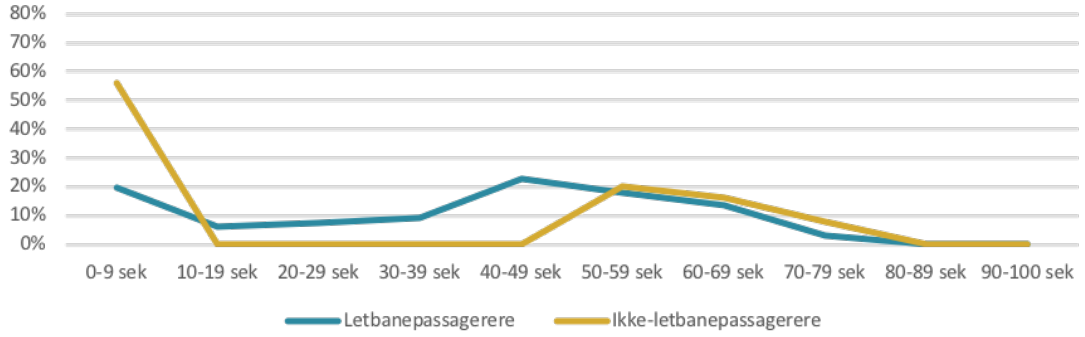
Figur M.12: Fodgængerfelt 1. Fordeling af, hvornår i rødtiden, fodgængerne krydser for rødt. Alle fodgængere på delstrækning 1.2.



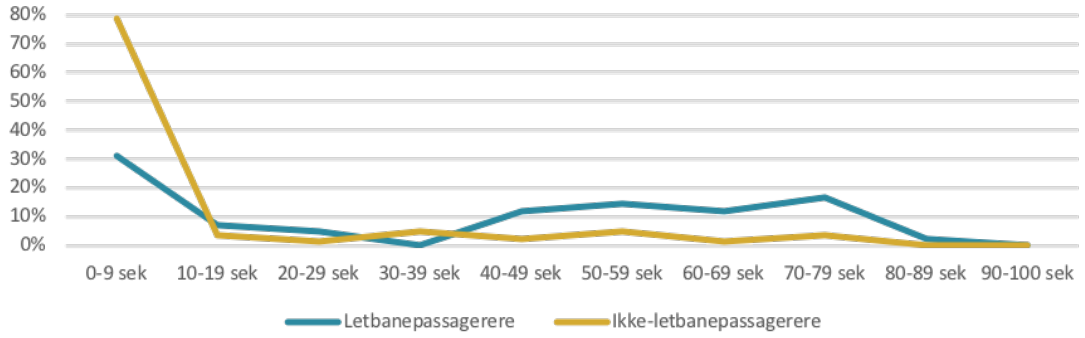
Figur M.13: Fodgængerfelt 1. Fordeling af, hvornår i rødtiden, fodgængerne krydser for rødt. Alle fodgængere på delstrækning 1.3.



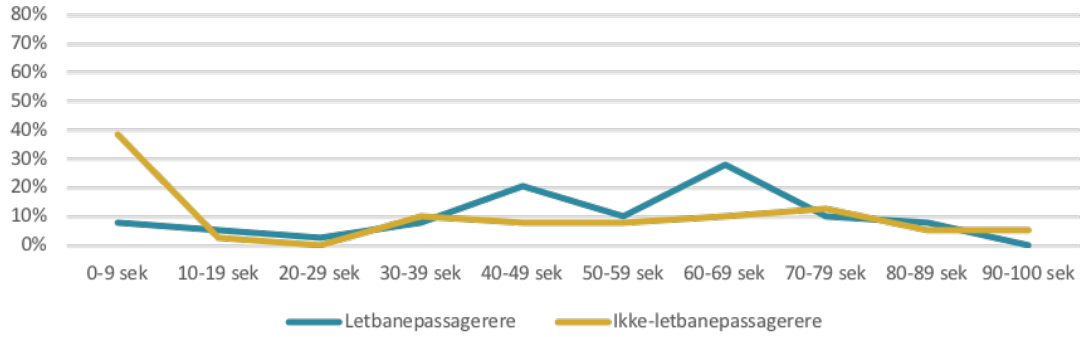
Figur M.14: Fodgængerfelt 1. Fordeling af, hvornår i rødtiden, fodgængerne krydser for rødt. Alle fodgængere på delstrækning 1.4.



Figur M.15: Fodgængerfelt 2. Fordeling af, hvornår i rødtiden, fodgængerne krydser for rødt. Alle fodgængere på delstrækning 2.1.



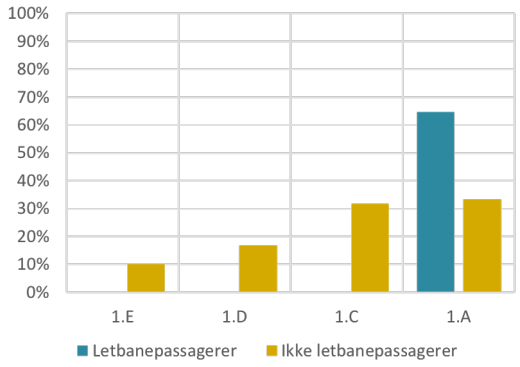
Figur M.16: Fodgængerfelt 2. Fordeling af, hvornår i rødtiden, fodgængerne krydser for rødt. Alle fodgængere på delstrækning 2.2.



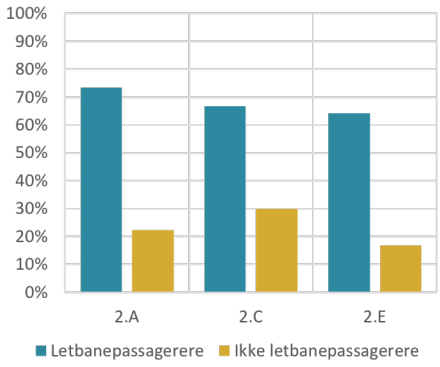
Figur M.17: Fodgængerfelt 2. Fordeling af, hvornår i rødtiden, fodgængerne krydser for rødt. Alle fodgængere på delstrækning 2.3.

M.9 Letbanepassagerer kontra ikke-letbanepassagerer, løber - weekend

På figur M.18 og M.19 kan ses, hvor stor en andel af rødgængere til letbanen og hvor stor en andel af rødgængere, som ikke skal med letbanen, der har løbet over for rødt. Der er ikke medtaget fritidsløbere i sammenligningsgrundlaget. Begge diagrammer er for det samlede antal rødgængere lørdag og søndag.



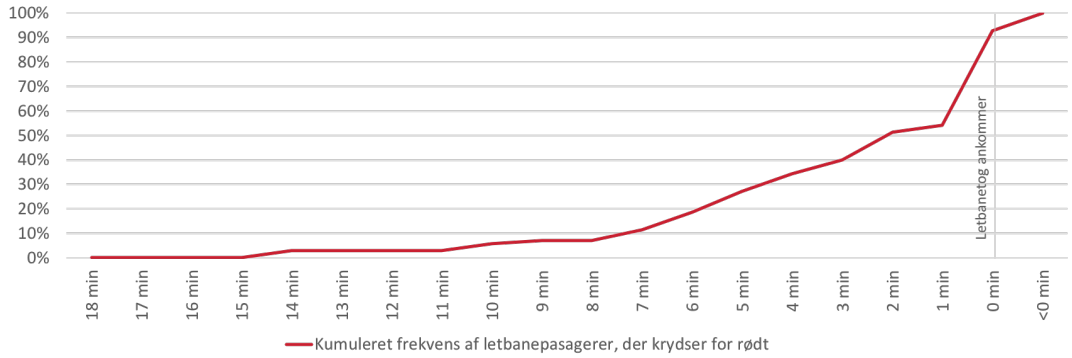
Figur M.18: Fodgængerfelt 1. Andelen af rødgængere, der løber over for rødt. Sammenligning mellem letbanepassagerer og ikke-letbanepassagerer på weekend-dage.



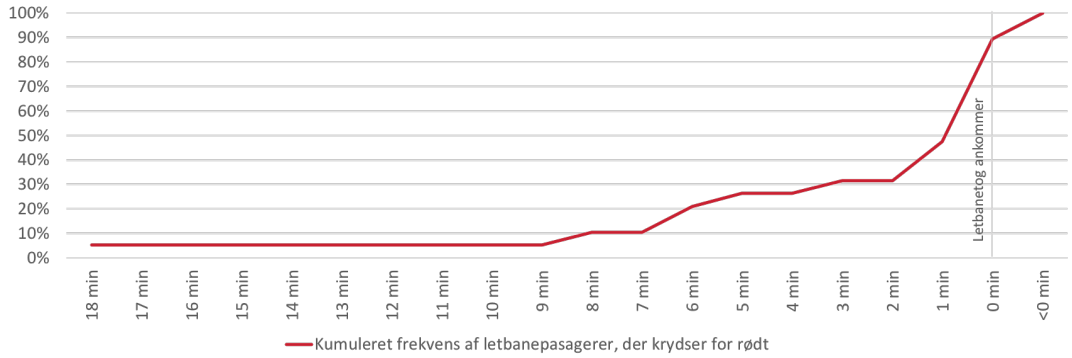
Figur M.19: Fodgængerfelt 2. Andelen af rødgængere, der løber over for rødt. Sammenligning mellem letbanepassagerer og ikke-letbanepassagerer på weekend-dage.

M.10 Letbanepassagerer i forhold til ankomst af letbanetog - hverdag og weekend

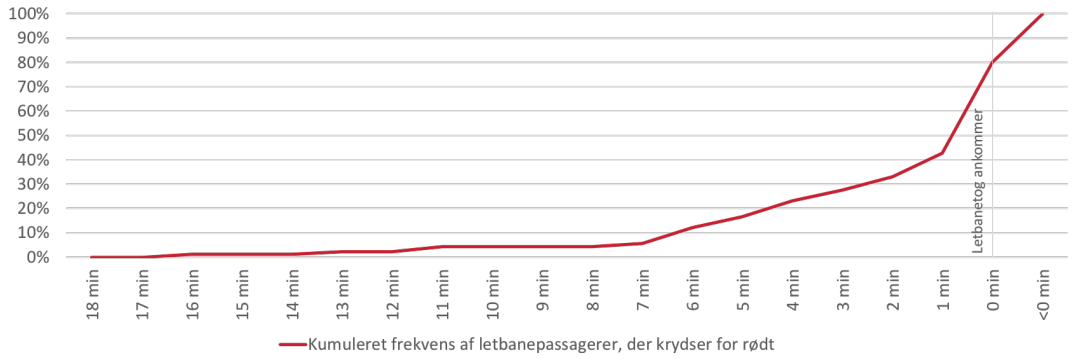
På figur M.20, M.21, M.22 og M.23 kan ses den kumulerede frekvens af letbanepassagerer, der er krydset for rødt, i forhold til tidsdifferencen til nærmeste letbanetog. Figur M.20 og M.21 viser letbanepassagerer fra henholdsvis hverdag og weekend på fodgængerfelt 1. Figur M.22 og M.23 viser letbanepassagerer fra henholdsvis hverdag og weekend på fodgængerfelt 2.



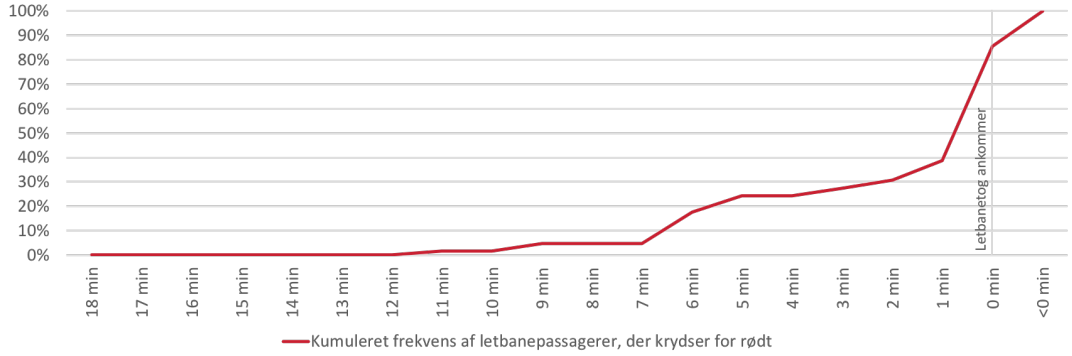
Figur M.20: Fodgængerfelt 1, hverdag. Den kumulerede frekvens af hvornår letbanepassagererne krydser for rødt i forhold til ankomsten af deres letbanetog.



Figur M.21: Fodgængerfelt 1, weekend. Den kumulerede frekvens af hvornår letbanepassagererne krydser for rødt i forhold til ankomsten af deres letbanetog.



Figur M.22: Fodgængerfelt 2, hverdag. Den kumulerede frekvens af hvornår letbanepassagererne krydser for rødt i forhold til ankomsten af deres letbanetog.



Figur M.23: Fodgængerfelt 2, weekend. Den kumulerede frekvens af hvornår letbanepassagererne krydser for rødt i forhold til ankomsten af deres letbanetog.

N Konflikter

Appendikset består af tre tabler, som beskriver konflikterne, samt en kollisionsdiagram for potentielle konflikter. Kollisionsdiagrammet er vist på figur N.1. På tabel N.1 er angivet baggrunden for kategorisering af de enkelte hændelser vurderet som mindre alvorlig eller alvorlig konflikt, på baggrund af kollisionsrisikoen og skalderisiko. Baggrunden for den vurderet skaderisiko er beskrevet i tabel N.2. I tabel N.3 beskrives de forskellige mindre alvorlige og alvorlige konflikter. Flere informationer omkring konflikterne og baggrunden for kategorisering kan ses i elektronisk appendiks A.4.

Tabel N.1: Konflikter. Baggrund for kategorisering af de enkelte hændelser. De farvemarkerer celler er den anvendte kollisionsrisiko.

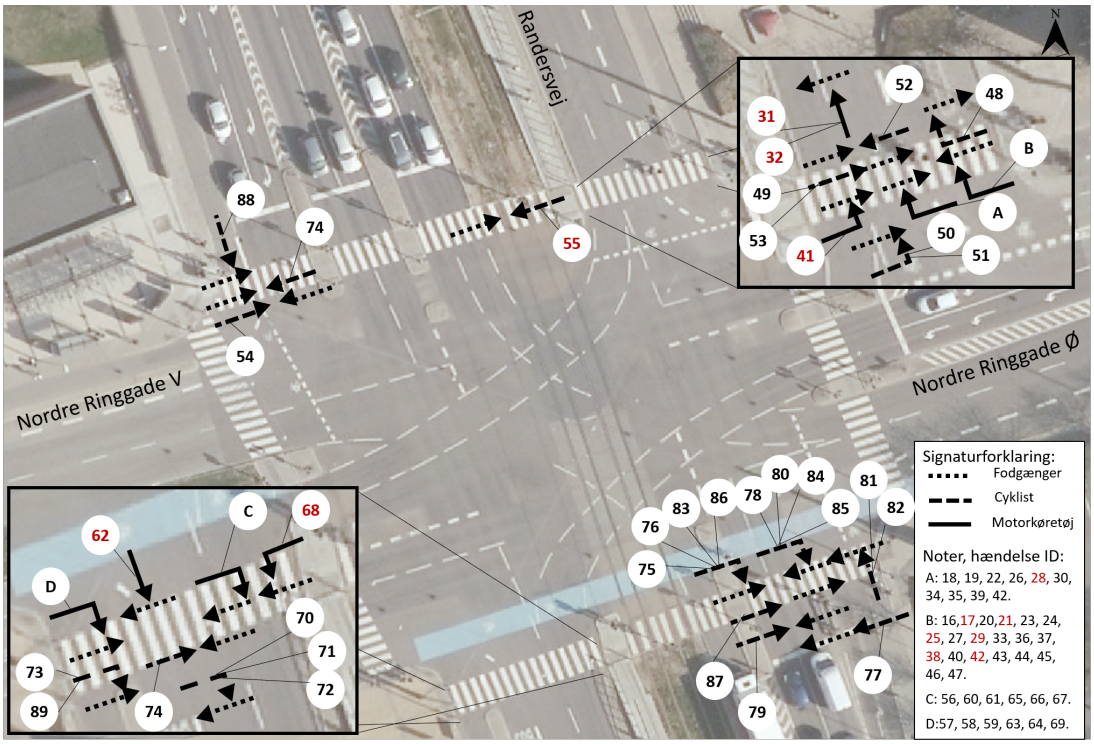
ID	Anden trafikant	Kollisionsrisiko			Vurderet skaderisiko	Alvorlig-hedsgrad
		TTCmin	T2min	Adfærds-baseret		
1	Bil	-	1,0	Høj	Middel	Alv.
2	Lastbil	-	-	Lav	Høj	Mindre alvorlig
3	Bil	3,33	0,45	-	Lav	Mindre alvorlig
4	Bil	1,17	0,08	Høj	Lav	Mindre alvorlig
5	Bil	-	0,66	-	Høj	Mindre alvorlig
6	Bil	1,69	0,47	Lav	Middel	Mindre alvorlig
7	Cykel	0	1,62	Middel	Middel	Mindre alvorlig
8	Cykel	0,81	-	Lav	Lav	Mindre alvorlig
9	Cykel	0,44	-	Lav	Lav	Mindre alvorlig
10	Bil	-	0,5	Lav	Høj	Mindre alvorlig
11	Bil	1,4	-	Middel	Lav	Mindre alvorlig
12	Lastbil	-	-	Middel	Lav	Mindre alvorlig
13	Bil	1,6	1,8	Middel	Middel	Mindre alvorlig
14	Bil	3,3	2,8	Middel	Middel	Mindre alvorlig
15	Cykel	1,0	0,5	-	Lav	Mindre alvorlig

Tabel N.2: Baggrund for den vurderet skaderisiko.

ID	Vurderet skaderisiko	Hastighed for fodgængeren [km/t]	Hastighed for anden trafikant [km/t]	T2DeltaV0	Hvem kolliderer i hvem
1	Middel	15	18	5,3	Bil
2	Høj	-	-	-	Lastbil
3	Lav	6	19	1,64	Fodgænger
4	Lav	9	14	2,30	Bil
5	Høj	13	74	14,33	Fodgænger
6	Middel	16	17	4,21	Fodgænger
7	Middel	-	25	2,59	Cykel
8	Lav	13	10	0,84	Cykel
9	Lav	11	10	0,49	Fodgænger
10	Høj	17	41	8,4	Cykel
11	Lav	10	16	1,7	Cykel
12	Lav	-	-	-	Lastbil
13	Middel	14	21	3,9	Bil
14	Middel	8	24	3,2	Bil
15	Lav	15	15	2,3	Bil

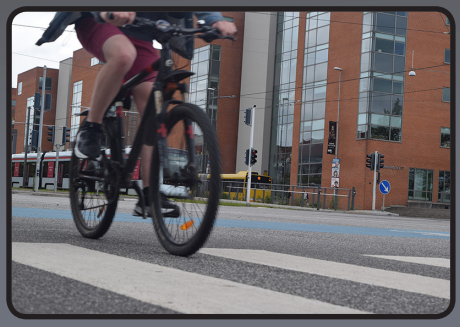
Tabel N.3: Beskrivelse af konflikter. *: Løb til det, der er vurderet. som offentlig transportmiddel.

ID	Krydser for rødt	Løb	Beskrivelse af hændelsesforløbet
1	Nej	Ja	Fodgængeren løber sandsynligt en træningstur, og bilisten ser ikke fodgængeren, og kører mod fodgængeren.
2	Nej	Nej	Fodgængeren vender om i den påbegyndte krydsning, da lastbilen ikke standser.
3	Nej	Nej	Bilen krydser lige foran fodgængeren.
4	Ja	Nej	Bilen kører ind lige foran fodgængeren, så fodgængeren er nødsaget til at standse.
5	Ja	Ja*	Fodgængeren løber for at nå letbanen, og kommer tæt på de ligeudkørende bil.
6	Nej	Ja	Fodgængeren løber og er nødsaget til at ændre kurs, da bilen kører ind foran fodgængeren. Fodgængeren løber sandsynlig en træningstur.
7	Ja	Ja*	Fodgængeren vil nå letbanen, og løber ud på cykelstien. Fodgængeren er orienteret mod motorkøretøjerne og har derfor ikke opmærksom på cyklisten.
8	Nej	Ja*	Fodgængeren løber ind foran cyklisten. Flere fodgængere løber også. Det vurderes, at fodgængeren løber mod en bus.
9	Nej	Ja*	Fodgængeren løber foran cyklisten. Det er vurderet fodgængeren løber for at nå en bus.
10	Ja	Ja*	To fodgængere løber fra letbaneperronen mod busstoppestedet på Randersvej.
11	Ja	Nej	Fodgængeren krydser, og bilen foretager en undvigelsesmanøvre i form af hård opbremsning.
12	Nej	Nej	Lastbilen er påbegyndt at køre mod fodgængeren. Fodgængeren ændre kurs.
13	Nej	Ja*	Fodgængeren løber sandsynligt for at nå en bus.
14	Ja	Nej	Bilen foretager en uvending. Fodgængeren foretager en undvigelsesmanøvre ved opbremsning.
15	Nej	Ja	Fodgængeren løber sandsynligt for at nå at kunne krydse på fodgængerfeltet.



Figur N.1: Kollisionsdiagram af potentielle konflikter. De rød markeret tal indikerer at fodgængeren har krydset for rødt.

Institut for Byggeri og Anlæg · Thomas Manns Vej 23 · 9220 Aalborg Ø
civil@civil.aau.dk · www.byggeri.aau.dk



Projektet undersøger fodgængeradfærden i et trafikeret kryds med standsningssted for letbanen i Aarhus. Projektet skal bidrage til viden om fodgængeradfærd samt, hvordan letbanen påvirker fodgængers adfærd.

I undersøgelsen er der især fokus på fodgængere, der krydser for rødt, og hvordan de krydser i forhold til ankomsten af et letbanetog. Desuden undersøges sikkerheden i forbindelse med fodgængernes adfærd igennem et studie, der belyser nær-uheld med motorkøretøjer og cyklister.