EFFEKTEVALUERING AF VENSTRESVINGSCYKELBOKS

- En med og udenanalyse af venstresvingscykelboks i signalregulerede kryds

Aalborg Universitet
Teknisk-Naturvidenskabelige Fakultet
Veje og Trafik
Kandidatspeciale, juni 2017

Said Jawad Osmani

Mohamad Khaled Ismail

AALBORG UNIVERSITET
STUDENTERRAPPORT

Ingeniør- og Naturvidenskabelige Fakultet
Thomas Manns Vej 23
9220 Aalborg Øst
Telefon: 99 40 84 84
E-mail: civil@civil.aau.dk

Kandidatspeciale:

Effektevaluering af venstresvingscykelboks

Master´s Thesis:

Effect evaluation of left-turn bike box

Projektperiode:

Februar 2017 - juni 2017

Forfattere:

Mohamad Khaled Ismail
Said Jawad Osmani

Vejledere:

Niels Agerholm
Charlotte Tønning

Sidetal: 81
Appendiks: 3

Sider: 8

Afsluttet: 8. juni 2017

Synopsis:

Dette kandidatspeciale har ved en adfærdsundersøgelse, i samarbejde med Aarhus Kommune, forsøgt at besvare, om venstresvingscykelbokse har en effekt på venstresvingende cyklisters placering i signalregulerede kryds.
Venstresvingscykelboks i signalregulerede kryds er et nyt tiltag, hvor Aarhus Kommune er den anden kommune i Danmark, som har fået dispensation til udførelse af denne type afmærkning. Hovedformålet fra kommunens side er at forbedre fremkommeligheden for venstresvingende cyklister ved at markere arealet, hvor cyklisterne skal placere sig under anden etape af venstresvinget for at blive detekteret i trafikstyrede signalanlæg.
Effekten af venstresvingscykelbokse er undersøgt i to kryds med og to kryds uden. Indsamlingen af data er foretaget i to hjørner i hvert kryds med videooptagelser af to ugers varighed.
Resultaterne viser, at der er signifikant forskel på andelen af venstresvingende cyklister, som placerer sig over detektorspolen i kryds med og uden venstresvingscykelbokse. Det kan derved konkluderes, at etablering af venstresvingscykelbokse har en positiv effekt på venstresvingende cyklisters placering, og derved mindskes deres ventetid.

Forord

Dette kandidatspeciale er udarbejdet af Mohamad Khaled Ismail og Said Jawad Osmani, på 10.semester ved civilingeniøruddannelsen Veje og Trafik, ved det Teknisk-Naturvidenskabelige Fakultet på Aalborg Universitet.

Rapporten omhandler effektevaluering af venstresvingende cyklisters placering i forhold til venstresvingscykelbokse i trafikstyrede signalanlæg. Rapporten tager udgangspunkt i to kryds med venstresvingscykelbokse og to kryds uden, som er udvalgt i samarbejde med Aarhus Kommune. Rapporten skal styrke viden om betydningen af venstresvingscykelboks på venstresvingende cyklisters placering i trafikstyrede anlæg ift. detektorspoler.

Rapporten består af den foreliggende hovedrapport med tilhørende appendiks bagerst. Rapporten vil blive suppleret med en før- efteranalyse i krydset: Marselis Blvd./Stadion Allé, som fremlægges til eksaminationen d. 27-06-2017.

Der rettes en stor tak til projektets hovedvejleder, Niels Agerholm, AAU, og bivejleder, Charlotte Tønning, AAU, samt til Anne Vingaard Olesen, AAU. Der skal lyde tak til Asbjørn Halskov-Sørensen, Aarhus Kommune, for at være behjælpelig med udpegning af lokaliteter, tegninger mv. og for en generelt god assistance angående udførelse af afmærkningerne, der gør en før- efteranalyse mulig. Ligeledes skal der lyde tak til Jan Baunehøj Andersen, Odense Kommune, for respons på efterspørgsel om erfaringer med afmærkningen i Odense.

Læsevejledning

Igennem rapporten anvendes kildehenvisninger efter Harvardmetoden. Kilderne opgives i rapporten som aktiv med Efternavn [år] eller passiv [Efternavn, år]. Benyttes kilden for hele afsnittet, er kilden placeret efter afsnittets sidste punktum. Anvendes kilden til én sætning, vil kilden stå før punktum. Kilder uden opgivet årstal skrives som aktiv med Efternavn [udateret] eller passiv [Efternavn, udateret]. Litteraturlisten med uddybende oplysninger om kilder findes på side 77. Kilder til tabeller og figurer angives i tabel- og figurtekst, medmindre de er fremstillet af forfatteren. Figurer og tabeller er nummeret kronologisk iht. kapitler. Forklarende tekst til figurer findes under figurer, og forklarende tekster til tabeller findes over tabeller. Figurer, som er ændret i forhold til den oprindelige kilde, angives med * efter kilden. Tabeller og figurer uden henvisning til en kilde er udarbejdet af projektgruppen.

Mohamad Khaled Ismail Said Jawad Osmani

Abstract

Denmark is among the top-ranking countries in Europe. When it comes to cycling, several Danish cities are still working towards getting more people into choosing the bike rather than the car. This can be achieved by improving the accessibility for cyclists in signalized intersections which will make it easier, faster, and safer to ride bikes.

This can be done, for example, by detecting left turning cyclists in signalized intersections. Detection of cyclists can be a problem in signalized intersections because cyclists often place themselves incorrectly in relation to the in-pavement loop detectors. Therefore, first in Odense and then in Aarhus markings with left-turn bike boxes in the intersection corner have been done for better detection of left turning cyclists.

This project examines the effect of left-turn bike boxes on the stopping position of the left-turning cyclists. The effect has been examined with a "with and without" analysis. This is done by selecting four signalized intersections located in Aarhus, involving two case intersections and two reference intersections. In the two case intersections, left-turn bike boxes have been established in all four corners whereas the two reference intersections are without.

In each intersection two corners have been selected on the basis of a significant volume of left-turning cyclists and each corner has been filmed for two weeks. For counting the number of left-turning cyclists placed either in the left-turn bike box or outside the box, the video analysis tool, Road User Behavior Analysis (RUBA) has been used.

The result of the study shows that the share of left turning cyclists that stops in the left-turn bike box in the two case projects, and thereby over the loop detectors, is between 61 pct. and 89 pct. The share of left turning cyclists that stops on the loop detectors in the reference intersections is between 0 pct. and 44 pct.

In addition, the statistical analysis shows that there is a statistical difference in comparison between the corners with- and without left-turn bike boxes. Therefore, it can be concluded that left-turn bike boxes have a positive effect on the left turning cyclists stopping position in signalized intersections.

Indholdsfortegnelse

Kapitel 1 Indledning **1**
1.1 Venstresvingscykelboks . . . 3
1.2 Problemformulering . . . 5

Kapitel 2 Metode **7**
2.1 Litteraturstudie . . . 7
2.2 Analysemetode . . . 8
2.3 Udvalgte kryds . . . 9
2.4 RUBA . . . 9
2.5 Statistiske beregninger . . . 14

Kapitel 3 Litteraturstudie **17**
3.1 Adfærdsstudie . . . 17
3.2 Venstresving i signalregulerede kryds . . . 24
3.3 Vejafmærkningsregler . . . 28
3.4 Trafikdetektering i signalanlæg . . . 31
3.5 Cykeldetektering i signalanlæg . . . 32

Kapitel 4 Dataindsamling **37**
4.1 Udvalgte kryds . . . 37
4.2 Præsentation af kryds . . . 38
4.3 Opsætning af videokamera . . . 45

Kapitel 5 Databehandling **51**
5.1 Optælling af venstresvingende cyklister . . . 51
5.2 Bemærkninger . . . 55

Kapitel 6 Resultater og diskussion **63**
6.1 Resultater . . . 63
6.2 Effektberegning af venstresvingscykelboks . . . 71
6.3 Diskussion . . . 73

Kapitel 7 Konklusion **75**

Litteratur **77**

Appendiks A Optælling af venstresvingende cyklister **83**
A.1 Projektkryds 1 . . . 83
A.2 Projektkryds 2 . . . 84
A.3 Referencekryds 1 . . . 84
A.4 Referencekryds 2 . . . 86

Appendiks B Elektronisk appendiks

Appendiks C Eksempel på beregning

Indledning 1

Danmark har en stærk cykelkultur, der er funderet gennem mange årtier. Cyklen er en del af det offentlige rum og vores hverdag, den bruges til forskellige formål: som transportmiddel, til sport eller leg. Cykling som transportmiddel øger folkesundheden og er til fordel for samfundet som helhed. Den enkelte cyklist får både en sundhedsgevinst og en økonomisk gevinst, Transportministeriet [2014]. Den endelige samfundsøkonomiske gevinst opgøres, ifølge rapporten, til 7 kr. pr. kørte km på cykel frem for bil, i form af forøget levetid, forbedret helbred og miljømæssige gevinster. Mange faktorer spiller ind i valget af cykel som transportmiddel, bl.a. turlængden, vejret og livsstilen, dog ikke mindst cykelkulturen og historien.

Danskerne er blandt de mest cykelglade folk i verden, og i Europa er Danmark cykelland nummer 2 blandt de lande, som cykler mest, Nielsen et al. [2015]. Den velfungerende cykelkultur stammer helt fra første halvdel af 1900-tallet, hvor cyklen slog igennem, og folk fra alle sociallag cyklede. Cyklen blev et symbol på frihed. En mulighed for at få adgang til den frie natur og den rene luft, væk fra byens trange atmosfære og industrialisering. Ruby [2016]

Cyklens storhedstid sluttede i 1950´erne. Herefter begyndte bilismen at overtage cyklismens status som foretrukket transportmiddel. En række ændringer i samfundet gjorde, at cyklismen kom i baggrunden, såsom at forbruget blomstrede, og at den stigende levestandard gjorde bilejerskabet muligt for mange familier. Den udvikling skyldtes også, at bil og enfamilie-hus blev symboler på, at 1930´ernes depression og Anden Verdenskrigs mørketider var forbi. Dog medførte den stigende biltrafik forurening, trængsel og trafikulykker. I løbet af 60´erne blev det mere og mere svært at lukke øjnene for disse problemer. [Ruby, 2016]

Cyklen oplevede endnu en fremgang i 1970´erne. Denne gang ikke så meget antalsmæssigt som i fokus og omtale. Cyklen blev omtalt via kampagnier, hvor fokus på sundhed, motivation og miljø var fremherskende. Derudover bidrog miljøbevægelser og oliekrisen til, at cyklen igen blev populær som transportmiddel Jeppesen [2011]. Siden 70´erne er der igennem byplanlægning gjort mange tiltag for at skabe plads til alle trafikantgrupper. Dette kom bl.a. til udtryk i et omfattende netværk af cykelstier langs vejene, der fortsat udvikles. [Ruby, 2016]

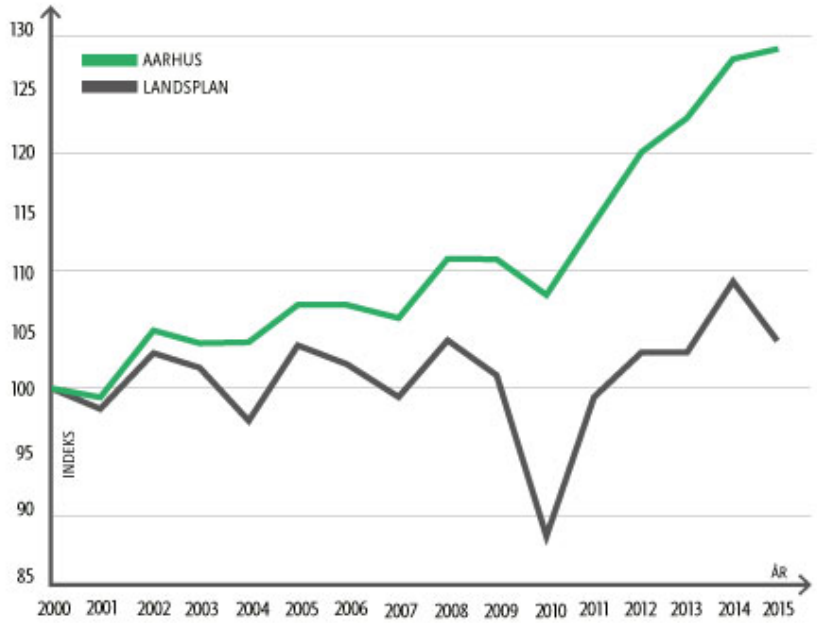
I dagens cykelkultur betragtes en cykel som mere end bare et transportmiddel. I dag forbindes cykling med bæredygtig transport, forebyggelse af sygdom og miljøproblemer samt signalering af livsstilsværdier. I de senere årtier har danske byer haft fokus på at fremme cykeltrafikken med hensyn til forbedring af folkesundheden og bekæmpelse af klimaproblematikken. Der gøres en intens indsats for at fastholde og fremme cykelkulturen.

Byerne har den nye udfordring, at cyklen for de fleste er et supplerende valg. Derfor er vejen til at fremme cyklismen at gøre vejene sikre, nemmere tilgængelige og attraktive for cyklisterne. Dette kan ikke alene skabes gennem infrastrukturelle ændringer. [Ruby, 2016]

Aarhus Kommune er et eksempel på en af de danske kommuner, der med sin målrettede indsats og vision arbejder på at skabe bedre vilkår for cyklisterne. Kommunen har udpeget en række indsatsområder i cykelhandlingsplanen, hvorigennem disse målretter deres arbejde. Ifølge planen har indsatsen for at fremme cykeltrafikken større effekt, når der anvendes flere virkemidler. Anlæg af cykelstier, forbedring af kryds og cykelparkeringer er vigtig, men en bedre effekt opnås, når disse kombineres med informationskampagner og tiltag, der retter sig mod cyklisternes behov. Kommunen har derfor særligt fokus på information og dialog. Disse to virkemidler spiller en stor rolle for at borgerne får kendskab til de mange ny cykelfaciliteter, samt for at kommunen kan forbedre sit arbejde. [Aarhus Kommune, 2007]

På figur 1.1 vises cykeludviklingen på landsplan kontra Aarhus. Det ses, at cykeltrafikken på landsplan er steget ca. 4 pct. fra 2000 til 2015. Tallet fra forrige år viser, at cykeltrafik på landsplan er faldet, og tallet fra 2016 indikerer også et fald på 0,1 pct.[Vejdirektoratet, 2017a]

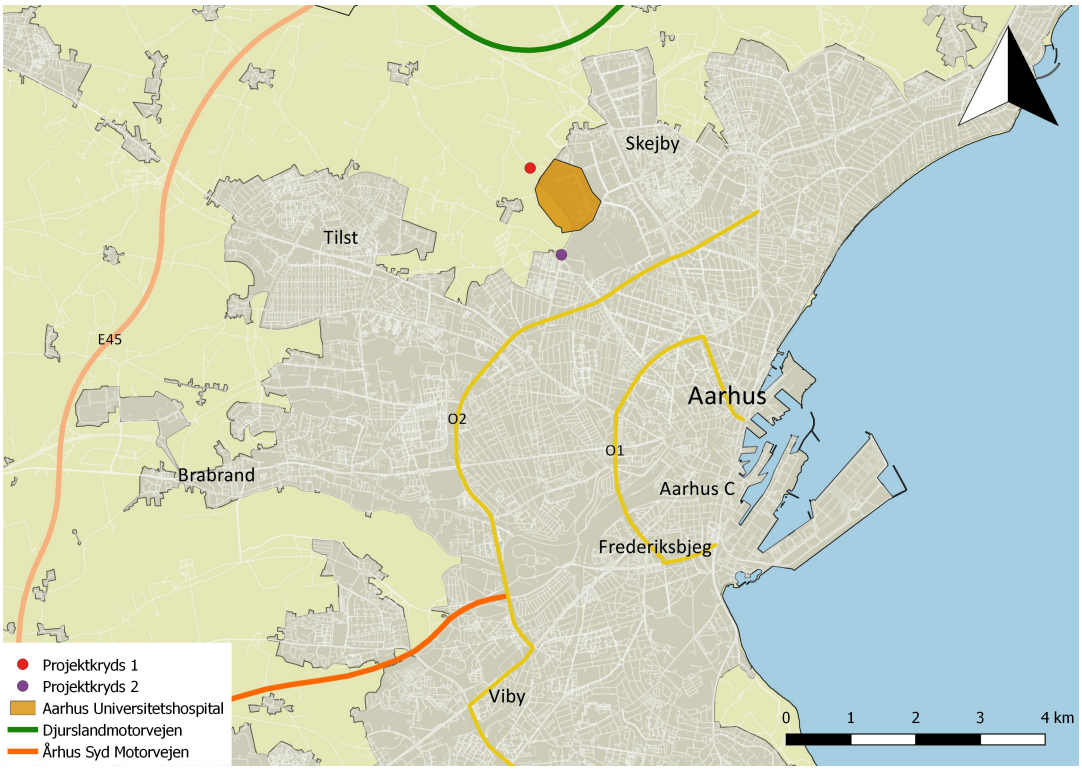
Cykeltrafikken i Aarhus er steget med ca. 29 pct. fra 2000 til 2015. Sammenholdes cykeltrafikkens udvikling med befolkningsudviklingen i Aarhus, giver det en rationel forklaring på cykeltrafikstigningen, da befolkningstallet fra 2000 til 2015 er steget med 34 pct. [Danmarks Statistik, 2001; Aarhus Kommune, 2017a]



Figur 1.1. Cykeltrafik udvikling i Aarhus fra 2000 til 2015. [Aarhus Cykelby, 2015]

Aarhus Kommune vil gerne fortsætte den positive udvikling og arbejder fokuseret på information og åben dialog med cyklisterne. Den åbne dialog har resulteret i, at kommunen indtil videre har valgt at afmærke hjørnespoler i to signalregulerede kryds i Skejby.

Afmærkningen markerer området, dér, hvor den venstresvingende cyklist skal stoppe for at blive detekteret. Denne afmærkning, benævnt venstresvingscykelboks, er en forholdsvis ny vejafmærkning, som kommunen har fået dispensation fra Vejdirektoratet til at anlægge. Krydsene samt det vigtige vejnavne er vist i figur 1.2



Figur 1.2. Ovsigtskort Aarhus, og udvalgte kryds. [Google, 2017]*

1.1 Venstresvingscykelboks

Venstresvingscykelboks er en yderligere service til cyklister i et signalreguleret kryds. Årsagen er, at det har vist sig, at cyklisterne ikke placerer sig oven på de nedfræsede spoler, hvorfor de ikke bliver registreret og dermed får grønt lys. Derfor har kommunen haft flere klager fra borgere, og har derfor, i samråd med Vejdirektoratet og politiet, valgt at markere spolerne. Dette er sket for at gøre det tydeligere, hvor venstresvingende cyklister skal placere sig for at være sikre på, at de detekteres af spolerne i vejen og dermed får grønt lys.

Venstresvingscykelboksen er p.t. indført i to signalkryds: Agro Food Park/Paludan-Müllers Vej/Tyge Søndergaards Vej og Herredsvej/ Paludan-Müllers Vej. De to kryds er vist i figur **??**.

1.1.1 Erfaring fra Odense

Aarhus er inspireret af Odense, som er den første by i Danmark, der har indført afmærkningen. I relation til dette blev Odense Kommune kontaktet for at høre om erfaringer med projektet. På baggrund af besigtigelser og de tidligere forekommende borgerhenvendelser i Odense om, at de ikke var anmeldt i signalet, og dermed, at disse

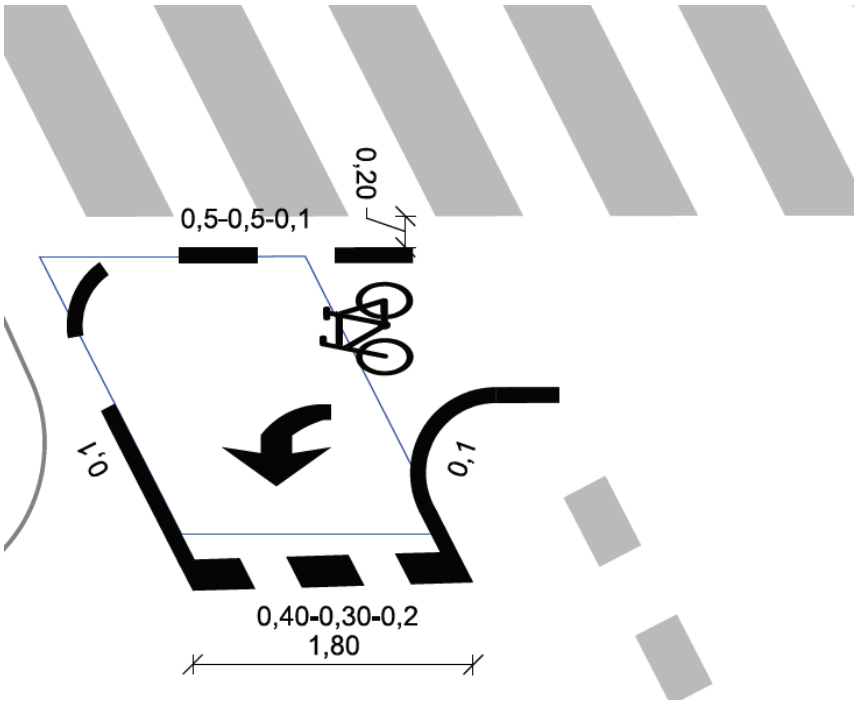
cyklister stod i vejen for højresvingende trafikanter, vurderede Odense Kommune, at der har været positive erfaringer med tiltaget. I dag har Odense Kommune, på baggrund af dette, etableret venstresvingscykelboksen i flere kryds.

Figur 1.3 viser boksen fra pilotforsøget i Odense Kommune; afmærkningen var dog ikke godkendt af Vejdirektoratet. Derfor har kommunen udarbejdet en ny venstresvingscykelboks, illustreret på figur 1.4, som blev godkendt af Vejdirektoratet. Udgangspunktet for indførelse af boksen i Aarhus Kommune er taget ud fra det godkendte, figur 1.4.

Figur 1.3. Pilotforsøget i Odense. Markering ikke godkendt af Vejdirektoratet. [Google, 2017]*

Figur 1.4. Markering i Odense godkendt af Vejdirektoratet. Udført som en lille S 16 fortsat venstresving.[Google, 2017]*

Den godkendte venstresvingscykelboks udføres som en lille S 16-afslutning af sving, der netop bringer cyklisten ind på detektoren. Stoplinjen af afmærkningen udføres stiplet med 20 cm bredde, sideafgrænsningen stiplet med 10 cm bredde, cyklen og svingpil med 60 cm cykelbanesymboler. Detektorerne, som afmærkningen tydeliggør, er typisk 1x2 meter. Figur 1.5 viser venstresvingscykelboksen.



Figur 1.5. Detaljetegning af venstresvingscykelboks, optegnet i krydset Agro Food Park/Paludan-Müllers Vej/Tyge Søndergaards Vej, Aarhus. [Aarhus Kommune, 2017c]*

1.2 Problemformulering

Der findes ikke danske erfaringer med effekter af disse markeringer, og Odense Kommune har ikke lavet en evaluering af venstresvingscykelboksen. Nærværende kandidatspeciale har derfor til hensigt at effektevaluere venstresvingende cyklisters brug af venstresvingscykelboksen. Til dette undersøges de to ovennævnte kryds, hvor boksen er etableret. Disse kryds sammenlignes med to referencekryds, hvor der ikke er etableret bokse. Dataindsamlingen foretages med videooptagelser af krydsene for at identificere cyklisternes adfærd, og behandles med værktøjet Road User Behaviour Analyses (RUBA). Ovennævnte beskrivelse giver anledning til følgende problemformulering:

> *Kan en venstresvingscykelboks påvirke venstresvingende cyklisters adfærd med hensyn til placering i signalregulerede kryds?*

Metode 2

I dette kapitel gennemgås de konkrete arbejdsmetoder, som er anvendt til udarbejdelse af rapporten. Metoderne er litteraturstudie, med- og udenanalyse, dataregistrering og databehandling.

2.1 Litteraturstudie

Litteraturstudiet er foretaget med henblik på at klarlægge cyklisters adfærd og bidrage til viden om anvendelsen af venstresvingscykelboksen i både ind- og udland.

Litteraturen er fundet i databaser, der er baseret på faglitterære artikler og rapporter, herunder Aalborg Universitetsbibliotek (AUB), Transportation Research Information Documentation (TRID), ProQuest, Elsevier og ScienceDirect. Derudover er der søgt på Google Scholar, fagmagasinet Trafik og Veje og Vejregelportalen.

I søgestrategien er der anvendt ordet "Cyklister" som nøgleord, og dermed er ordet kombineret, ved brug af søgeoperatoren "AND" til at tilføje flere ord. Når der anvendes AND i databaser, vises det materiale, der indeholder begge ord. Ved søgning på sammenhængende ord er der anvendt citationstegn, hvorved der kun søges efter ord, der står i samme rækkefølge som ordene, omgivet af citationstegn. Herunder er der angivet de søgeord, som er anvendt, og det samlede antal hits (resultater) lagt sammen fra de ovennævnte databaser.

Cyklister AND Adfærd	2.082
Cyklisters adfærd i kryds	256
Bicycling AND Behavior	57.368
Bicycling AND ”Signalized intersections”	8.783
Cycling AND ”Copenhagen left”	35
Bicycling AND Redlight	17.689
"Left turn"AND "bike box"	187
"Two stage left turn"	89
Signalanlæg AND cykeldetektering	0
"Signalized intersections"AND "bicycle detection"	253

Det store antal hits skyldes bl.a., at søgeordet kan være gennemgående i flere databaser. Søges fx. på AUB, kan det samme søgeord være tilgængeligt på ProQuest, Elsevier osv. og vil fremstå med antal hits på hver database. Det er ligeledes muligt at se, og vælge, hvilke tidsskrifter der er relevante. Klikkes der på emnefeltet, får man mulighed for at vælge, hvilke emner, relateret til ens søgeord, materialet skal vises for.

For at projektgruppen kan begrænse materialet og samtidig dække emnerne bredt nok, er det forsøgt, hvis muligt, at begrænse antal hits ved brug af emnefunktionen, og dernæst at vurdere på overskriften, om materialet kan være relevant. Anses materialet for relevant, bliver resuméet skimmet og vurderet.

Vurderes materialet relevant til litteraturstudiet, bliver materialet gemt direkte i Mendeley, som er et værktøj til bl.a. organisering og deling af litteratur. Her er der oprettet mapper for hvert emne, hvor de relevante materialer bliver gemt. F.eks. blev der i mappen "Cyklistadfærd" gemt 28 materialer, bestående af artikler, rapporter og links til relevante hjemmesider. En anden mappe er "Venstresvingende cyklister", hvor der blev gemt 20 relevante materialer. For mappen "Signalteknik" og "Litteraturstudie" blev der fundet hhv. 5 og 14 materialer. Dette giver et samlet antal på 67 materialer, som fandtes relevante.

2.2 Analysemetode

Den anvendte analysemetode er en med- og udenanalyse. Metoden er valgt, da venstresvingscykelboksene var anlagt på forhånd, hvorved det ikke er muligt at indhente observationsdata fra før anlæggelsen af afmærkninger i projektkrydsene til en før- og efteranalyse, hvilken ville have egnet sig bedre som analysemetode.

Med- og udenanalysen er et observationsstudie, som sammenligner forsøg med og uden implementering af et tiltag. Analysen har den fordel, at det, afhængigt af projekttype, er relativt nemt og hurtigt at gennemføre, hvor der, i modsætning til en før- og efteranalyse, ikke er lange perioder med opfølgning. Dette gør sig især gældende ved trafiksikkerhedstiltag, hvor der er behov for flere års observationer. Fordelen ved med- og udenanalyser er ligeledes, at dataindsamlingen kan forekomme samtidigt, hvorved der ikke er behov for at indsamle data over flere omgange. [Cairney et al., 2012]

I nærværende projektet har metoden den fordel, at optagelser i projektkrydsene og referencekrydsene er foregået samtidigt, hvorved cyklisterne bliver udsat for samme årstidsvariation.

Med- og udenanalysen har dog nogle begrænsninger i forhold til før- og efteranalysen. Gyldigheden af resultaterne ved med- og udenanalysen er afhængig af valget af referencekryds, hvor det er vigtigt, at referencekrydsene har samme karakteristika som projektkrydsene. [Cairney et al., 2012]

Hvis projektkrydsene og referencekrydsene ikke ligner hinanden, vil der opstå en risiko for, at effekterne fra krydsets karakteristika, såsom forskel i placeringen af hjørnespolerne, vil have betydning for cyklisternes placering og derfor kan forveksles med effekterne fra selve tiltaget.

Påvirkning af effekter fra andre faktorer end tiltaget bliver opdelt af Hauer [1997] i fem faktorgrupper, hvilket bør tages i betragtning ved observationsstudier såsom med- og udenanlayser, men primært i en før- og efteranalyse. Heriblandt består den første gruppe af faktorerne vejrforhold, trafikmængde og trafikantadfærd. Disse faktorer ændrer sig betydeligt over tiden, og effekten af disse faktorer bliver reflekteret i resultater fra før- til efter-perioden.

Udover de ovennævnte faktorer ændrer faktorer som befolkningsstørrelse og bilejerskab sig gradvist. Derfor anbefales det, at jo kortere en før- og efter-periode er, desto mindre indflydelse har sådanne gradvise ændringer af faktorer, og desto mere tydelig er effekten af tiltaget. Derimod har korte før- og efter-perioder den ulempe, at faktorer, der skifter brat, f.eks. snevejr, strømfejl eller en rockkoncert, sandsynligvis vil have indflydelse på effekten. [Hauer, 1997]

2.3 Udvalgte kryds

I projektet er der udvalgt fire signalregulerede kryds som projektlokaliteter. I to af krydsene er venstresvingscykelboksene på forhånd anlagt, mens to af krydsene er uden venstresvingscykelbokse. Disse kryds indgår som referencekryds til sammenligning.

I hvert kryds er der udvalgt to hjørner til nærmere analyse, og som udgangspunkt er der foretaget to ugers videooptagelser af disse. Optagelserne anvendes til optælling af venstresvingende cyklister samt kortlægning af cyklisternes placering i forhold til de nedfræsede spoler, som er tiltænkt de venstresvingende cyklister. De to projektkryds, hvor venstresvingscykelboksene allerede er etableret, er udvalgt af Aarhus Kommune. Begge er forholdsvise store kryds med flere vognbaner og separate svingbaner i alle tilfarter.

De to projektkryds, hvor venstresvingscykelboksene allerede er etableret, er udvalgt af Aarhus Kommune. Begge er forholdsvis store kryds med flere vognbaner og separate svingbaner i alle tilfarter.

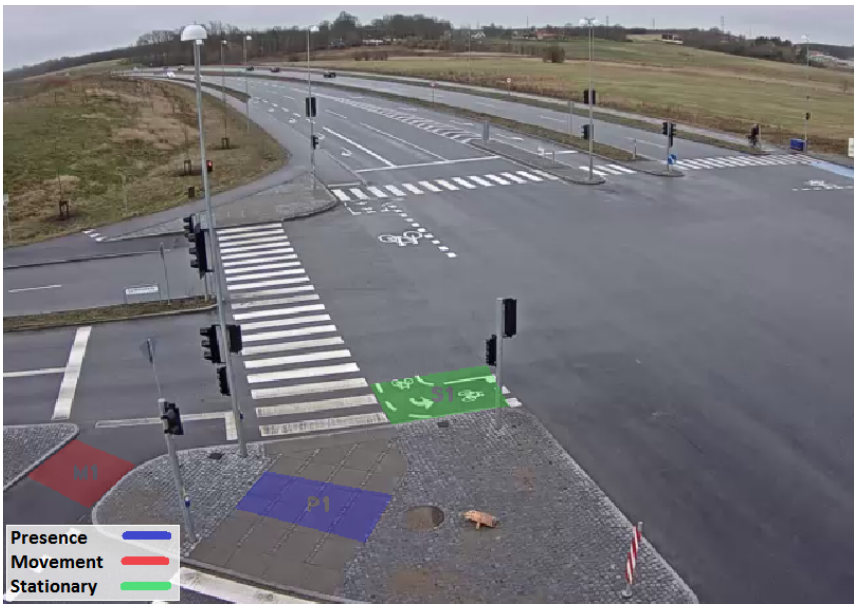
For udpegning af referencekrydsene er det tilstræbt, at krydsene, så vidt muligt, har den samme geometriske udformning og trafikmængde som projektkrydsene i forhold til antal baner i tilfarter og cykelstier i alle krydsben.

2.4 RUBA

Optællingen af venstresvingende cyklister er foretaget ved hjælp af videoanalyseprogrammet Road User Behaviour Analysis (RUBA). Videooptagelser er mindre ressourcekrævende i forhold til manuelle trafiktællinger, hvorved mange timers optagelser automatisk kan analyseres ved hjælp af videoanalyseprogrammer og muligheden for at se optagelserne igen.

De venstresvingende cyklister er opdelt i to kategorier i forhold til deres placering under udførelse af anden etape af venstresvinget i et signalreguleret kryds. Den første kategori er cyklister, som holder oven på spolen, benævnt spolefeltet, og den anden kategori er cyklister, som ikke holder oven på spolen, men et andet sted i krydshjørnet, benævnt uden for spolefeltet. Spolefelter i projektkrydsene er afmærket med venstresvingscykelboks. Det følgende afsnit er baseret på brugermanualen for RUBA Traffic Research Group [Udateret].

Trafikanterne kan registreres ved fire typer detektorer, hvilke er: Presence, Movement, Stationary og Traffic Light. De første tre detektorer er illustreret på figur 2.1.

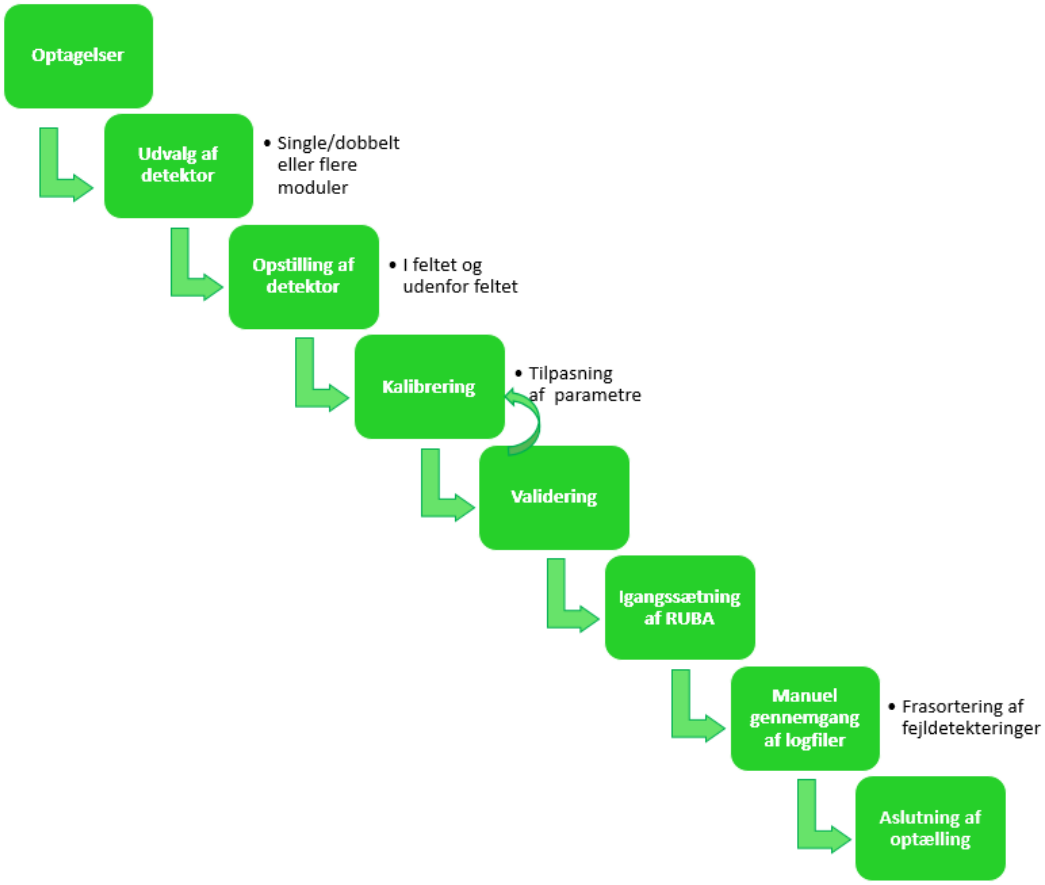


Figur 2.1. Detektor typer optegnet i RUBA, i Projektkrydse 1, nordøstligt hjørne.

Presence detektoren registrerer trafikanter, som ikke er en del af baggrunden, uanset hvilken retning trafikanterne passerer detektoren. Movement detektoren registrerer trafikanter, som bevæger sig i en bestemt retning i et givet område. Stationary detektoren er en kombination af presence- og movement detektoren og detekterer, hvorvidt trafikanter, som ikke er en del af baggrunden, holder stille. Traffic Light detektoren, som stadig er under udvikling, registrerer skift i lyssignalet og kan registrere antallet af rødkørsler.

RUBA kan køre single, dobbelt eller flere moduler. Ved single modul placeres der kun én detektor, ved dobbelt modul placeres der to detektorer, som er afhængige af hinanden og først registrerer en hændelse, når begge detektorer bliver udløst inden for specificerede kriterier. Flere moduler er bestående af flere single moduler. I projektet er det valgt at anvende single modul af Stationary-typen, da dette egner sig bedst til at finde antallet af venstresvingende cyklister, som holder stille i eller uden for spolefeltet. Det er valgt at anvende single modul, da dobbelt modul angav flere detekteringer i projektgruppens tilfælde. På figur 2.1 ses eksempel på placering af detektoren, optegnet på arealet i spolefeltet i Projektkryds 1 i det nordøstligste hjørne, markeret med grøn.

Fremgangsmåden i RUBA for optælling af antallet af venstresvingende cyklister er illustreret på figur 2.2.



Figur 2.2. Fremgangsmåde til databehandling i RUBA.

Første skridt er valget af detektortype, hvilket i alle projektlokaliteterne er valgt som single modul af Stationary-typen. Derefter optegnes detektoren i et videoframe fra projektområderne med RUBAs indbyggede tegneværktøj. Når detektoren er opstillet, skal detektorens parametre kalibreres, så alle cyklister detekteres, mens der, så vidt muligt, sker en frasortering af fejldetekteringer. Dette foretages ved bl.a. at indstille detektorens følsomhed og angivelse af, hvornår en hændelse skal detekteres. For hver gang detektoren aktiveres, gemmes et frame, og detekteringen tilskrives en comma separated values (csv)-fil. Den gemte csv-fil indeholder, for hver detektering, oplysninger om filnavn på videoen, dato, tid for aktivering af detektoren, tid for deaktivering af detektoren, tid for, hvor længe detektoren har været aktiv, samt navn på frame.

2.4.1 Kalibrering

Følsomheden indstilles ved at angive værdier for parametrene minimum speed og max vector count. Minimum speed angiver et mål for, hvor hurtigt et objekt skal bevæge sig for at blive registreret, mens max vector count angiver den maksimale mængde af vektorer, som er over den fastsatte minimumshastighed i det optegnede område.

Konfigurering af en event indebærer angivelse af værdier for parametrene "delete events smaller than"og "collate events within". Delete events smaller than sletter de events, som er mindre end de millisekunder, der er angivet for parameteren. Parameteren er

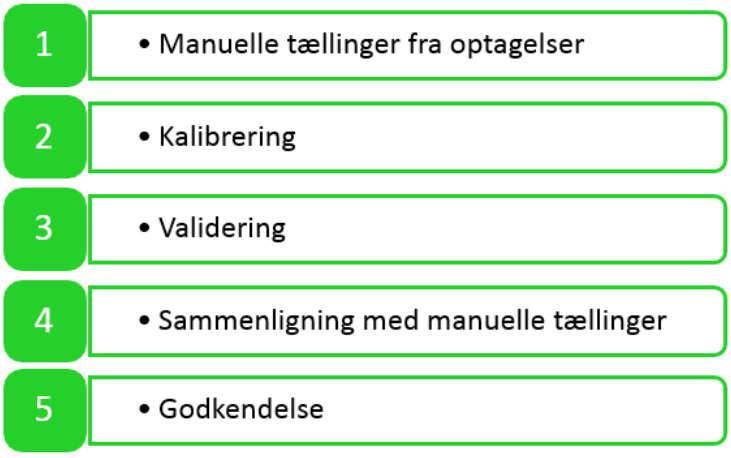
derfor med til at reducere antallet af detekteringer, da kortvarige registreringer fra bl.a. støj, eksempelvis fra lysændringer, skygger fra køretøjer eller omgivelser og rystelser i videokameraet, slettes. Collate events within samler separate detekteringer, som er mindre end de angivne millisekunder, til én event. Denne parameter reducerer derfor antallet af gentagne detekteringer af samme køretøj. Ved angivelse af en høj værdi for parameteren er der risiko for, at flere cyklister – de, som ankommer i flok – bliver samlet som en detektering, hvis der er kort tidsafstand mellem dem.

De andre parametre, som indstilles, er minimum occupation percentage og maximum triggered duration. Minimum occupation percentage angiver, hvor meget af det optegnede område der skal være besat, før et køretøj bliver detekteret. Projektgruppen har oplevet, at kameravinklen har betydning for den angivne værdi, da kameravinklen kan betyde, at kun en lille del af cyklen er inden for det optegnede område. Parameteren maximum triggered duration angiver den maksimale varighed (i millisekunder) af en event. Ved events over de angivne millisekunder for parameteren afsluttes eventen, og en ny starter. Denne parameter kan især have stor betydning i kryds med trafikstyrede signalanlæg, da en manglende detektering af et køretøj kan betyde, at køretøjet holder stille i flere omløb, og derfor kan samme køretøj registreres flere gange, hvis den angivne værdi er for lav.

Når parametrene er kalibrerede, skal detektoren valideres ved at gennemse, om detektorens detekteringer passer med de manuelle tællinger fra samme tidsperiode. Hvis der er en afvigelse, foretages en ny kalibrering af parametrene og derefter en ny validering. Denne proces gentages, indtil detektorens tællinger passer med de manuelle tællinger. Derefter kan RUBA sættes i gang, og optællingen af cyklisterne, som holder i spolefeltet eller uden for spolefeltet, kan påbegyndes.

2.4.2 Validering

Detektorerne valideres i RUBA efter fremgangsmåden illustreret på figur 2.3.



Figur 2.3. Fremgangsmåde til validering af detektor i RUBA.

Der udvælges én eller to timers optagelser, hvor der foretages en manuel tælling af

cyklisterne samt registrering af cyklisternes ankomsttider. Derefter kalibreres detektoren, og en validering sættes i gang ved at lade programmet køre i samme tidsperiode som fra den manuelle tælling. Resultatet fra valideringen sammenlignes med den manuelle tælling med hensyn til ankomsttiden, og resultatet godkendes først, når antallet af cyklister fra den manuelle tælling stemmer overens med antallet af cyklister fra RUBAs tælling. Hvis resultatet ikke godkendes, gentages processen fra punkt 2 i figur 2.3.

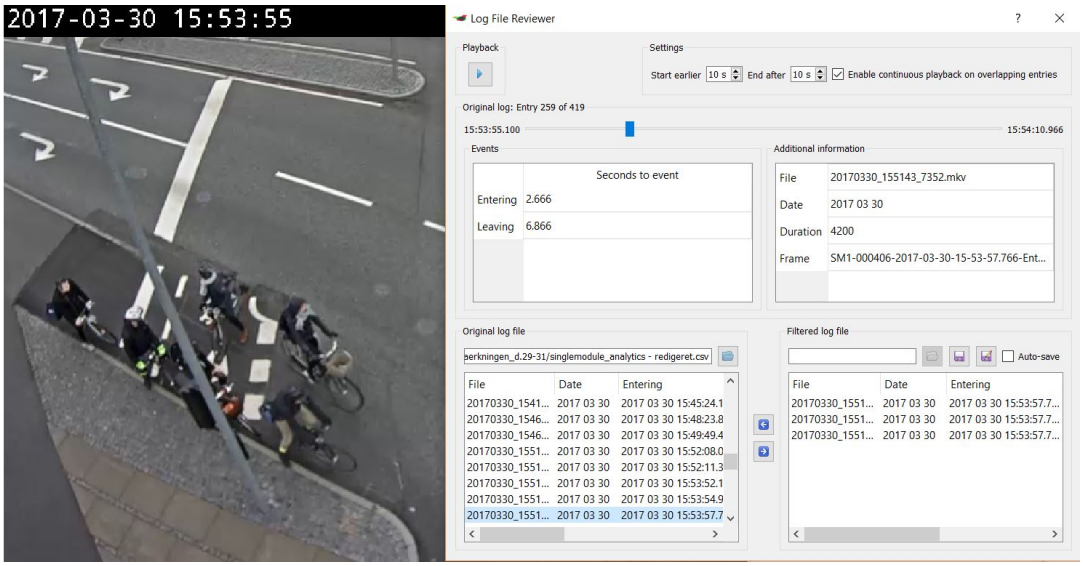
Ved den manuelle tælling er alle cyklister, inkl. de ligeudkørende, med kortvarige stop optalt. I tilfælde, hvor venstresvingende cyklister ikke stopper helt, men fortsætter på grund af grønt signal, tælles de ikke med i den manuelle tælling og bliver heller ikke detekteret i RUBA.

For validering af detektorer med få cyklister flyttes detektoren til et tætliggende område med flere cyklister. Her valideres detektoren efter fremgangsmåden illustreret i figur 2.3. Efter godkendelse af resultatet fra valideringen flyttes detektoren tilbage med de kalibrerede parametre.

2.4.3 Efterbehandling

Efterbehandlingen af resultaterne er foregået over to trin. Det første trin er en manuel frasortering af fejldetekteringer, hvor alle frames bliver gennemgået manuelt, og en stor del af detekteringer med støj og andre trafikanter end cyklister er blevet frasorteret i csv-filen. Det andet trin i efterbehandlingen er foregået med det indbyggede værktøj i RUBA, Log File Reviewer. Log File Reviewer anvendes til frasortering af fejldetekteringer. Af fejldetekteringer er der motorkøretøjer, støj, fodgængere og ligeudkørende cyklister.

Log File Reviewer virker ved at køre csv-filen med alle detekteringer og giver mulighed for at gennemse videofrekvensen med detekteringerne i en valgfri tidshorisont, dog højst 99 sekunder, før eller efter detekteringen. Detekteringer med venstresvingende tilvælges manuelt og gemmes i en filtreret csv-fil. Log File Reviewer giver ligeledes mulighed for at registrere, når adskillige venstresvingende cyklister ankommer samtidigt. På figur 2.4 ses et skærmbillede af anvendelsen af Log File Reviewer, hvor tre cyklister i spolefeltet manuelt er tilvalgt og gemt i en filtreret csv-fil.



Figur 2.4. Skærmbillede af Log File Reviewer, sydvestligt hjørne i Projektkryds 2.

2.5 Statistiske beregninger

For sammenligning af effekten mellem projektkrydsene og referencekrydsene er der udregnet procentsatser for hvert krydshjørne. Fremgangsmåden for beregninger tager udgangspunkt i Kirkwood og Sterne [2003]. På baggrund af procentsatsen udregnes standardafvigelsen med formel 2.1.

$$\mathrm{SE(p)} = \sqrt{\frac{\mathrm{p}^{*}(100-\mathrm{p})}{\mathrm{n}}} \tag{2.1}$$

Hvor:

SE(p) = Standardafvigelse
p = Beregnet procentsats
n = Antal venstresvingende cyklister i alt

Når standardafvigelsen er beregnet, kan det øvre og nedre konfidensinterval beregnes med formel 2.2.

$$\mathrm{CI\ 95\ \%} = \mathrm{p} \pm 1{,}96 * \mathrm{SE(p)} \tag{2.2}$$

2.5.1 χ^2-test

Effekten af venstresvingscykelboks antages at være binomialfordelt, da der kun er to mulige udfald. For at acceptere eller forkaste nulhypotesen om, at der ikke er forskel på projektkryds og referencekryds, er der udarbejdet en χ^2-test.

χ^2-testen er baseret på sammenligning af et observeret antal med et forventet antal, som vil forekomme, hvis nulhypotesen er sand. χ^2-test værdien beregnes med formel 2.3.

$$\chi^2 = \sum \frac{(\mathrm{Observeret} - \mathrm{Forventet})^2}{\mathrm{Forventet}} \tag{2.3}$$

For at vurdere resultatet af testen, udregnes en p-værdi, som udtrykker sandsynligheden for at opnå en teststørrelse, som er lig med eller højere end det opnåede resultat, givet at nulhypotesen er sand. Hvis p-værdien er under det valgte signifikansniveau på 0,05, forkastes nulhypotesen, hvorved der er en statistisk signifikant forskel på kryds med og uden venstresvingscykelbokse. Hvis p-værdien er over signifikansniveauet, accepteres nulhypotesen, hvorved der ikke er en statistisk signifikant forskel. P-værdien beregnes i Excel med formel 2.4.

$$\text{p-værdi} = \text{1-CHI2.FORDELING(CHI2;df)} \tag{2.4}$$

df angiver antallet af frihedsgrader og findes ved antallet af rækker minus 1, multipliceret med antallet af kolonner minus 1.

2.5.2 Kriterier for udvælgelse af hjørner til sammenligning

Inden hjørnerne i projektkrydsene og referencekrydsene sammenlignes, er kriterierne til sammenligningen diskuteret internt. På denne baggrund er der opstillet følgende kriterier:

- Spolefeltets placering i hjørnet i forhold til den tværgående kørebane og afstand til stopstregen for ligeudkørende cyklister
- Fodgængerafmærkning i hjørnet
- Procentsats forskel i henhold til tabel 6.7 og 6.6.

Kriterierne har tilsammen givet en række kombinationer af hjørner med og uden venstresvingscykelboks. Disse kombinationer er opstillet som følger:

- Projektkryds 1 - nordøstligt hjørne kontra Referencekryds 1 - nordvestligt hjørne
- Projektkryds 1 - nordøstligt hjørne kontra Referencekryds 1 - sydøstligt hjørne
- Projektkryds 1 – nordøstligt hjørne kontra Referencekryds 2 – nordvestligt hjørne
- Projektkryds 1 – nordøstligt hjørne kontra Referencekryds 2 – sydøstligt hjørne

- Projektkryds 2 – sydvestligt hjørne kontra Referencekryds 2 – nordvestligt hjørne
- Projektkryds 2 – sydvestligt hjørne kontra Referencekryds 2 – sydøstligt hjørne

- Projektkryds 2 – nordøstligt hjørne kontra Referencekryds 1 – nordvestligt hjørne
- Projektkryds 2 – nordøstligt hjørne kontra Referencekryds 2 – nordvestligt hjørne
- Projektkryds 2 – nordøstligt hjørne kontra Referencekryds 2 – sydøstligt hjørne

Litteraturstudie 3

I dette kapitel er cyklisters adfærd, udførelse af cyklisters venstresving, vejafmærkning, herunder regler for afmærkning af venstresvingscykelboks, detektering i signalanlæg og til sidst er de mest anvendte detekteringstyper for detektering af cykler præsenteret.

3.1 Adfærdsstudie

Venstresvingscykelboks, tidligere benævnt "lille udgave af S16", er tænkt som en forbedring af service og fremkommelighed for venstresvingende cyklister i signalregulerede kryds. Boksen anvendes i både europæiske, midt- og nordamerikanske lande i dag. For at undersøge anvendelsesomfanget er dette litteraturstudie foretaget. I denne forbindelse er det relevant at undersøge, hvilke fordele boksen har for cyklister, og for at kunne forstå cyklister er det relevant at klarlægge deres adfærd.

3.1.1 Cyklisters adfærd

Ifølge Jørgensen [2012] fylder den københavnske cykelkultur meget i fremstillingen af cykeladfærd. Den forvrængede mediedebat fremstiller cyklister som lovløse og egoistiske, der er til fare for sig selv og andre i trafikken. Hun mener, at det ikke er rigtigt, at et stigende problem med cyklisters adfærd skaber mere fare i trafikken. Hun refererer, at i takt med den københavnske fremgang i cykeltrafikarbejdet i årene 1996-2010 er der i samme periode sket et markant fald i antallet af alvorligt tilskadekomne cyklister i trafikken.

Det er den stigende cykeltrafik, der øger trængslen blandt cyklister, og cyklister har ikke fået tilsvarende mere plads, selvom visse cykelstier er udvidet. Håndtering af trængslen kræver koordinering af handlinger, og der er forskellige opfattelser af, hvordan dette skal håndteres. Ved at give cyklister mere plads i form af eget rum og plads i trafikken, vil denne adfærd blive reduceret, Jørgensen [2012]. En undersøgelse fra Politiken med uddrag i Jørgensen [2012] viser, at 22 procent af dem, der ejer en cykel, ville cykle mere, hvis de følte sig mere trygge. Flere og bredere cykelstier kan give mere tryghed.

Hun peger på, at opfattelsen af færdselsregler har stor betydning for cyklisters adfærd. De fleste er enige om, at færdselsreglerne skal overholdes, men at det i praksis er socialt acceptabelt med små overtrædelser, så længe man ikke er til fare for sig selv og andre. De fleste danskere er både bilister, cyklister og fodgængere, og de fleste betragter sig selv som hensynsfulde trafikanter. Når man er i en rolle, synes man altid, at det er de andre, der ikke tager det nødvendige hensyn. [Jørgensen, 2012]

I modsætning til Jørgensen [2012] udtaler projektlederen for Cyklistforbundet, Allen Carstensen, i et uddrag af Pedersen [2012], at løsningen på problemet er flere cyklister, for

når trængslen stiger, vil cyklisterne i fællesskab finde en måde, hvorpå der er plads til alle. For de talrige eksisterende regler iblandt cyklister er i dag ikke flertalsbestemte. [Pedersen, 2012]

Manglende fælles regler kan også skyldes, at danskerne ikke ser sig selv som cyklister, for cykling ligger som så dybt integreret en del af vores kultur, at det ikke er noget, vi tænker over, påpeger han. Det særegne ved Danmark er, at vi springer op på cyklen i normalt tøj og opfører os præcist som vi plejer, og kørselsmåden defineres ud fra individuelle personligheder fremfor en fælles opfattelse af, hvordan man opfører sig på en cykelsti, forklarer han.

Larsen [2014] refererer i sin tekst til programchef for cykelområde i Københavns Kommune, som beskriver cykling i København som "at børste tænder". Cykling blandt danskere er ikke noget, der kræver mange tanker, det er heller ikke en stor identitetsmarkør. Dette forholder sig anderledes i udlandet, hvor cyklisterne er en helt anden type. [Pedersen, 2012]

I udlandet definerer cyklister sig virkelig igennem cykling. Denne forskel er bl.a. velbeskrevet af Larsen [2014] i hans etnografi. Han fortæller, at cyklister i London for det meste er unge og midaldrende mænd på forholdsvis dyre racercykler, iklædt mere eller mindre særligt cykeltøj. Cyklister i London blander sig med biltrafikken og skifter vognbane, hvis de skal overhale, eller når de foretager sving eller drejer i kryds. Cyklisterne har evnet at presse sig imellem biler og påvirker bilerne til at acceptere, at de også er der; sådan vinder de deres del af rummet og flowet. De blander sig med biltrafikken ved at holde et godt tempo, som gør dem synlige og en del af flowet. [Larsen, 2014]

Adfærden blandt cyklister i bildominerede byer som London, New York og Birmingham er, at de kører som bilister. Cyklister gnubber skuldre med biler og holder rytmen med bilhastigheder på travle gader Larsen [2014]. Et studie af bilister i fem forskellige byer i Storbritannien, foretaget af Basford i 2002, med uddrag i Fruhen og Flin [2015] viser, at bilister opfatter cyklisterne som en gruppe, der ikke hører til i trafikken, derfor ser de cyklister som ansvarlige for de vanskeligheder, de oplever, når de konfronteres med cyklister på vejene. Basford beskriver også, hvordan bilisterne er irriterede over, at cyklister befinder sig på kørebanen, især at cyklister væver ind og ud af trafikken, ikke giver tegn og ofte kommer i vejen. De bremser trafikken i lyskryds og opfører sig uforudsigeligt. Denne frustrerende adfærd hos cyklister påvirker chaufførernes adfærd over for cyklister. Tilsvarende frustration findes hos bilister i Australien, især blandt dem, der gentagne gange skulle overhale cyklister. [Fruhen og Flin, 2015]

Der er få landsdækkende undersøgelser om cyklisters adfærd, men i 2014/2015 har Cyklistforbundet i samarbejde med IS IT A BIRD Bureauet foretaget en undersøgelse af forskellige trafikanters oplevelse af cyklisters adfærd. Undersøgelsen består af både en kvalitativ og en kvantitativ del. Det blev undersøgt, hvordan bilister, cyklister og fodgængere opfatter cyklisters adfærd i trafikken. Resultatet viser, at cyklister bryder færdselsreglerne dagligt og opfører sig uhensigtsmæssigt. Der er mange forskellige typer af adfærd, som trafikanter oplever som generende. Blandt de hyppigste er cyklister, som "lytter til musik/bruger mobil, mens de cykler, drejer/stopper uden at give tegn, cykler to eller flere ved siden af hinanden, cykler meget hurtigt, drejer til højre for rødt og overhaler uden at orientere sig bagud først". [Meng og Mikkelsen, 2015]

Disse uhensigtsmæssige adfærdsmønstre er med til at irritere andre og skaber farlige situationer. Musik i ørerne og mobiltelefoner er med til at fjerne cyklisternes opmærksomhed fra trafikken og gør det svært for medtrafikanterne at vurdere deres intentioner. En af de interviewede udtrykker følgende om, hvad der irriterer velkommende, og hvilken adfærd hun bemærker hos cyklisterne, Guldagger [2015]:

> *"... man er sig selv nærmest, man orienterer sig ikke meget i trafikken og glemmer de basale færdselsregler."*

En god trafikkultur kræver, at alle kender og overholder færdselsreglerne. Cyklistforbundet pointerer, ud fra undersøgelsen, at der er en kløft mellem infrastrukturen og adfærden. Problemet mindskes, ved at der arbejdes på begge områder. På den ene side skal cyklister blive bedre til at overholde regler og følge infrastrukturen, og på den anden side er regler og infrastruktur ikke alle steder meningsfulde for cyklister, og derfor skal dette ændres, færdselsregler kan revideres, kommunikeres og håndhæves på en måde, der giver mening for cyklisterne. [Guldagger, 2015]

Glismann og Bockhahn [2015] beskriver cyklister som lovløse og tager udgangspunkt i samme undersøgelse, som IS IT A BIRD Bureauet har foretaget i 2015. De ser byplanlægningen som en løsning på den uforudsigelige adfærd. De nævner, at der er tre roller i trafikken, men kun to faste pladser. Der er tydelige regler for, hvor og hvordan bilister skal placere sig på veje, mens fodgængere har fortovet for sig selv. Så snart der ikke er en cykelsti, tager cyklisten plads enten hos bilisten eller hos fodgængeren. For bilister er cyklister bløde trafikanter og skal ikke blande sig med de hårde trafikanter. For fodgængere er cyklister hårde trafikanter og bliver en trussel mod sikkerheden, når de befinder sig på fortovet eller i et fodgængerfelt. [Glismann og Bockhahn, 2015]

Denne usikkerhed og relative lovløshed afspejles i hverdagen. Så snart der ikke er en cykelsti, bliver cyklisten uforudsigelig og placerer sig efter egen dømmekraft. I undersøgelsen blev deltagerne bedt om at placere sig bedst muligt i forskellige trafiksituationer på en spilleplade. Særligt i vejkryds viser der sig at være problemer for deltagerne. F.eks. ved rødt lys placerede deltagerne cyklen forskellige steder, nogle på indersiden eller ydersiden af bilen, foran eller bagved bilen. Ifølge Glismann og Bockhahn [2015] er der uenighed om, hvor cyklister placerer sig, ganske simpelt fordi der ikke er klare regler for cyklister.

Afmærkningen for cyklisten varierer fra kryds til kryds. Til sammenligning er der ingen tvivl om, hvor bilisten og fodgængeren skal placere sig. Begrænset kommunikation er også med til at gøre cyklisten uforudsigelig. Det er ikke muligt for cyklisten at kommunikere sine intentioner ud, som det er for bilisterne. Cyklister har svært ved at kommunikere bagud; derfor er kommunikationen rettet fremad. Cyklister kommunikerer med tegn, og det kræver, at de slipper styret – selve håndtegnene anses som en usikker kommunikation, fordi cyklisten ikke altid bruger dem. Derfor ender cyklisten med at benytte sig af øjenkontakt; det er, ifølge artiklen, den sidste mulighed for at kommunikere deres intentioner til andre trafikanter. [Glismann og Bockhahn, 2015]

Cyklister har begrænsede muligheder for at vise, hvad de har tænkt sig, især når de muligheder, de har, ikke bliver brugt konsekvent. Deres adfærd medfører mere usikkerhed

og forudsigelighed. Glismann og Bockhahn [2015] foreslår, at cyklister hjælpes til et tydeligere sprog i trafikken, f.eks. ved at skabe infrastruktur, der tager udgangspunkt i cyklistens vilkår. Ved at tænke cyklisterne ind i planlægningen, give dem eget rum på vejen, minimeres den utilregnelige adfærd.

Problemerne forekommer i hele landet, men er størst i større byer, og på landsplan er det i lyskryds, at problemerne er størst. Der er dog stor forskel på, i hvilken sammenhæng problemerne opleves. Adfærden er mest uforudsigelig, når cyklisterne ikke befinder sig på en cykelsti, eksempelvis i vejkryds. Her har cyklisten nemlig ikke eget rum og retningslinjer. Problemet på cykelstierne, blandt cyklisterne selv, er størst i større byer, men forekommer dog over hele landet. [Jørgensen, 2012]

Den forskellige litteratur peger på, at cyklisters adfærd generelt er et bymæssigt problem, især i større byer, hvor konsistensen er størst. Cyklisters adfærd er til gene for både bilister, fodgængere og andre cyklister, dog ikke i det store omfang, som mediebilledet fremstiller det.

3.1.2 Cyklisters adfærd i signalregulerede kryds

Ved mange lyskryds er cyklister den eneste gruppe, der ikke har en klart defineret plads i trafikken. Så snart der ikke er en cykelsti, opleves cyklisten uforudsigelig for andre trafikanter. Cyklisten placerer sig efter egen dømmekraft. Som Guldagger [2015] siger, "er det svært at vurdere, hvor de skal placere sig i kryds for at tage hensyn til egen og andres sikkerhed". Dog er placering ikke det eneste problem, andre trafikanter oplever med cyklister i kryds. Cyklistforbundets ovennævnte undersøgelse viser, at hver fjerde cyklist bryder reglerne i kryds. Herunder ses en daglig fordeling af, hvad trafikanter oplever if. Bockhann [2015]:

- *"34 % drejer til højre for rødt*
- *33 % cykler helt frem i fodgængerfeltet, selvom det er rødt*
- *32 % cykler i fodgængerfeltet*
- *28 % cykler ind mellem en holdende bil og kantstenen*
- *24 % cykler over for rødt"*

Af trafikanter er cyklisten den eneste, der bruger ekstra fysisk energi ved stop. Bilisten har motor, og for fodgængere betyder et stop ingenting. Derfor virker det meget vigtigt for cyklisten at holde sig i bevægelse. Af denne grund kører cyklister dér, hvor forhindringerne er færrest, og vælger at placere sig dér, hvor cyklisten selv kan komme hurtigt frem jf. Bockhann [2015].

I den tidligere nævnte undersøgelse fra Cyklistforbundet er flere trafikanter enige om, at visse regelbrud er i orden. Begrundelsen er, at folk, der kører blindt efter reglerne, opfattes som mindre opmærksomme og er svære at kommunikere med. Trafikanter, der kører på kanten af loven, opfattes som mere opmærksomme og kommunikerer mere. [Glismann og Bockhahn, 2015]

En anden undersøgelse Johnson et al. [2008] fra Melbourne – Australien – undersøger cyklisters adfærd og deres samspil med køretøjer i signalregulerede kryds. Det blev observeret, ud fra 5.420 cyklister, at 3 % om morgenen og 11 % om eftermiddagen kørte

over for rødt. Optagelser om eftermiddagen afslørede tre typer adfærd hos dem, der kørte over for rødt.

- De såkaldte ”racere”, som ved gult accelererede og knap kunne nå at komme over krydset.
- De ”utålmodige”, som stoppede op og ventede, men så cyklede igennem det stadig røde signal.
- ”Løbere”, der cyklede igennem signalet uden at stoppe.

Den største del af cyklisterne, der cyklede over for rødt, var ”løbere”, en tredjedel var ”utålmodige” og en fjerdedel var ”racere”. Samlet er der 11 %, der ikke respekterede signalet og kørte over for rødt, mens de fleste har kørt efter reglerne. Disse adfærdsmønstre kan fremkalde negative reaktioner fra chauffører, der opfattede, at cyklisterne opfører sig respektløst over for færdselsreglerne, og de opfatter cyklister som en homogen gruppe. For resultatet er det derfor vigtigt af fremhæve, at det ikke er alle cyklister, der overskrider signalreglerne, men de, der gjorde, anser ikke rødkørsel som værende stærkt risikobetonet. [Johnson et al., 2008]

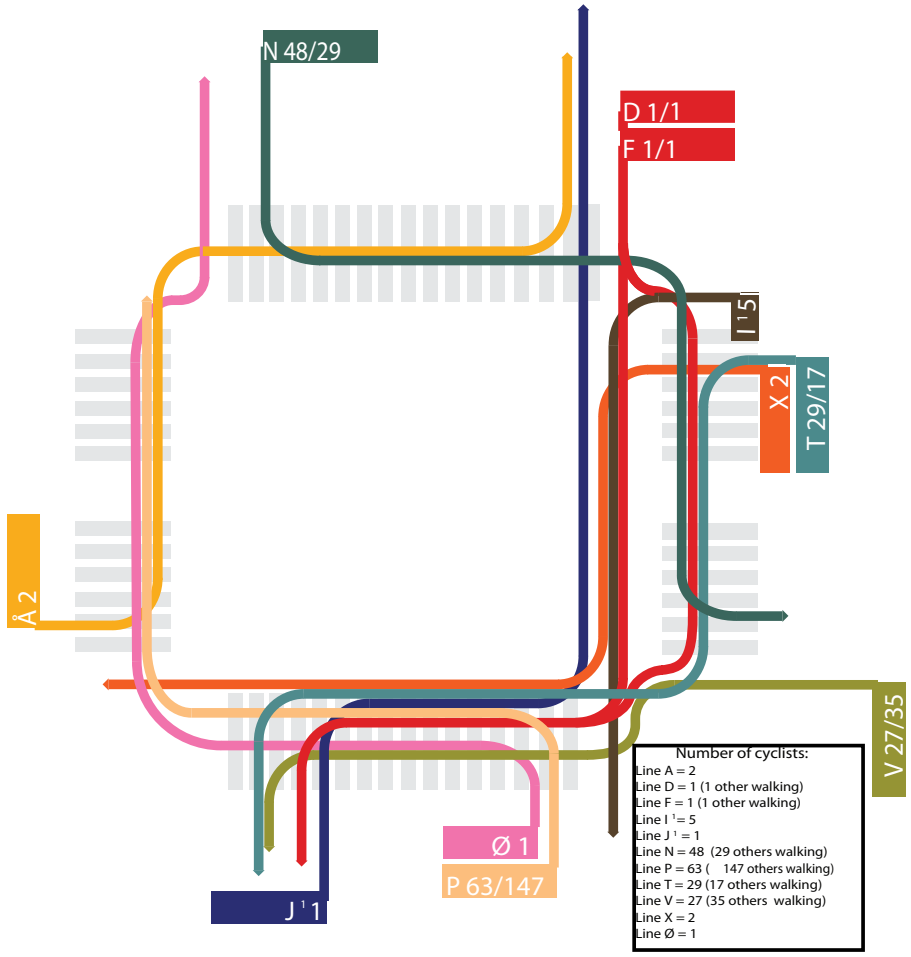
En anden undersøgelse, foretaget blandt arbejdere i Brasilien, viser, at 38 % af de interviewede kørte over for rødt, på trods af at 95 % procent af dem mente, at cyklister skal overholde færdselsreglerne Bacchieri et al. [2010]. Denne undersøgelse viser også, at cyklister kan forholde sig på én måde, men i realiteten opfører de sig anderledes, nemlig når de er på cyklen. Så kører de efter forholdene og behøver ikke at følge reglerne til punkt og prikke.

Et pilotstudie af risikobetonede konflikter i et udvalgt kryds i Roskilde Kommune viser bl.a., at der er aldersforskel i måden, cyklister forholder sig til risikobetonede konflikter i krydset på. Fra videooptagelserne og efterfølgende interviews blev det fundet, at alle interviewede, når det kommer til færdselsreglerne, forholdt sig "pragmatisk moralsk". Det betyder, at de overvejer, hver gang de skal forholde sig til færdselsreglerne, om de er til risiko eller gene for andre. De ældre er mere tilbøjelige til at overholde reglerne, for de vurderer, at det er mest sikkert og hensynsfuldt. Derimod betragtes færdselsregler af de unge som en tommelfingerregel. [Jørgensen, 2016]

Rødkørsel er også blevet observeret blandt cyklister i en undersøgelse, som Copenhagenize Design CO. [2012] har udført. Undersøgelsen er foretaget på baggrund af 12 timers optagelse i et kryds, hvor 16.613 cyklisters kørelinjer bliver undersøgt. Cyklisterne er inddelt i tre typer jf. Copenhagenize Design CO. [2012]:

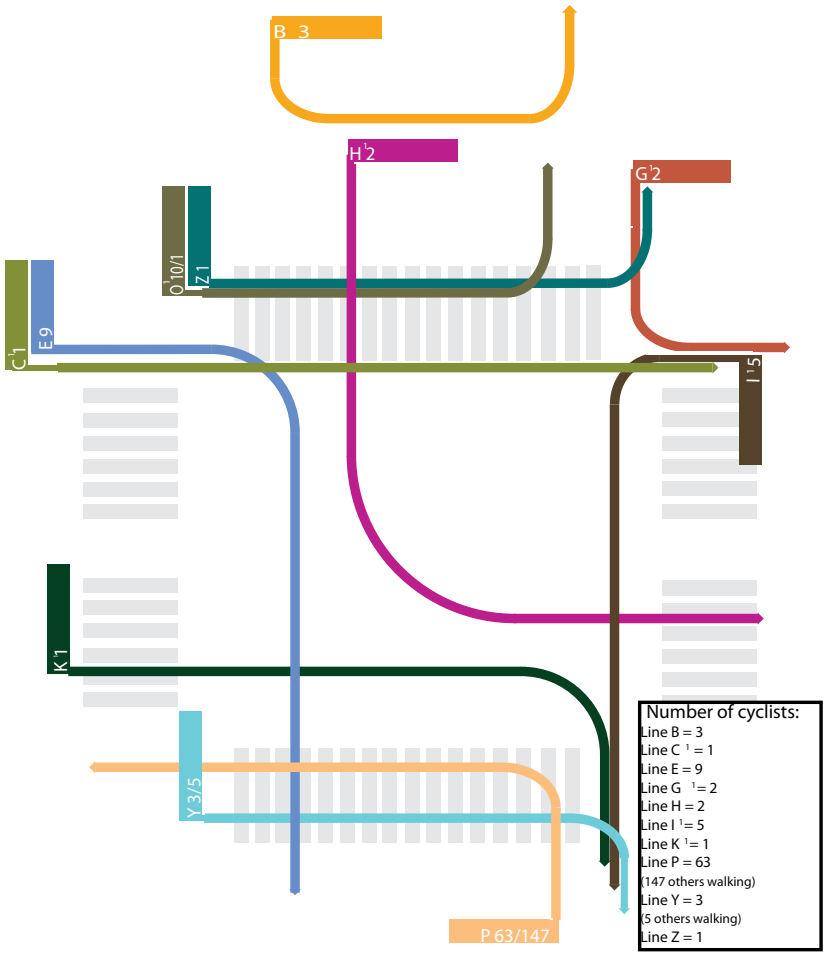
- *"Lovfølger*
- *Impulsiv*
- *Risikovillig"*

"Lovfølger" cykler efter bogen. "Impulsiv" fortolker gældende færdselsregler kreativt og følger de fleste regler, se figur 3.1 for deres bevægelinjer.



Figur 3.1. Bevægelinjer for "impulsive" cyklister. [Copenhagenize Design CO., 2012]

"Risikovillig" følger ikke færdselsreglerne, men derimod egne regler, kører f.eks. over for rødt eller gult, cykler på fortovene og ignorerer cykelinfrastrukturen. Denne gruppes alternative bevægelinjer er illustreret på figur 3.2.



Figur 3.2. Bevægelinjer for "risikovillige" cyklister. [Copenhagenize Design CO., 2012]

Observationen af bevægelinjerne af de 16.613 cyklister viser, at 93 % er "lovfølgere", 6 % er "impulsive" og kun 1 % er "risikovillige". I eftermiddagstimerne steg antallet af "impulsive".

Undersøgelsen viser, at cyklister, ligesom fodgængere, er kreative til at skabe sig bevægelinjer, der passer deres rejse med henblik på at komme hurtigt frem. Cyklen giver brugerne mulighed for frit at bevæge sig mellem fodgængere og biler, deres taktik beskrives som kamæleonlignende adfærd, da de ændrer udseende, dvs. kropssproget på cyklen, når de skal igennem krydset. Så snart de har udført deres sving og har nået cykelstien, vender de tilbage til deres typiske cyklistkropsholdning. Der er to typer kamæleonagtig adfærd: enten at opføre sig som bilist eller som fodgænger. [Copenhagenize Design CO., 2012]

Den første type af kamæleonagtig adfærd er, når cyklisten prøver at efterligne bilisten ved at kopiere bilistens handlinger. De bruger krydsets bilbane til at svinge til venstre i krydset. Deres kropssprog og køremåde forvandles, de anlægger en mere aggressiv kropsholdning og kørsel.

Den anden type er, når cyklisten prøver at efterligne fodgængere. Cyklisten bliver en slags kentaur, står på én pedal og ruller langsomt igennem. Det gør, at cyklisten fortsætter sit

momentum, men også at han hurtigt hopper af cyklen, hvis det bliver nødvendigt. Nogen cyklister retter ryggen eller står på cyklen, når de ruller tværs over vejen i fodgængerfeltet. Dette gør dem større og mere synlige.

I undersøgelsen er også observeret menneskers generelle tendens til at følge lederen. Her ses det, at cyklisters adfærd har indflydelse på andre cyklister i krydset. Denne adfærd ses bl.a. i forhold til stop i lyskryds. Placerer den første cyklist sig bag ved stopstregen, gør den efterfølgende cyklist ofte det samme. Hvis første cyklist placerer sig foran stopstregen, følger de efterfølgende cyklister samme mønster. Dette skete også, efter at en venstresvingende cyklist placerede sig efter stopstregen. Den faktiske adfærd er afhængig af krydsudformningen, men nogle gange placerer cyklisten sig foran stopstregen for at få en fordel i forhold til bilerne.

Cyklister, der fulgte efter den første, lederen, og dannede en flok og ventede i en gruppe, blev gang på gang gentaget i løbet af de 12 timers observation. Denne gruppering er acceptabel blandt cyklister, og de udtrykker denne accept igennem små kropslige bemærkninger, et lille smil eller sideblik. [Copenhagenize Design CO., 2012]

Den adfærd, at cyklister samler sig i grupper eller bevæger sig flere på cykelstier, kaldes for flokmentalitet. Adfærden er også genkendt blandt bilister, når de svinger i signalregulerede kryds, og blandt cyklister, mest i byer med mange cyklister jf. Jørgensen [2016]. Flokmentalitet betyder, at når cyklisten kører i en gruppe, følger vedkommende bare med og så forsvinder hensynet til de andre meget hurtigt. Hvis andre kører for gult eller rødt, vil cyklisten tænkte, at det ikke gør noget, at "jeg" følger med. Flokmentalitet skaber cyklister, der er vante til at køre stærkt, tæt og effektivt. [Guldagger, 2015]

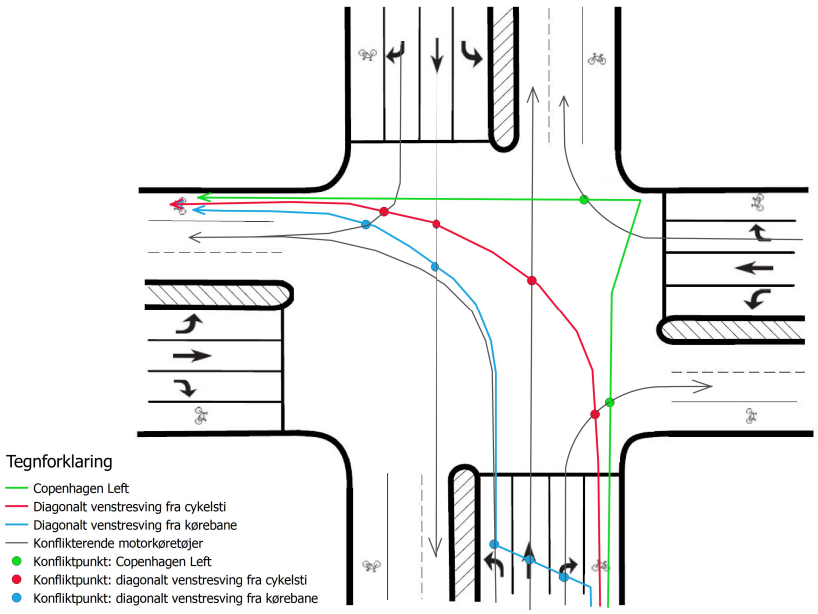
3.2 Venstresving i signalregulerede kryds

I Danmark skal venstresvingende cyklister i signalregulerede kryds foretage svinget i to etaper, hvor cyklisten først kører til krydsets modsatte hjørne, stopper op og derefter afventer grønt i den nye færdselsretning. Dette går typisk blandt udenlandske planlæggere under navnet "Copenhagen Left". [Larsen og Funk, 2015]

Copenhagen Left er ikke kun implementeret i Danmark, men er ligeledes implementeret i et stort antal europæiske og asiatiske byer samt i en del nordamerikanske og canadiske byer. [Chen og Shao, 2014]

Udover Copenhagen Left er det i Storbritannien og mange nordamerikanske byer almindelig praksis, at venstresvingende cyklister placerer sig i banen for de venstresvingende (højresvingende i Storbritannien) motorkøretøjer og følger signalet dedikeret til de venstresvingende (højresvingende) køretøjer. Denne praksis udføres især i signalregulerede kryds uden en dedikeret cykelbane eller ved kryds med meget lav cykeltrafik. En anden variation af denne praksis udføres i en del asiatiske lande, herunder Kina, hvor cyklisterne skal foretage et diagonalt venstresving fra cykelbanen. [Chen og Shao, 2014]

I figur 3.3 er de tre variationer af venstresving for cyklister samt konfliktpunkterne med biltrafikken illustreret.

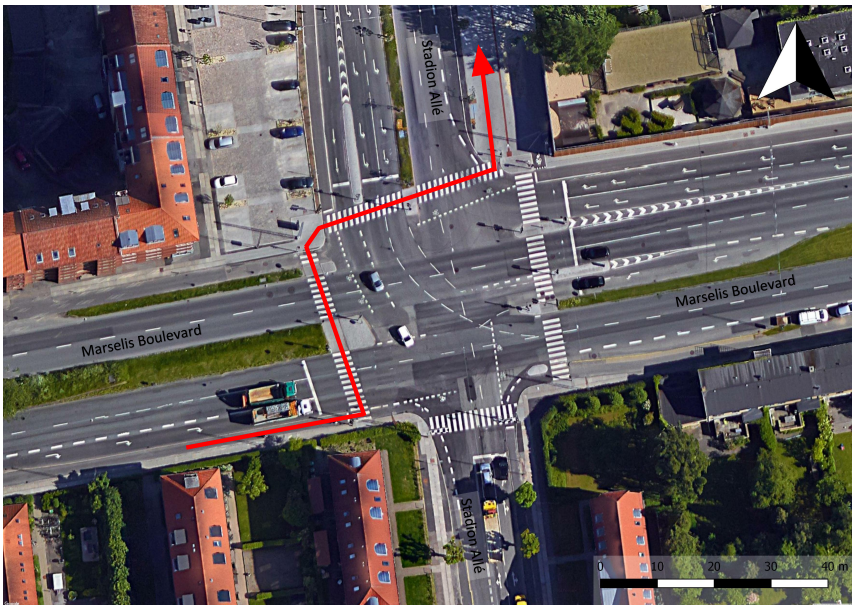


Figur 3.3. Konfliktpunkter ved de tre variationer af venstresving for cyklister. [Chen og Shao, 2014]*

Fordelen ved Copenhagen Left er, at cyklisterne udsættes for færre potentielle konflikter end ved de to andre variationer med diagonalt venstresving. Ved Copenhagen Left har de venstresvingende to konfliktpunkter, hvilke er med de højresvingende køretøjer. Ved de to variationer af diagonalt venstresving udsættes cyklisterne for potentielle konflikter fra bagfrakommende køretøjer samt ligeud- og højresvingende køretøjer fra den modsatte vejbane. Ulempen ved Copenhagen Left er, at cyklisterne kan risikere at holde for rødt i to omgange. På den anden sider betyder et diagonalt venstresving sammen med biltrafikken, at cyklisterne sparer tid, da svinget ikke skal foretages i to etaper. [Larsen og Funk, 2015]

Den forlængede ventetid for cyklisterne kan betyde, at flere vælger at benytte fodgængerfeltet på cyklistens venstre side, enten lovligt ved at trække cyklen, eller ulovligt ved at cykle over fodgængerfeltet. Samme handling udføres i fodgængerfeltet på den tværgående vejgren ved grønt lys, hvorved cyklisten sparer et rødt lys. [Larsen og Funk, 2015]

Denne bevægelinje illustreres, på gruppens Referencekryds 1, på figur 3.4.



Figur 3.4. Cyklisters venstresving over fodgængerovergang. [Google, 2017]*

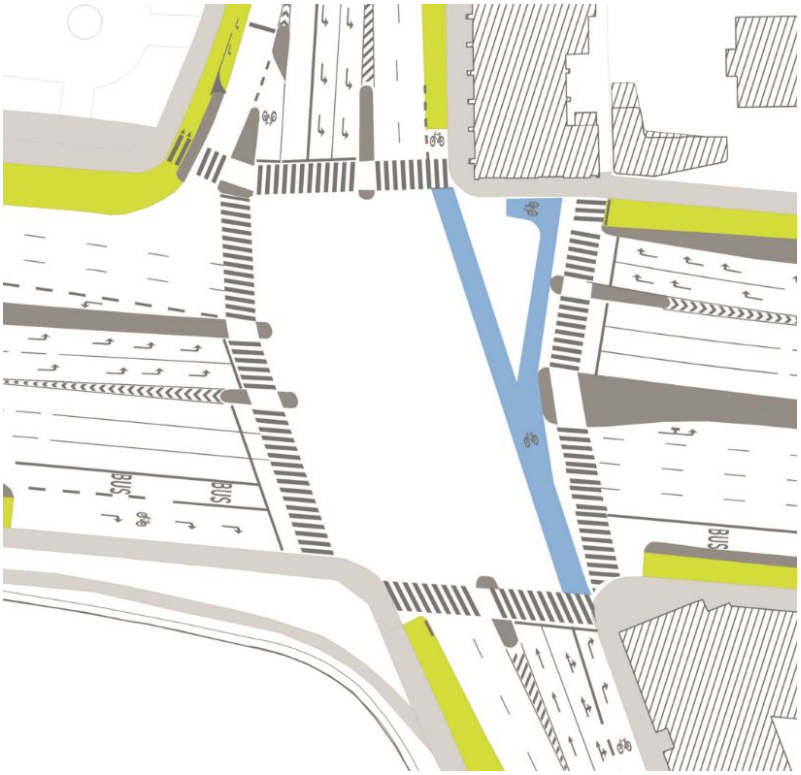
Dette sker på trods af, at Copenhagen Left, ifølge færdselsloven, er tilladt at foretage i samme fase, så længe det kan gøres på en forsvarlig måde:

> *"Kap. 7 §49 stk.3: [...] Cyklister, der ønsker at svinge til venstre, skal fortsætte gennem krydset til dets modsatte side og må først foretage svingningen, når det kan ske uden ulempe for den øvrige færdsel. Dette gælder uanset afmærkning, medmindre det fremgår af denne, at den gælder for cyklister [...]."* [Transport- Bygnings- og Boligministeriet, 2017]

Ifølge Larsen og Funk [2015] er det ganske få, som kender til paragraf 49 stk. 3. En rundspørge af samme forfattere viser, at kun omkring 10 % af adspurgte venstresvingende cyklister ved Ingerslevsgade ved Dybbølsbro Station i København kendte til loven. Dette manglende kendskab betyder, at flere venstresvingende cyklister venter unødvendigt i krydset uden krydsende trafik med forhøjede ventetider til følge. Forfatterne foreslår at vejmyndigheder, med fokus på mindre trafikerede kryds, udfører kampagner, som skal oplyse cyklisterne om muligheden for at gennemføre venstresvinget i samme fase. Oplysningen kan ligeledes udføres ved re-design af lyskryds og ny skiltning.

Det er dog ikke altid ønskeligt, at venstresvingende cyklister benytter sig af §49 stk. 3. Dette er især gældende i store kryds med meget trafik. I forbindelse med indførelsen af letbanen på Ring 3 omkring København regner Sonne og Olesen [2014] med, at §49-venstresvinget vil udgøre et problem ved krydsning af letbanen. §49-venstresvinget regnes i praksis som rødkørsel, da cyklisten ved venstresvinget udsættes for samme konfliktende strømme i krydset. Sonne og Olesen [2014] foreslår som løsningsmulighed, at kryds, hvor letbanen er implementeret, udformes med venstresvingsholdepladser, separat cykelsignal, visuelt for de venstresvingende samt lyd/lyssignal, som aktiveres, når letbanen kører mod krydset.

I krydset Gyldenløvesgade/Nørre Søgade i København er der implementeret en venstresvingsholdeplads, som skal give mulighed for, at mange venstresvingende kan vente på grønt samtidigt uden at stå i vejen for de ligeudkørende cyklister Sonne og Olesen [2014]. Venstresvingsholdepladsen i krydset mellem Gyldenløvesgade og Nørre Søgade er illustreret på figur 3.5.



Figur 3.5. Venstresvingsholdeplads i krydset mellem Gyldenløvesgade og Nørre Søgade i København [Sonne og Olesen, 2014].

Venstresvingende cyklisters placering i signalregulerede kryds kan generelt ligeledes udgøre et problem. Problemerne kan opstå, hvis cyklisterne står i vejen for højresvingende bilister eller ved trafikstyrede signalanlæg med detektering.

I trafikstyrede anlæg er det trafikken, som styrer grøntidens længde. Derfor kræver automatisk detektering af venstresvingende cyklister, at de stopper på et veldefineret område for at blive detekteret. [Vejdirektoratet, 2000]

I et idékatalog for cykeltrafik, udgivet af Vejdirektoratet [2000], bliver det forslået, at problematikken med detektering løses ved afmærkning, og figur 3.6 indgår som inspiration i kataloget.

Figur 3.6. Venstresvingsspoler for cyklister afmærket med blå baner. [Vejdirektoratet, 2000]

Problematikken i udvalgte kryds i Odense og Aarhus er løst ved afmærkning af hjørnespolerne, se figur 1.5. Samme løsning med venstresvingscykelboks er blevet implementeret i forskellige kryds i USA samt i Canada, se figur 3.7 og figur 3.8.

Figur 3.7. Venstresvingscykelboks, Portland, Oregon. [National Association of City Transportation Officials, 2014a]

Figur 3.8. Venstresvingscykelboks, Ottawa, Canada. [National Association of City Transportation Officials, 2014a]

Udformning kaldes bl.a. en "two-stage turn queue box" eller en "left turn bike box" og skal give cyklisterne en sikker måde at foretage venstresving på i kryds, samt nedsætte antallet af konflikter, som cyklisterne udsættes for. [National Association of City Transportation Officials, 2014a; The Regional Municipality of York, 2017]

3.3 Vejafmærkningsregler

Vejafmærkning er et middel, som anvendes til at kontrollere og guide trafikken. Disse er vigtige på veje i byområder og i kryds, da afmærkning fremmer trafiksikkerheden og supplerer meddelelser, formidlet af vejskilte og signaler. [UTTIPEC, 2009]

For at opnå en international standard for færdselstavler, -signaler og vejafmærkning, blev konventionen for færdselstavler og -signaler i 1968 underskrevet i Wien og trådte i kraft i 1978, UNECE [2006]. Konventionen har 65 kontraherende lande, heriblandt Danmark. [UNECE, 2017]

En international standardisering af skiltning og afmærkning er en vigtig faktor i at minimere forvirring og usikkerhed om deres betydning og reducere antallet af dræbte og tilskadekomne i trafikken. [UNECE, 2006]

Vejafmærkning i Danmark skal udføres i henhold til bekendtgørelsen om vejafmærkning. Bekendtgørelsen indeholder bestemmelser om vejafmærkningens udformning og betydning. Reglerne om brug og administration af vejafmærkning, herunder krav til afmærkningens tekniske udførelse og opstilling, findes i Vejdirektoratets bekendtgørelse om anvendelse af vejafmærkning. [Transport- og Bygningsministeriet, 2016]

Der anvendes følgende typer afmærkning på kørebanen, jf. Transport- og Bygningsministeriet [2016]:

- Q: Længdeafmærkning
- R: Pilafmærkning
- S: Tværafmærkning
- T: Afmærkning for standsning og parkering
- V: Tekst og symboler på kørebanen m.m.

I tilfælde af vejprojekter, som er i modstrid med, eller som ikke fremgår i bekendtgørelsen om vejafmærkning, kan en kommunal vejmyndighed anmode om dispensation, jævnfør § 3. [Transport- og Bygningsministeriet, 2016]

3.3.1 Afmærkning af venstresvingscykelboks

Da afmærkning af hjørnespoler for de venstresvingende cyklister ikke fremgår af bekendtgørelsen for vejafmærkning, skal en kommunal vejmyndighed anmode om dispensation hos Vejdirektoratet ved etablering af denne type afmærkning. Afmærkningen males på asfalten over hjørnespolen og udformes som en mindre udgave af S 16-afmærkningen.

S 16-afmærkningen anvendes til afslutning af svingbane og angiver, hvor svingende trafikanter skal stoppe, hvis dette er nødvendigt for at efterkomme færdselslovens bestemmelser for svingende trafik. S 16-afmærkningen udføres som en bred, punkteret linje på tværs af kørselsretningen i svingbanen. [Transport- og Bygningsministeriet, 2016]

En mindre udgave af S 16-afmærkningen anvendes til afmærkning af hjørnespoler, da samme betingelser gør sig gældende for de venstresvingende cyklister, jf. § 49 stk. 3 i færdselsloven.

Ved placering af S 16-afmærkningen må køretøjer, der holder ved linjen, ikke være til ulempe for anden færdsel, som den holdende har ubetinget vigepligt overfor, jf. § 188 i bekendtgørelse for anvendelse af vejafmærkning. Dette betyder, at de holdende cyklister ikke må være til ulempe for de tværkørende cyklister fra venstre og for de højresvingende

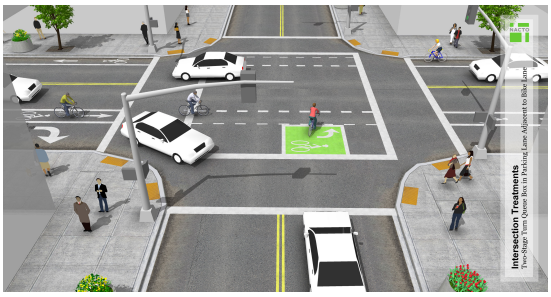
motorkøretøjer, hvis der indgår højre grønt-pil-signal, samt de højresvingende cyklister, som benytter sig af "højresving tilladt for rødt".

Tværafmærkningen, S 16, kombineres med længdeafmærkningen, Q 41 vognbanelinje, som kan anvendes i vejkryds til at lede den svingende trafik. Det afmærkede område suppleres med vognbanepile, R 11. I kryds kan pilene anvendes til at angive, hvorledes køretøjer mest hensigtsmæssigt kan placere sig under svingning. Pile på kørebanen gælder normalt ikke for cyklister og førere af lille knallert, men skal anvendes sammen med cykelsymbol, jf. § 57. Cykelsymbol, V 21, angiver, at cyklister og førere af lille knallert skal benytte den pågældende del af vejen. [Transport- og Bygningsministeriet, 2016]

3.3.2 Venstresvingscykelboks i USA

I USA er der udarbejdet en guide, Urban Bikeway Design Guide, som skal følges ved etablering af en "Two-stage turn queue box". Guiden beskriver nogle krav, anbefalinger og valgfrie funktioner ved etablering af Two-stage turn queue box.[National Association of City Transportation Officials, 2014a]

Boksen udformes som en kvadratisk eller rektangulær boks og skal inkludere cykelsymbol og pilafmærkning, som tydeligt viser den korrekte retning og position for cyklisterne. Boksen skal placeres i et sikret areal, hvilket typisk vil være inden for helle mellem kørebane og cykelbane eller mellem cykelbane og fodgængerovergang, illustreret på figur 3.9 og figur 3.10.



Figur 3.9. Placering af boks mellem cykelbane og fodgængerovergang. [National Association of City Transportation Officials, 2014b]

Figur 3.10. Placering af cykelboks indenfor helle mellem kørebane og cykelbane. [National Association of City Transportation Officials, 2014b]

Guiden anbefaler, at boksen farves, eksempelvis i en grøn farve for synliggørelse af boksen. Ligeledes anbefales det, at i kryds, hvor geometrien ikke tillader etablering af venstresvingscykelboks, skal cyklisterne ledes over fodgængerovergangen og placere sig sammen med de ligeudkørende cyklister. Dog skal antallet af fodgængere være lavt, da cyklisterne har vigepligt over for fodgængerne. Udover krav og anbefalinger nævner guiden nogle valgfrie funktioner, som kan opføres for synliggørelse eller forbedring af boksen. Det nævnes, at der kan opsættes skiltning til oplysning om den korrekte placering i venstresvingscykelboksen, se figur 3.11 og figur 3.12. Desuden nævner guiden, at der kan indføres signal i lyskrydset til cyklisterne: Svingende cyklister bliver holdende i

venstresvingscykelboks indtil signalskift til grønt.

Figur 3.11. Skiltning angående brug af venstresvingscykelboks i Cambridge jf. Charles River Transportation Managment Association [Udateret].

Figur 3.12. Skiltning angående brug af venstresvingscykelboks, City of Saskatoon, Canada. [City of Saskatoon, 2017]

Desuden nævner guiden, at der kan indføres signal i lyskrydset til cyklisterne, svingende cyklister bliver holdende i venstresvingscykelboks indtil signalskift til grønt.

3.4 Trafikdetektering i signalanlæg

I Danmark er spoler den mest benyttede detekteringsform i signalanlæg, men kamera og radar kan ligeledes anvendes. I det følgende afsnit beskrives de tre detektorteknologier i signalanlæg. Herefter beskrives detektering af cykler med de tre nævnte detekteringsteknologier.

3.4.1 Spoler

Spoler fræses ned i asfalten og anvendes i signalanlæg til anmeldelse og tilstedeværelse af trafik, som derved forlænger grøntiden eller giver grønt til den holdende trafik. Spoler kan enten nedlægges som enkelt- eller dobbeltspole. Enkeltspole har den funktion at registrere køretøjer samt at registrere, hvor længe køretøjet har holdt stille. Ved at nedlægge dobbeltspoler kan trafikdata, f.eks. hastighed, køretøjslængde og køretøjstype beregnes. Spolen består af elektriske tråde, som lægges ned i nogle omgange i en fræset rille i asfalten. Antallet af omgange trådene føres rundt, har betydning for spolens følsomhed, og derved om et køretøj bliver registreret. Når et køretøj passerer over spolen, registreres en ændring i den elektriske strøm i spolen, hvilket sker pga. den magnetiske påvirkning fra køretøjets metaldele. Fordelen ved spolen er, at det er muligt at registrere trafikken i meget høj kvalitet, og teknologien har en lang levetid. Ulempen ved detektorspolen er, at spolen er

sårbar over for sporkøring, asfaltarbejde og gravearbejde i fortov og rabat. [Vejdirektoratet, 2012]

3.4.2 Kamera

Detektering med kamera kan anvendes til f.eks. tilstedeværelse, anmeldelse, køretøjshastighed og køretøjstype. Detekteringen af køretøjer med kamera foregår ved, at hvert billede, som tages med kameraet, bliver digitaliseret, dvs. inddelt i kvadratiske felter, kaldet pixels. Databehandlingsenheden bruger ændringerne i billedets pixel til at registrere tilstedeværelsen af køretøjer i kameraets synsfelt. Afhængigt af databehandlingssoftwaren kan detekteringen afgrænses til specielle områder af billedet, så der kan detekteres i flere vognbaner, uafhængigt af hinanden, på samme kamera. Fordelen med kameraet er, at det, udover anmeldelse og tilstedeværelse, kan bruges til en lang række andre formål såsom hændelsesdetektering og køregistreringer. De er desuden nemme at installere, da de kan monteres på eksisterende master. Ulempen ved kameradetektering er, at de ofte er vejrafhængige. [Vejdirektoratet, 2012]

3.4.3 Radar

En radar fungerer ved at udsende mikrobølger, som reflekteres tilbage af objekter i radarens detekteringsfelt. Mikrobølger udsendes kontinuerligt, hvorved registrering af køretøjer foregår på baggrund af refleksionen. Bevæger køretøjet sig i forhold til radaren, vil den reflekterende mikrobølge, som vender tilbage til radaren, have en anden frekvens, end da den blev udsendt. Frekvensændringen kan anvendes til at beregne køretøjets hastighed og bestemme køretøjets kørselsretning. Et køretøj med retning mod radaren vil reflektere en kortere bølgelængde end den udsendte, mens et køretøj med retning væk fra radaren vil reflektere længere bølgelængder tilbage til radaren. Fordelen ved radardetektering er, at den typisk ikke er vejrafhængig. [Vejdirektoratet, 2012]

En undersøgelse udarbejdet af Jakobsen og Knudsen [2013] konkluderer at radardetektering har mulighed for detektering svarede til detektorspoler.

3.5 Cykeldetektering i signalanlæg

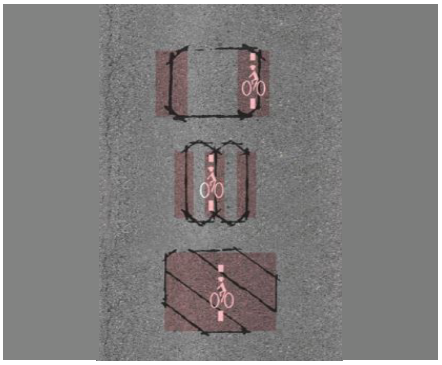
Trafiksignaler er omdrejningspunktet i byernes trafikafvikling. I storbyer uden trafiksignaler vil trafikken bryde sammen med konsekvenser for trafikafvikling og -sikkerhed. Dog medfører trafiksignaler også ulemper for trafikanterne såsom forsinkelser (ved stop), støj for omgivelserne og energiforbrug til start efter stop; for bilisten i form af økonomi, men for cyklisten fysisk energi. [Lauritzen, 2009]

Som det tidligere er nævnt, er cyklisterne den gruppe, der bruger mest energi ved stop. Det resulterer i cyklister, der ikke stopper og fortsætter igennem signalet, der viser rødt, hvorimod andre – de fleste – respekterer signalet. For at støtte op omkring disse cyklister er det vigtigt med gode detekteringsløsninger. Cyklister i trafikstyrede anlæg bliver enten detekteret manuelt ved hjælp af en knap, eller automatisk, ved at de holder på detektorfelter.

Det mest benyttede detekteringsform i dag er spoler, som har sine fordele, men også ulemper. Detektering med spoler kræver, at cyklisterne placerer sig på spolen. Dette beskrives nærmere i næste afsnit. Udfordringen ved spoler er, at der kan opstå fejlregistrering eller slet ingen registrering af cykler, fremstillet af bestemte materialer. Dette er cykler, fremstillet af karbon, mens en almindelig cykel, på grund af et højere metalindhold, bliver detekteret. [Federal Highway Administration, 2011]

Jo mere metal cyklen består af, desto nemmere er det at blive detekteret. Detektoren kan gøres følsom nok til at opdage selv meget små mængder af metal, hvis cyklen er placeret på det bedste sted for detektion. [Volling, 2013]

En måde at retlede cyklister til den korrekte placering på, er at afmærke, hvor cyklisterne skal placere sig på spolen. Denne type afmærkning er udført i flere nordamerikanske byer og anbefales i den amerikanske "Manual on Uniform Traffic Control Devices" (MUTCD), som definerer en landsdækkende standard inden for trafikkontrol. Manualen anbefaler ligeledes, at afmærkningen suppleres med skiltning som vejledning af afmærkningen [Federal Highway Administration, 2009]. På figur 3.13 og 3.14 ses eksempler med afmærkning af spolen.



Figur 3.13. Vejledende placering på spolen. [National Association of City Transportation Officials, 2014a]

Figur 3.14. Vejledende placering på forskellig spoletyper. [National Association of City Transportation Officials, 2014a]

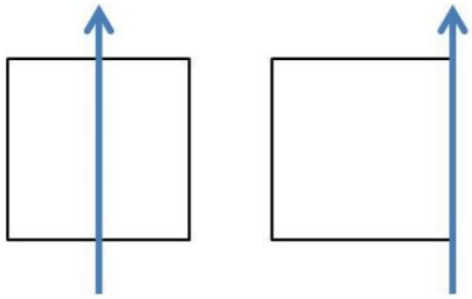
I det følgende præsenteres tre detekteringsformer, der kan anvendes til detektering af cyklister. Nye teknologier gør det muligt at registrere cyklen på lang afstand. En tidligere registrering hjælper cyklisten til at køre igennem krydset uden at stoppe.

3.5.1 Spoledetektering af cykler

Ved permanente installationer bliver detektering af cykler hovedsageligt foretaget med detektorspoler. Detekteringen af cykler med spoler foregår på samme måde som med detektering af biltrafikken, hvor spolen registrerer en ændring i den elektriske strøm i spolen. [Vejdirektoratet, 2012]

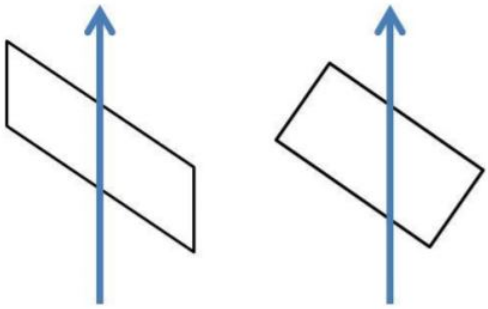
Normalt detekterer spoler store horisontale metalplader såsom bunden af en bil, hvorimod hjulene på en cykel vil opfattes som en metalplade, men med den forskel, at hjulet er vertikalt og ikke horisontalt. [BikeWark NC, 2017]

Udlægges spolen i en kvadratisk form, hvilket oftest anvendes ved detektering af biltrafik, vil den mest sensitive lokalitet for detektering være ved, at cyklen placeres henover spoletråden i en af kvadratets sider, som er parallel med kørselsretningen. Placeres cyklen henover midten af spolen, sker der en ringe eller ingen påvirkning af den elektriske strøm. Princippet er vist på 3.15. [Vejdirektoratet, 2012]



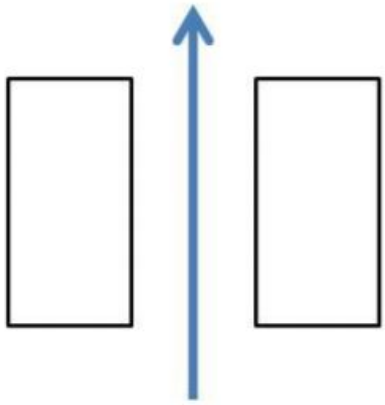
Figur 3.15. Udlægning af kvadratisk spole. [Vejdirektoratet, 2012]

For bedre detektering af cykler er det nødvendigt at udforme spolen anderledes, hvoraf den mest anvendte i Danmark er at udlægge spolen som et rektangel eller en trapezform, drejet i forhold til kørselsretningen. Princippet er illustreret på 3.16. [Vejdirektoratet, 2012]



Figur 3.16. Udlægning af rektangulær eller trapezformet spole, drejet i forhold til kørselsretningen. [Vejdirektoratet, 2012]

For at opnå den bedst mulige detektering, skal afstanden mellem detektortrådene på rektanglets eller trapezformens lange sider svare til cyklens aksel, så begge hjul er over spoletrådene ved passage. Denne udformning er dog følsom over for, i hvilken vinkel spolen passeres i forhold til kørselsretningen. En anden metode for detektering af cykler er at udlægge to spoler ved siden af hinanden. De to spoler skal være tilsluttet samme detektorkort og skal være faseforskudte i forhold til hinanden. Princippet er vist på 3.17. [Vejdirektoratet, 2012]



Figur 3.17. Udlægning af to spoler ved siden af hinanden. [Vejdirektoratet, 2012]

Med denne udformning udnyttes magnetfeltet mellem spolernes sider parallelt med kørselsretningen, hvilket giver en bedre detektering omkring og imellem de to spoler. [Vejdirektoratet, 2012]

3.5.2 Kameradetektering af cykler

Videobaseret detektering af cyklister er i princippet det samme som videobaseret detektering af motoriserede køretøjer. Den eneste forskel er den mindre mængde pixel, som bliver optaget af cyklisten. En justering af et "køretøjs minimumsstørrelse"i kameraets software tillader, at cyklister bliver detekteret lige så pålideligt som en bil. [BikeWark NC, 2017]

3.5.3 Radardetektering af cykler

Radarer med mikrobølger detekterer ikke kun selve metalkroppen af en bil, men ligeledes vandindholdet i en persons krop og kan derfor bruges til detektering af cyklister og fodgængere. Refleksionen er meget mindre end en bil, hvilket gør, at computerprogrammet kan forstå forskellen. Detekteringen med radar foregår ved optegnede detekteringsområder på et kort over området. En anden variation af radardetektering bruger en opadvendt radar, som er nedgravet i belægningen. Denne variation kan kun detektere cykler, hvis de er placeret direkte over sensoren. [BikeWark NC, 2017]

Dataindsamling 4

I dette kapitel præsenteres de udvalgte kryds. Derefter præsenteres hvorledes data er blevet indsamlet.

4.1 Udvalgte kryds

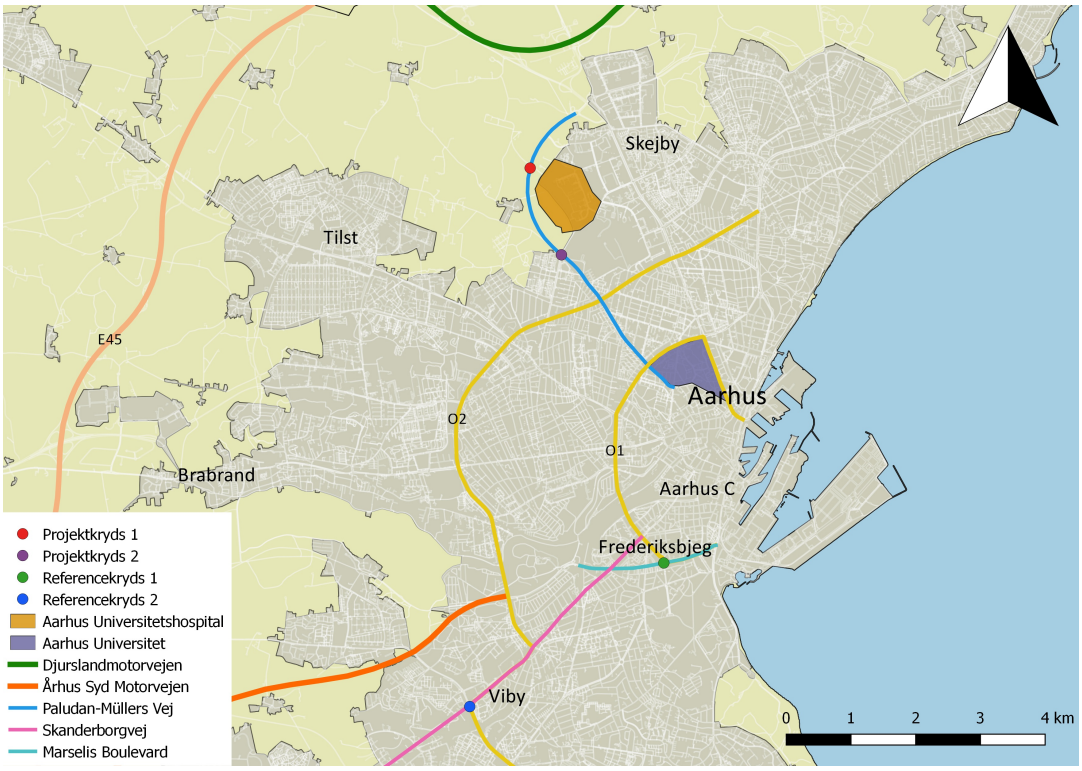
I projektet undersøges to projektkryds og to referencekryds, hvor der i projektkrydsene foretages en medanalyse, hvor hjørnespolerne er afmærket med en venstresvingscykelboks. I referencekrydsene foretages en udenanalyse, hvor hjørnespolerne ikke er afmærket med en venstresvingscykelboks. Placeringen af projekt- og referencekrydsene er illustreret på figur 4.1.

Projektkryds:

- Projektkryds 1: Paludan-Müllers Vej/Agro Food Park/Tyge Søndergaards Vej
- Projektkryds 2: Paludan-Müllers Vej/Herredsvej/Carl Krebs' Vej

Referencekryds:

- Referencekryds 1: Marselis Boulevard/Stadion Allé
- Referencekryds 2: Skanderborgvej/Ringvej Syd/Ravnsbjergvej



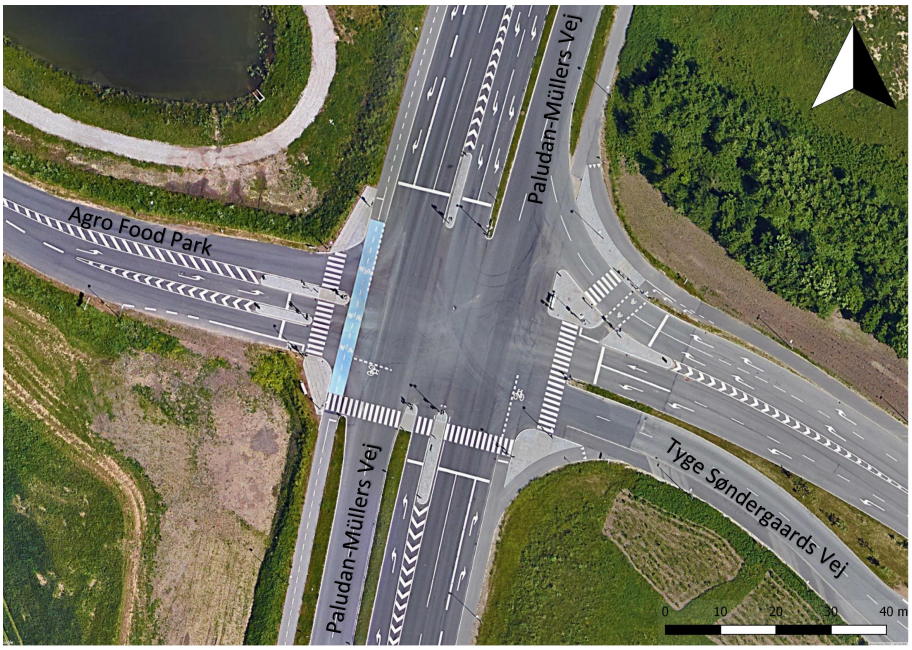
Figur 4.1. Projekt- og referencekrydsenes placering i Aarhus.[Google, 2017]*

4.2 Præsentation af kryds

I dette afsnit bliver de fire kryds præsenteret med hensyn til beliggenhed, udformning, trafikmængde, signalregulering og trafikdetektering.

4.2.1 Projektkryds 1

Projektkryds 1 ligger i Skejby, nordvest for Aarhus Universitetshospital. Krydset er et firebenet, signalreguleret kryds, som forbinder den nordvestløbende Agro Food Park og den sydøstløbende Tyge Søndergaards Vej med den nord- og sydløbende Paludan-Müllers Vej. Paludan-Müllers Vej starter ved Randersvej i Skejby og ender ved Langelandsgade, tæt på Aarhus Universitet, og krydser derved de to ringveje Vestre Ringgade, Ring 1, og Hasle Ringvej, Ring 2. Krydset fører via Tyge Søndergaards Vej til den nordlige indgang til Aarhus Universitetshospital. På figur 4.2 ses et oversigtskort over Projektkryds 1.



Figur 4.2. Oversigtskort over Projektkryds 1. [Google, 2017]*

Paludan-Müllers Vej er i den nordlige tilfart udformet med to separate venstresvingsbaner, to ligeudkørende spor samt én højresvingsbane. Desuden er der langs den nordlige tilfart etableret en dobbeltrettet cykelsti, der – i form af et blåt cykelfelt – føres igennem krydset. Paludan-Müllers Vej er i den sydlige tilfart udformet med én venstresvingsbane, to ligeudkørende spor samt én højresvingsbane. Der er udført cykelsti langs den sydlige tilfart, hvor der er etableret cykelshunt for de højresvingende cyklister. Tyge Søndergaards Vej er i den østlige tilfart udformet med to højresvingsbaner, et ligeudkørende spor samt en venstresvingsbane. Der er etableret cykelsti langs tilfarten, hvor der er etableret cykelshunt for de højresvingende cyklister. De ligeudkørende og venstresvingende cyklister skal krydse de to separate højresvingsbaner på Tyge Søndergaards Vej og placere sig ved hellen mellem ligeud- og højresvingsbanerne. Agro Food Park er i den vestlige tilfart udformet med én venstresvingsbane og en kombineret ligeudkørende og højresvingsbane samt en smal cykelbane. Desuden er der etableret en dobbeltrettet cykelsti på østsiden af vejgrenen.

Paludan-Müllers Vej har, i den nordlige vejgren, en årsdøgntrafik på 12.307 køretøjer, mens Agro Food Park har en årsdøgnstrafik på 1.770 køretøjer, jævnfør Vejdirektoratet [2017b]. Det har ikke været muligt at finde årsdøgntrafikken for Paludan-Müllers Vej i den sydlige vejgren og for Tyge Søndergaards Vej.

Signalanlægget i projektkrydset fungerer frit trafikstyret, hvor kun anmeldte grupper får grønt. Når der ikke er anmeldelse fra nogen af grupperne, forbliver signalerne i hviletilstand med rødt i alle retninger. I alle tilfarter i krydset er der opsat radar, som skal detektere trafikken i til- og frafarterne.

Trafikken på Paludan-Müllers Vej er prioriteret ved, at trafikken detekteres i stor afstand fra krydset. Dette betyder, at i de mindre belastede perioder uden konfliktende trafik vil trafikanter, der kører med den tilladte hastighed, få grønt, uden at de skal bremse ned.

[Aarhus Kommune, 2017c]

For de venstresvingende cyklister i krydset, som vælger at udføre venstresvinget i to etaper, er der i krydsets fire hjørner etableret spoler til registrering af cyklisterne. Spolerne i krydsets fire hjørner er afmærket med en venstresvingscykelboks.

Afmærkningen i de fire hjørner ses på figur 4.3, 4.4, 4.5 og 4.6.

Figur 4.3. Venstresvingsboks i det nordøstlige hjørne i krydset.

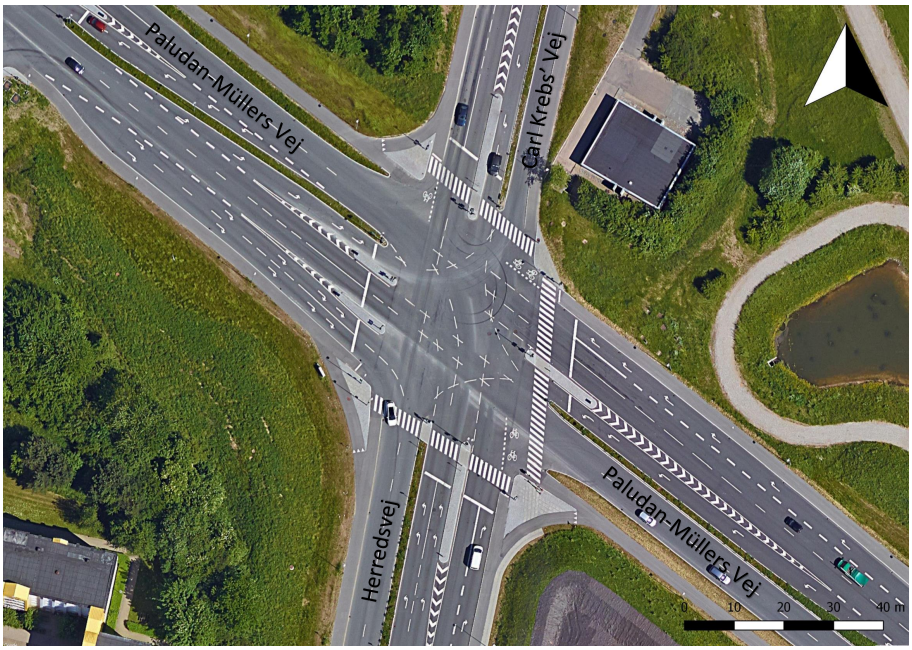
Figur 4.4. Venstresvingsboks i det sydøstlige hjørne i krydset.

Figur 4.5. Venstresvingsboks i det sydvestlige hjørne i krydset.

Figur 4.6. Venstresvingsboks i det nordvestlige hjørne i krydset.

4.2.2 Projektkryds 2

Projektkryds 2 er beliggende i Skejby syd for Aarhus Universitetshospital. Krydset forbinder den sydløbende Herredsvej og den nordløbende Carl Krebs Vej, som er den sydlige indgang til Aarhus Universitetshospital, med den nordvest- og sydøstløbende Paludan-Müllers Vej. Krydset er placeret syd for Projektkryds 1 med en indbyrdes afstand på ca. 1500 m. Krydset er et firebenet, signalreguleret kryds. Signalanlægget virker som et dobbeltanlæg sammen med et mindre trebenet, signalreguleret anlæg, som er placeret ca. 100 m nordvest for Projektkryds 2. På figur 4.7 ses et oversigtskort over Projektkryds 2.



Figur 4.7. Oversigtskort over Projektkryds 2. [Google, 2017]*

Paludan-Müllers Vej er i den nordvestlige tilfart udformet med én separat venstresvingsbane, to ligeudspor og to separate højresvingsbaner. Den sydøstlige tilfart af Paludan-Müllers Vej er udformet med én separat venstresvingsbane, to ligeudspor samt én højresvingsbane. Herredsvej er i den sydlige tilfart udformet med to separate venstresvingsbaner, et ligeud spor samt én højresvingsbane. I den nordlige tilfart er Carl Krebs' Vej udformet med én separat venstresvingsbane, et ligeudspor samt én højresvingsbane. Langs alle fire vejgrene er der etableret cykelstier. Der er ligeledes etableret cykelshunts i den nordlige, den nordvestlige samt den sydlige tilfart for de højresvingende cyklister.

Paludan-Müllers Vej har i den nordvestlige og sydøstlige vejgren en årsdøgntrafik på hhv. 13.813 og 7.238 køretøjer, mens Herredsvej og Carl Krebs' Vej har en årsdøgntrafik på hhv. 11.253 og 9.058 køretøjer, jævnfør Vejdirektoratet [2017b]. Den seneste måling fra Carl Krebs' Vej stammer fra 2010 og formodes at være lavere, da Carl Krebs' Vej længere mod nord, i forbindelse med byggeriet af Aarhus Universitetshospital, er lukket for gennemkørende trafik og nedklassificeret til fælles privatvej. [Aarhus Kommune, 2014]

Anlægget fungerer frit trafikstyret, hvor kun anmeldte grupper får grønt. Når der ikke er anmeldelse fra nogen af grupperne, forbliver signalerne i hviletilstand med rødt i alle retninger. I alle tilfarter i krydset er der opsat radar, som skal detektere trafikken i til- og frafarterne.

For de venstresvingende cyklister i krydset, som vælger at udføre venstresvinget i to etaper, er der i krydsets fire hjørner etableret spoler til registrering af cyklisterne. Spolerne i krydsets fire hjørner er afmærket med en venstresvingsboks. Venstresvingscykelboksen i de fire hjørner ses på figur 4.8, 4.9, 4.10 og 4.11.

Figur 4.8. Venstresvingsboks i det nordøstlige hjørne i krydset.

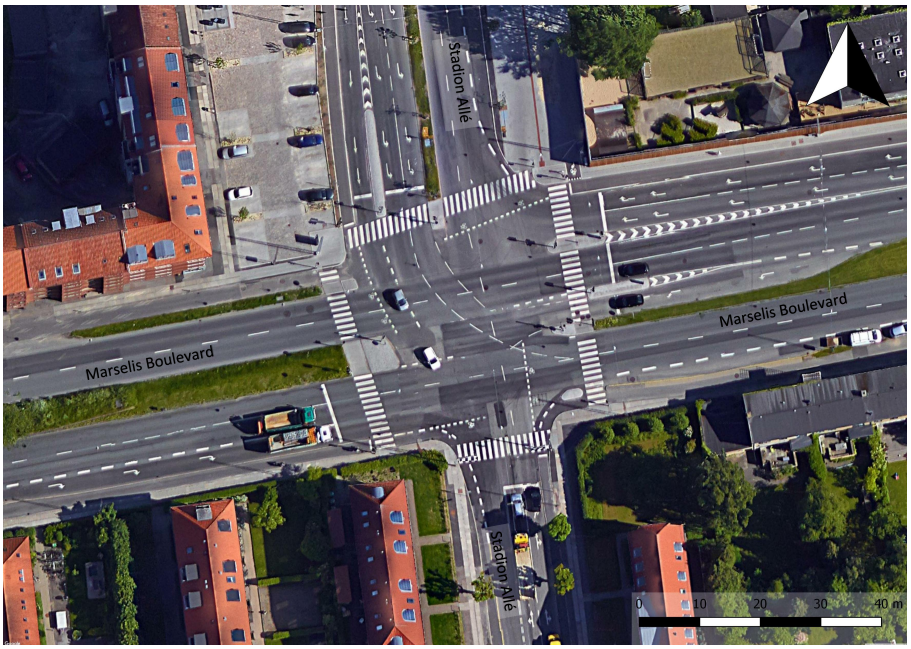
Figur 4.9. Venstresvingsboks i det sydøstlige hjørne i krydset.

Figur 4.10. Venstresvingsboks i det nordvestlige hjørne i krydset.

Figur 4.11. Venstresvingsboks i det sydvestlige hjørne i krydset.

4.2.3 Referencekryds 1

Referencekryds 1 er beliggende i Aarhus C syd for Frederiksbjerg. Krydsets nordlige og østlige krydsben er en del af Ring 1. Marselis Boulevard er en af de store hovedfærdselsårer i Aarhus og skaber en direkte forbindelse mellem den Østjyske Motorvej og Aarhus Havn. Denne direkte forbindelse skaber en meget stor koncentration af tunge køretøjer. På figur 4.12 ses et oversigtskort over Referencekryds 1.

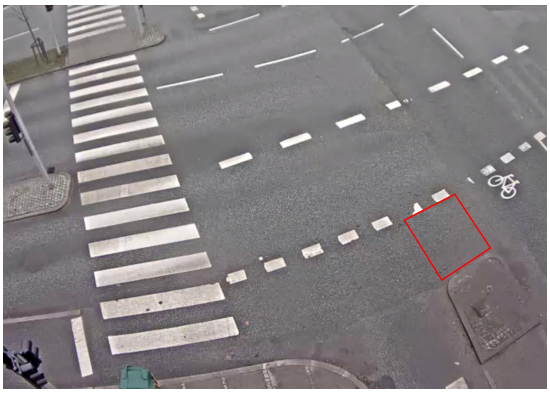


Figur 4.12. Oversigtskort over Referencekryds 1. [Google, 2017]*

Krydset er et firebenet, signalreguleret kryds. Marselis Boulevard er i den østlige tilfart udformet med én separat venstresvingsbane, to separate højresvingsbaner samt to ligeudkørende spor. Den vestlige tilfart er udformet med to ligeudkørende spor og én højresvingsbane, mens der er forbud mod venstresving. Stadion Allé er i den sydlige tilfart opbygget af én kombineret ligeud- og højresvingsbane og en kombineret ligeud- og venstresvingsbane. Den nordlige tilfart er opbygget af to separate venstresvingsbaner og et ligeudkørende spor, og der er forbud mod højresving. I krydset er der anlagt cykelsti langs alle fire vejgrene.

Marselis Boulevard har i den vestlige og østlige vejgren en årsdøgntrafik på hhv. 15.610 og 13.755 køretøjer, mens Stadion Allé i den nordlige og sydlige vejgren har en årsdøgntrafik på hhv. 6.441 og 6.678 køretøjer, jævnfør Vejdirektoratet [2017b].

Anlægget i referencekrydset fungerer frit trafikstyret med prioritering af trafikken på Marselis Boulevard. For de venstresvingende cyklister, der kører på Marselis Boulevard ad den vestlige og østlige tilfart, og som vælger at udføre venstresvinget i to etaper, er der i krydsets nordvestlige og sydøstlige hjørner nedfræset spoler til registrering af cyklisterne. Placeringen af spolerne i krydsets nordvestlige og sydøstlige hjørner kan ses på figur 4.13 og figur 4.14



Figur 4.13. Placering af spolen i det nordvestlige hjørne i krydset.

Figur 4.14. Placering af spolen i det sydøstlige hjørne i krydset.

4.2.4 Referencekryds 2

Referencekryds 2 er beliggende i Viby, ca. fire km sydvest for Aarhus C, og er en af de store hovedfærdselsårer, som fører ind til Aarhus C. Skanderborgvej er en del af sekundærrute 170 og går parallelt med E45. Skanderborgvej starter ved Søndre Ringgade, Ring 1, og slutter vest for Viby, hvor vejen skifter navn til Møllebakken. Strækningen mellem Ravnsbjergvej og Viby Torv er en del af Ring 2. Referencekrydset er et firebenet, signalreguleret kryds og forbinder den nordgående Ravnsbjergvej og sydgående Ringvej Syd med den nordøst- og sydvestgående Skanderborgvej. På figur 4.15 ses et oversigtskort over Kryds 4.

Figur 4.15. Oversigtskort over Referencekryds 2. [Google, 2017]*

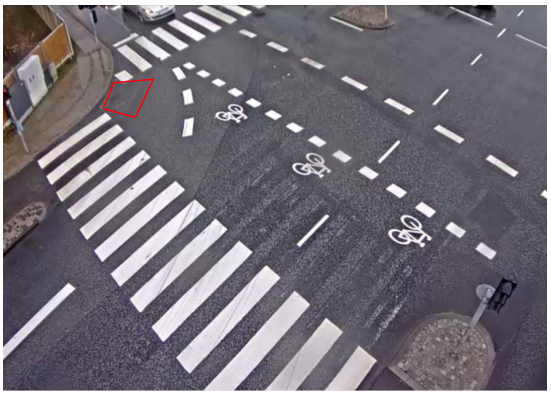
Skanderborgvej er i de nordøstlige og sydvestlige tilfarter udformet med to ligeudkørende spor, én højresvingsbane samt hhv. to og én separate venstresvingsbaner. Der er etableret

cykelstier langs begge tilfarter. Ravnsbjergvej er i den nordlige tilfart udformet med én separat venstresvingsbane, et ligeudkørende spor samt en højresvingsbane. Cykelstien er afkortet og kombineret med højresvingsbanen. Ringvej Syd er i den sydlige tilfart opbygget med to separate venstresvingsbaner, et ligeudkørende spor samt én højresvingsbane. Der er etableret cykelsti langs tilslutning.

Skanderborgvej har i den nordøstlige og sydvestlige vejgren en årsdøgntrafik på hhv. 20.062 og 15.373 køretøjer. Ringvej Syd har, i den sydlige vejgren, en årsdøgntrafik på 19.254 køretøjer, mens Ravnsbjergvej, i den nordlige vejgren, har en årsdøgntrafik på 9.771 køretøjer, jævnfør Vejdirektoratet [2017b].

Signalanlægget fungerer frit trafikstyret. For de venstresvingende cyklister, der kører ad Skanderborgvej i den nordvestlige og sydøstlige tilfart, og som vælger at udføre venstresvinget i to etaper, er der i krydsets nordvestlige og sydøstlige hjørner etableret spoler til registrering af cyklisterne. Placeringen af spolerne i krydsets nordvestlige og sydøstlige hjørner kan ses på figur 4.16 og 4.17

Figur 4.16. Placering af spole i det nordvestlige hjørne i krydset.



Figur 4.17. Placering af spole i det sydøstlige hjørne i krydset.

4.3 Opsætning af videokamera

I dette afsnit præsenteres det, hvorledes data er blevet indsamlet i de fire kryds. Data i projektets fire kryds er, for de udvalgte hjørner, indsamlet over en periode på to uger. Kameravinklen er i fugleperspektiv, og fokus er på hjørnet, hvor spolen er placeret. Videokameraet er placeret i den nærmeste lygtepæl i forhold til det relevante hjørne. På figur **??** og 4.19 ses eksempler med placering af videokameraet i nærmeste mast i hhv. Projektkryds 1 og Referencekryds 1.

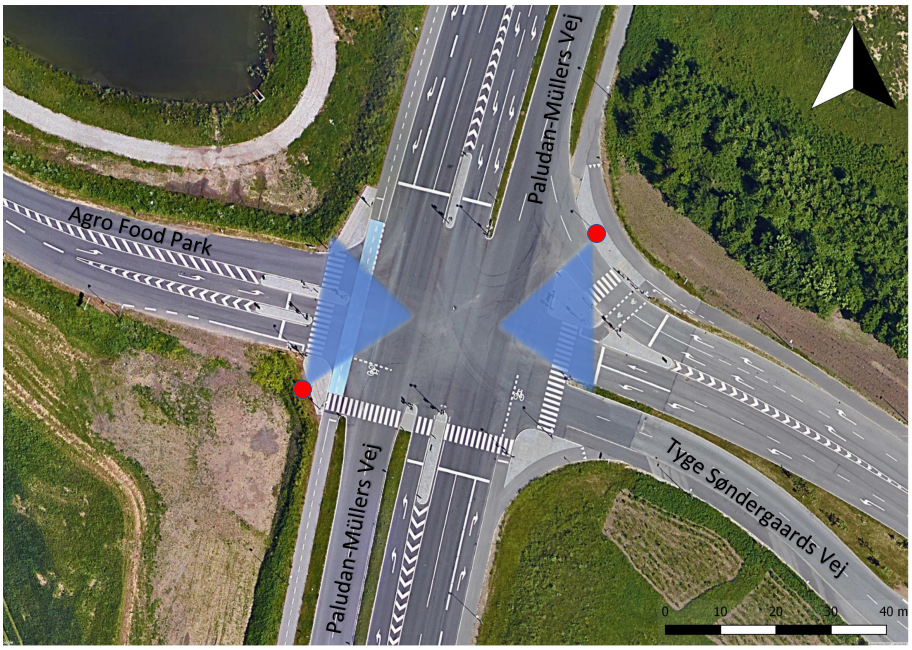
Figur 4.18. Kameraopsætning i Projektkryds 1 ved det nordøstlige hjørne.

Figur 4.19. Kameraopsætning i Referencekryds 1 ved det nordvestlige hjørne.

4.3.1 Projektkryds 1

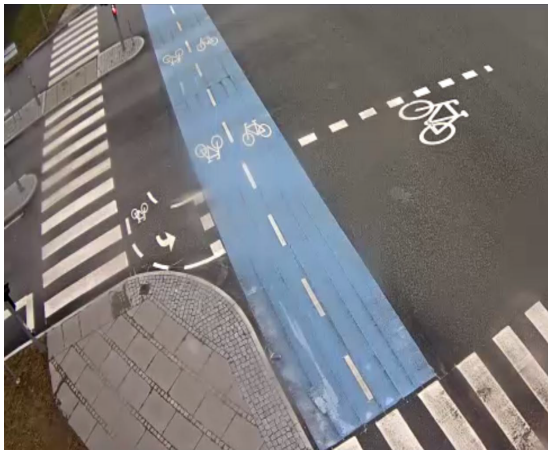
Videooptagelser af Projektkryds 1 er foretaget i perioden mellem d. 02-03-2017 og d. 17-03-2017. Videokameraerne blev placeret i lygtepælen ved det nordøstligste og det sydvestligste hjørne i krydset. De to hjørner er udvalgt, da Aarhus Kommune vurderer, at der forekommer flere venstresvingende cyklister, der kører ad Paludan-Müllers Vej fra den nordlige og den sydlige retning, end venstresvingende cyklister fra Agro Food Park og Tyge Søndergaards Vej. [Asbjørn Halskov-Sørensen, 2017]

Placeringen af videokameraet er illustreret på figur 4.20.



Figur 4.20. Placering af videokameraerne samt kameravinklerne i Projektkryds 1. [Google, 2017]*

Kameraets synsfelt dækker kun over området omkring venstresvingscykelboksen, da det kun er relevant at kende antallet af venstresvingende cyklister, som placerer sig i eller uden for den afmærkede venstresvingscykelboks. Kameraets synsfelt er illustreret på figur 4.21 og figur 4.22.



Figur 4.21. Kameraets synsfelt ved det sydvestligste hjørne i krydset.

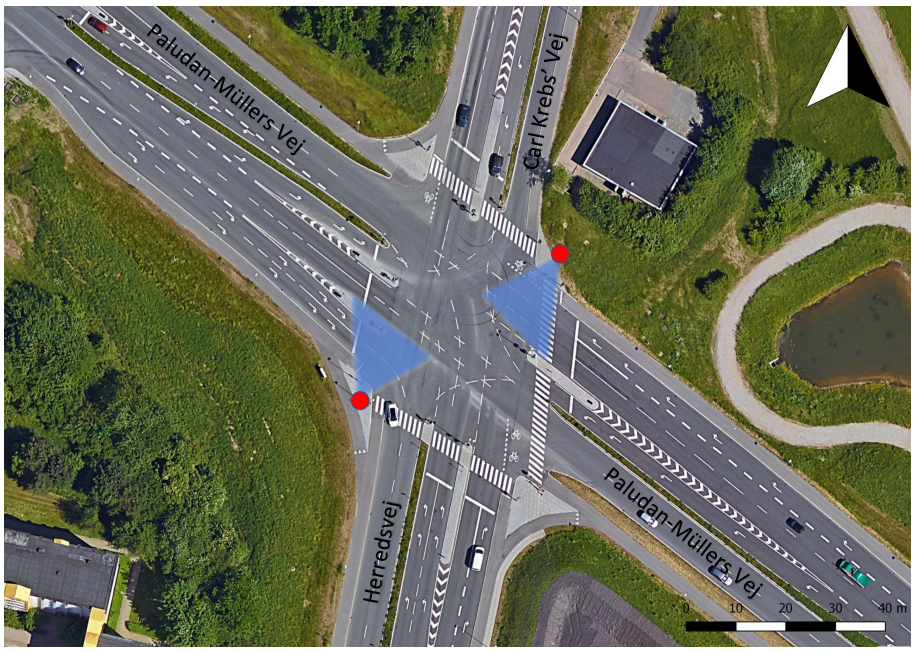
Figur 4.22. Videokameraets synsfelt ved det nordøstligste hjørne i krydset.

4.3.2 Projektkryds 2

Videooptagelser af Projektkryds 2 er foretaget i perioden mellem d. 17-03-2017 og d. 31-03-2017. Videokameraerne blev placeret i lygtepælen ved det nordøstligste og det sydvestligste hjørne i krydset. Disse to hjørner er udvalgt, da Aarhus Kommune vurderer, at der forekommer flere venstresvingende cyklister, der kører ad Herredsvej og Carl Krebs'

Vej, end venstresvingende cyklister fra Paludan-Müllers Vej fra den nordvestlige og den sydøstlige retning. [Asbjørn Halskov-Sørensen, 2017]

Placeringen af videokameraet er illustreret på figur 4.23.



Figur 4.23. Placering af videokameraerne samt kameravinklerne i Projektkryds 2. [Google, 2017]*

Videokameraets synsfelt dækker kun over området omkring venstresvingscykelboksen, da det kun er relevant at kende antallet af venstresvingende cyklister, som placerer sig i eller uden for den afmærkede venstresvingscykelboks. Kameraets synsfelt er illustreret på figur 4.24 og figur 4.25.

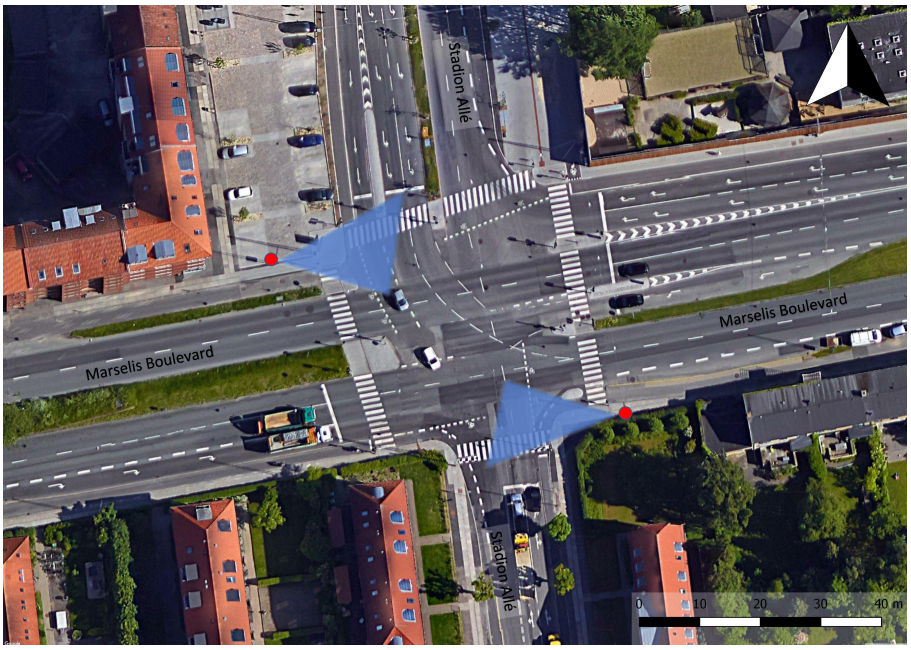
Figur 4.24. Videokameraets synsfelt ved det nordøstligste hjørne i krydset.

Figur 4.25. Videokameraets synsfelt ved det sydvestligste hjørne i krydset.

4.3.3 Referencekryds 1

Videooptagelserne af Referencekryds 1 er foretaget i perioden mellem d. 02-03-2017 og d. 17-03-2017. Videokameraerne blev placeret i lygtepælen ved det nordvestligste og det

sydøstligste hjørne i krydset. De to hjørner er udvalgt, da der kun er anlagt spoler i de to hjørner. Placeringen af videokameraet er illustreret på figur 4.26.



Figur 4.26. Placering af videokameraerne samt kameravinklerne i Referencekryds 1. [Google, 2017]*

Videokameraets synsfelt dækker kun over området omkring venstresvingscykelboksen, da det kun er relevant at kende antallet af venstresvingende cyklister, som placerer sig i eller uden for den afmærkede venstresvingscykelboks. Videokameraets synsfelt er illustreret på figur 4.27 og figur 4.28.

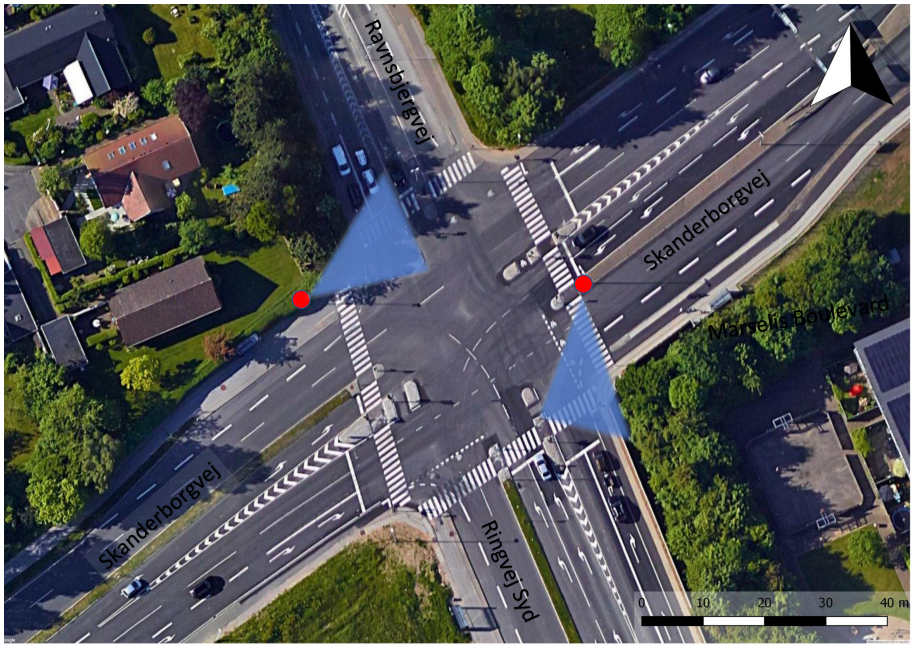
Figur 4.27. Videokameraets synsfelt ved det nordvestlige hjørne i krydset.

Figur 4.28. Videokameraets synsfelt ved det sydøstligste hjørne i krydset.

4.3.4 Referencekryds 2

Videooptagelser af Referencekryds 2 er blevet foretaget i perioden mellem d. 17-03-2017 og d. 31-03-2017. Videokameraerne blev placeret i lygtepælen ved det nordvestligste hjørne i krydset og i masten i midterhellen i den nordøstlige vejgren. Det er valgt at placere

videokameraet i midterhellen i den nordøstlige vejgren, da det ikke har været muligt at placere videokameraet i det sydøstlige hjørne i krydset. Disse to hjørner er udvalgt, da der kun er anlagt spoler i disse hjørner, illustreret på figur **??**.



Figur 4.29. Placering af videokameraerne samt kameravinklerne i Referencekryds 2. [Google, 2017]*

Videokameraets synsfelt dækker kun over området omkring venstresvingscykelboksen, da det kun er relevant at kende antallet af venstresvingende cyklister, som placerer sig i eller uden for den afmærkede venstresvingscykelboks. Kameraets synsfelt er illustreret på figur 4.30 og figur 4.31.

Figur 4.30. Videokameraets synsfelt ved det nordvestligste hjørne i krydset.

Figur 4.31. Videokameraets synsfelt ved det sydøstlige hjørne i krydset.

Databehandling 5

I dette kapitel er processen for behandling af data i analyseprogrammet RUBA til efterbehandling af videooptagelserne beskrevet.

5.1 Optælling af venstresvingende cyklister

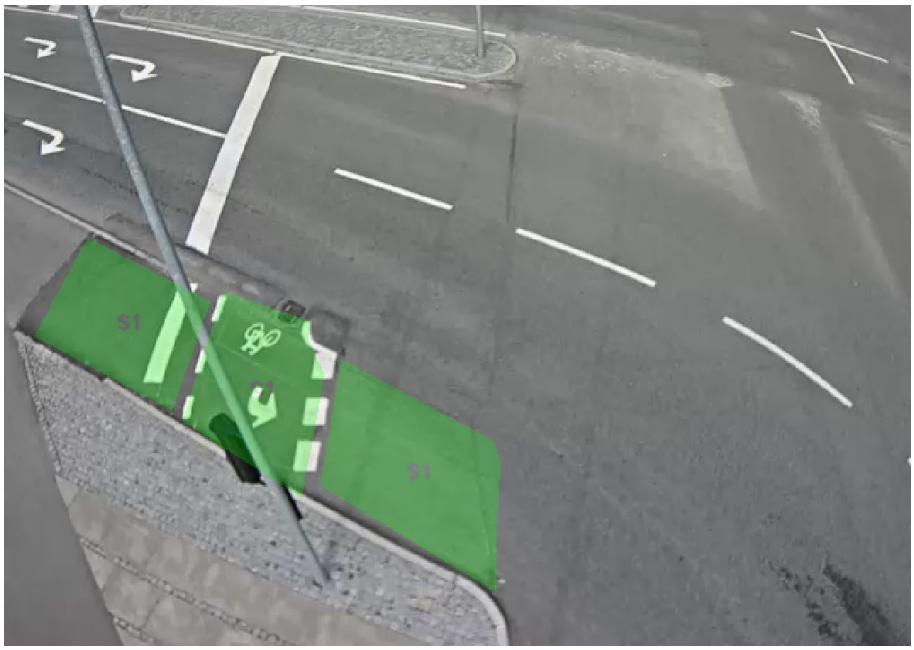
Optælling af antallet af venstresvingende cyklister i de to projektkryds og i de to referencekryds er, som nævnt, foretaget med RUBA. Fremgangsmåden for behandlingen af videooptagelserne ses på figur 2.2.

For projektkrydsene skal efterbehandlingen af videooptagelserne klarlægge antallet af venstresvingende cyklister, som placerer sig i venstresvingscykelboksen, og antallet, som placerer sig uden for boksen. For referencekrydsene skal videooptagelserne klarlægge antallet af venstresvingende cyklister, som placerer sig over den nedfræsede hjørnespole, og antallet, som placerer sig i området omkring spolen.

I det følgende afsnit gennemgås fremgangsmåden for efterbehandling af videooptagelserne for Projektkryds 2 i det sydvestlige hjørne. For det nordøstlige hjørne i Projektkryds 2 samt hjørnerne i de øvrige kryds henvises til appendiks A.

5.1.1 Projektkryds 2, sydvestligt hjørne

For projektkryds 2 i det sydvestlige hjørne er der optegnet tre detektorer: én i venstresvingscykelboksen, én foran og én bagved. De tre detektorer er illustreret på figur 5.1.



Figur 5.1. Optegning af detektorer.

Efter at detektorerne er opstillet, er hver detektors parametre blevet kalibreret, hvorefter der er blevet foretaget to timers validering. Denne proces er gentaget, indtil det er sikret, at detektoren registrerer alle cyklister, der holder på detektoren. Under valideringern af detektoren for venstresvingscykelboksen har der været situationer, hvor cyklisterne ikke blev detekteret. Det skyldes, at cyklisterne var skjult af en signalmast i forgrunden. Dette blev løst ved at stille parameteren minimum occupation percentage til 8 %. I tabel 5.1 ses de valgte værdier for parametrene for de tre detektorer.

Tabel 5.1. De valgte værdier for parametrene for de tre detektorer.

Parametre	Spolefelt	Bagved spolefelt	Foran spolefelt
Min. ocupation percentage	8	10	15
Min. speed	1	0,9	0,7
Max. vector count	140	150	200
Max. triggered duration [ms]	130.000	110.000	130.000
Delete events smaller than [ms]	300	300	500
Collate events within [ms]	450	650	900

Valideringsprocessen er foregået ved at sammenligne RUBAs tællinger med manuelle tællinger fra samme tidsperiode. Både i de manuelle tællinger og i RUBAs tællinger er alle cyklister, som holder på detektoren, blevet optalt, da stationary detektoren ikke er retningsbestemt og derfor ikke kan skelne mellem de ligeudkørende og de venstresvingende cyklister. Under den manuelle tælling er alle venstresvingende cyklister med et kortvarigt stop optalt. Ved tilfælde, hvor cyklisterne ikke stopper helt op, men fortsætter på grund af skift i signalet til grønt, er disse ikke blevet medtaget, hvilket ligeledes ikke bliver detekteret i RUBA. For beregning af afvigelsen mellem den manuelle tælling og RUBAs tælling er

alle fejldetekteringer frasorteret. Da stationary detektoren, som nævnt, detekterer, om trafikanter, som ikke er en del af baggrunden, holder stille, er der flere tilfælde, hvor skygger enten fra cyklister uden for detektorområdet eller skygger fra andre trafikanttyper bliver detekteret. Der er ligeledes tilfælde med cyklister, som bevæger sig under deres stop, hvilket resulterer i detektering af samme cyklist ad flere omgange. I tabel 5.2 ses resultatet af valideringen af de tre detektorer.

Tabel 5.2. Resultat af validering for de tre detektorer.

Detektor	Tid	Manuel tælling	RUBAs tælling	Frasortering	Afvigelse
Spolefelt	20.03.2017 Kl. 15-17	42	45	6	-3
Bagved spolefelt	20.03.2017 Kl. 15-17	27	36	9	0
Foran spolefelt	20.03.2017 Kl. 15-17	31	68	39	-2

Afvigelsen mellem den manuelle tælling og RUBAs frasorterede tælling skyldes, at flere cyklister ankommer og stopper op næsten samtidigt, hvilket resulterer i, at kun én cyklist detekteres.

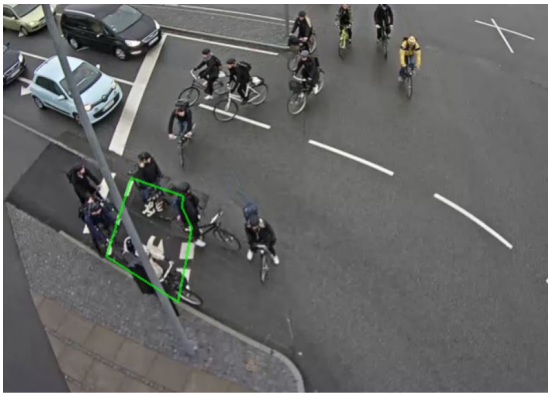
Når det er sikret, at stort set alle holdende cyklister bliver detekteret, ved at de manuelle tællinger passer med RUBAs tællinger, kan optællingen i RUBA igangsættes. For hver gang detektoren aktiveres, gemmes et frame, og detekteringen bliver skrevet til en comma separated values (csv)-fil.

På grund af den store mængde af fejldetekteringer, hvilken er forårsaget af støj, andre trafikanter og ligeudkørende cyklister, er efterbehandlingen af resultater foregået over to trin. Første trin er en manuel frasortering, hvor alle frames er blevet gennemgået manuelt, og hvor detekteringer med støj og andre trafikanter end cyklister er blevet frasorteret i csv-filen. På figur 5.2 og 5.3 illustreres to eksempler med frasorterede frames.

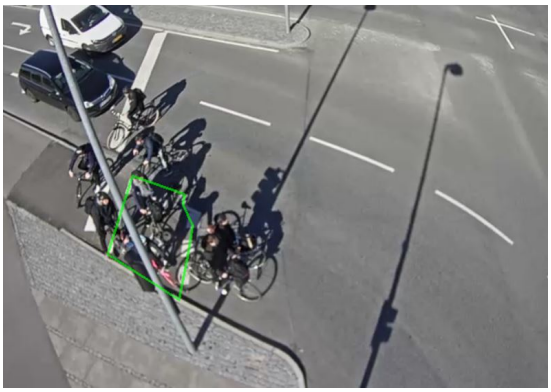
Figur 5.2. Frasorteret frame med lysændring fra motorkøretøj.

Figur 5.3. Frasorteret frame med skygge fra bus.

Det andet trin i efterbehandlingen er foregået med værktøjet Log File Reviewer, hvor andre cyklister end de venstresvingende er sorteret fra. Dette er foregået ved at gennemse alle detekteringer et antal sekunder før og efter detekteringen for at se, hvilken retning cyklisten kommer fra. Ved at gennemse alle detekteringer med Log File Reviewer er det muligt at medtage cyklister, som ankommer i grupper og kun er blevet detekteret én gang. På Figur 5.4 og 5.5 ses eksempler med adskillige cyklister, som ankommer samtidigt.



Figur 5.4. Adskillige cyklister som ankommer samtidigt.



Figur 5.5. Gruppe cyklister som venter i og omkring venstresvingscykelboksen.

I tabel 5.4 ses det totale antal detekteringer, antallet efter frasorteringer af støj, andre trafikanter og de ligeudkørende cyklister.

Tabel 5.3. Antal detekteringer og antal venstresvingende cyklister efter frasortering.

Detektor	Total antal detekteringer	Detekteringer efter frasortering
Spolefelt	2645	960
Bagved spolefelt	4712	118
Foran spolefelt	7775	1428

Efterbehandling af videooptagelserne for Projektkryds 2 i det nordøstlige hjørne samt i de resterende tre kryds er foregået ved samme fremgangsmåde. Antallet af totale registreringer og tællinger efter frasortering af fejldetekteringer er opstillet i tabel **??**.

Tabel 5.4. Antal detekteringer og antal venstresvingende cyklister efter frasortering.

Detektor	Total antal detekteringer	Detekteringer efter frasortering
Projektkryds 1, nordøstlig		
Spolefelt	437	251
Udenfor spolefelt	317	162
Projektkryds 2, nordøstlig		
Spolefelt	894	602
Udenfor spolefelt	474	77
Referencekryds 1, nordvestlig		
Spolefelt	1.351	210
Udenfor spolefelt	2.497	1.557
Referencekryds 1, sydøstlig		
Spolefelt	105	0
Udenfor spolefelt	2419	679
Referencekryds 2, nordvestlig		
Spolefelt	998	333
Udenfor spolefelt	1.466	419
Referencekryds 2, sydøstlig		
Spolefelt	3.319	49
Udenfor spolefelt	6.796	109

5.2 Bemærkninger

I dette afsnit beskrives bemærkninger til databehandlingen fra de resterende krydshjørner i de fire kryds.

5.2.1 Projektkryds 1, nordøstligt hjørne

I databehandlingen af Projektkryds 1 i det nordøstlige hjørne har der, under validering af detektoren uden for spolefeltet, været situationer, hvor cyklisterne ikke blev detekteret. Det skyldes, at cyklisterne var skjult af to signalmaster i forgrunden. Dette blev løst ved at stille parameteren minimum occupation percentage til 5 %. På figur 5.6 ses en cyklist, som er delvist gemt bag en signalmast i detektorfeltet.

Figur 5.6. Cyklist delvist gemt bag signalmast.

Under gennemgang af videofrekvenser er det observeret, at der forekommer tidspunkter, hvor videokameraet ikke har optaget. I tabel 5.5 ses tidspunkter med manglende videooptagelser.

Tabel 5.5. Tidsperioder med manglende videooptagelser.

Dato	Ugedag	Klokkesæt
02.03.2017	Torsdag	15:55 - 16:40
03.03.2017	Fredag	05:00 - 11:53
04.03.2017	Lørdag	05:00 - 21:00
05.03.2017	Søndag	05:00 - 21:00
10.03.2017	Fredag	12:01 - 16:18
11.03.2017	Lørdag	09:45 - 11:14
14.03.2017	Tirsdag	10:20 - 20:22
15.03.2017	Onsdag	09:40 - 18:44
16.03.2017	Torsdag	08:40 - 21:00

I efterbehandlingen har det første trin været en manuel frasortering af fejldetekteringer for de to detektorer. For begge detektorer er der foretaget fejldetekteringer med støj og kortere perioder med regndråber på kameralinsen. Eksempler er illustreret på figur 5.7 og 5.8. I det andet trin i efterbehandlingen er alle ligeudkørende cyklister blevet frasorteret.

Figur 5.7. Lys fra motorkøretøj.

Figur 5.8. Regndråber på kameralinsen.

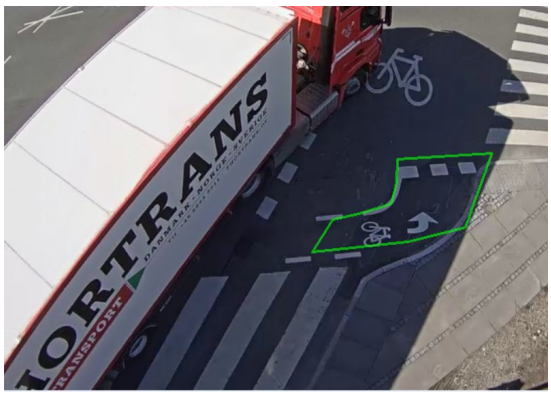
5.2.2 Projektkryds 1, sydvestligt hjørne

I forbindelse med optagelser i Projektkryds 1 i det sydvestlige hjørne er der opstået tekniske problemer, hvorved der kun er blevet optaget mandag d. 06.03.2017 i tidsrummet 14:55 til 21:00. Derved har det ikke været muligt at efterbehandle data fra dette krydshjørne.

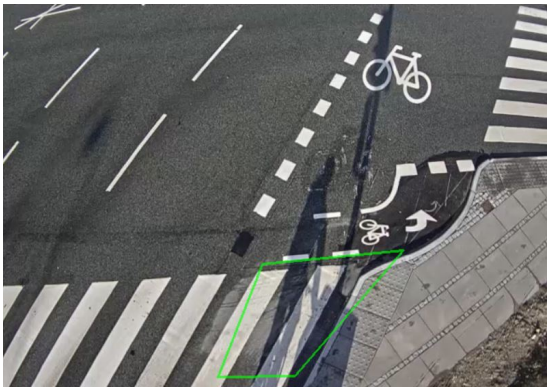
5.2.3 Projektkryds 2, nordøstligt hjørne

I Projektkryds 2 i det nordøstlige hjørne er det, under gennemgang af videofrekvenser, observeret, at videokameraet ikke har optaget onsdag d. 22.03.2017 i tidsrummet 16:06 til 21:00. Dette har dog ikke den store betydning, da antallet af cyklister efter kl. 16:00 ligger meget lavt. Det gennemsnitlige antal cyklister pr. hverdag i samme tidsperiode har været 8 cyklister i venstresvingscykelboksen og 2 cyklister uden for boksen. I databehandlingen er der i begge detekteringsfelter foretaget mange fejldetekteringer med støj.

I det første trin af efterbehandlingen af resultaterne er alle frames blevet gennemgået, hvorved alle fejldetekteringer er blevet frasorteret. På figur 5.9 og 5.10 er illustreret eksempler med fejldetekteringer i de to detekteringsfelter.



Figur 5.9. Skygge fra lastbil i spolefeltet.



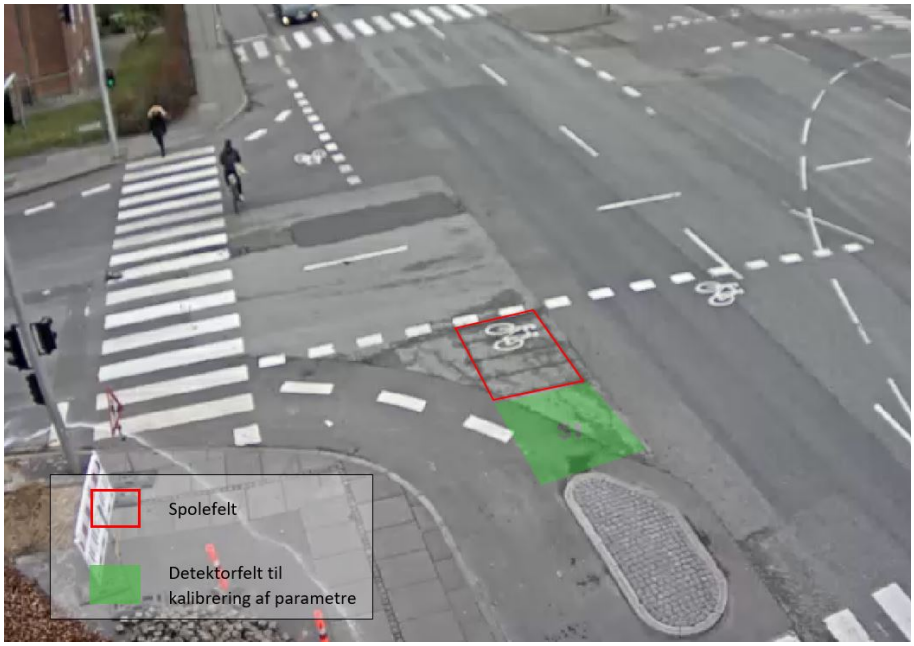
Figur 5.10. Skygge fra cyklist og mast udenfor spolefeltet.

Fejl i kameraopsætningen har betydet, at venstresvingende cyklister, som placerer sig bag fodgængerfeltet, er placeret uden for kameraets synsfelt, hvilket betyder, at disse ikke er

medtaget i tællingen. For cyklister, der kommer sydfra i forhold til kameraets synsfelt og placerer sig på detektorerne, har det under andet trin i efterbehandlingen været nødvendigt at afgøre, om cyklisten er venstresvingende eller ligeudkørende ud fra en visuel vurdering. Det har i mange tilfælde været muligt at skimte de venstresvingende nederst i venstre hjørne af synsfeltet og dermed medtage dem i tællingen som venstresvingende. Der har dog været ni tilfælde med cyklister, hvor det ikke har været muligt at afgøre, om cyklisten er venstresvingende eller ligeudkørende, hvorfor disse er sorteret fra.

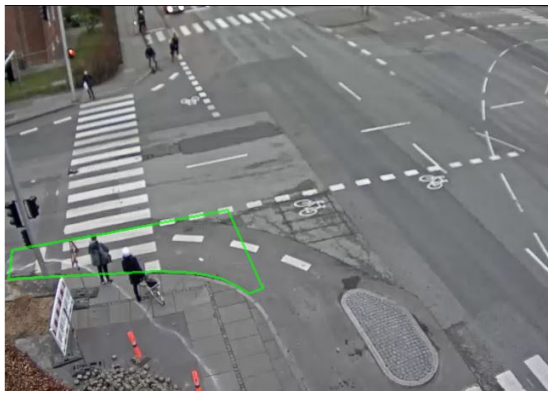
5.2.4 Referencekryds 1, sydøstligt hjørne

I databehandlingen af Referencekryds 1 har det, under gennemgang af videomaterialet, ikke været muligt at finde venstresvingende cyklister, som placerer sig på spolen for de venstresvingende. Derfor har det, under kalibrering af parametrene, været nødvendigt at flytte detektoren ud mod hellen, hvor der er en del cyklister, som placerer sig. Efter valideringen er detektoren flyttet ud til spolen med de kalibrerede parametre. Den optegnede detektor, hvor valideringen er foregået, er illustreret på figur 5.11.



Figur 5.11. Opsætning af detektorfelt til kalibrering af parametre.

I efterbehandlingen af resultatet fra de to detektorer har det første trin været at gennemse frames med fejldetekteringer. Der er især foretaget mange detekteringer med fodgængere og skygger fra busser. Eksempler er illustreret på figur 5.12 og 5.13. I det andet trin i efterbehandlingen er en stor del ligeudkørende cyklister blevet sorteret fra.

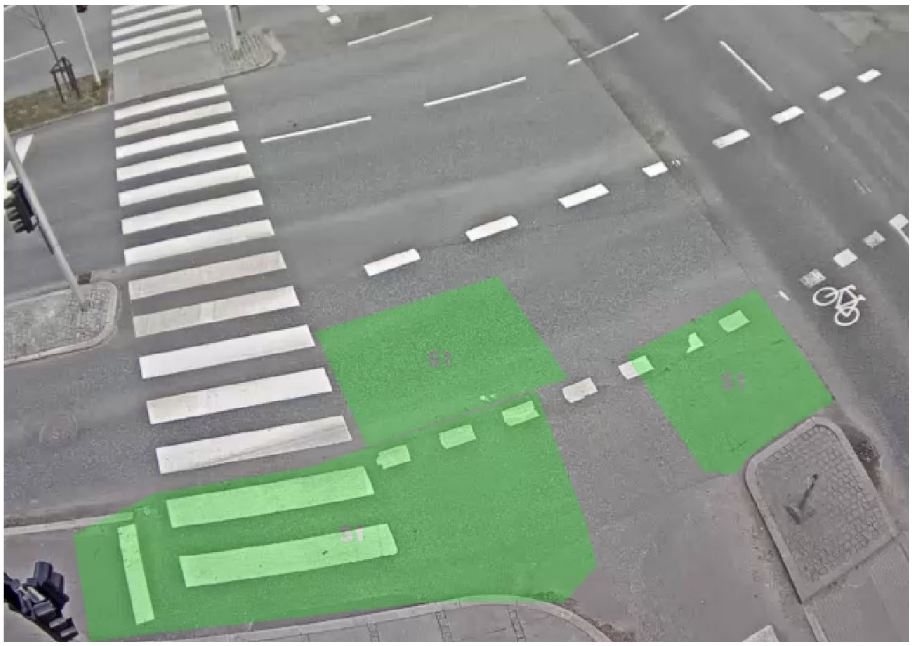


Figur 5.12. Detektering af fodgænger ved fodgængerfelt.

Figur 5.13. Detektering af skygge fra ligeudkørende bus.

5.2.5 Referencekryds 1, nordvestligt hjørne

I efterbehandlingen af Referencekryds 1 i det nordvestlige hjørne har det været nødvendigt at optegne tre detektorer, da det er observeret, at adskillige cyklister placerer sig på kørebanen. De tre detektorer er illustreret på figur 5.14.

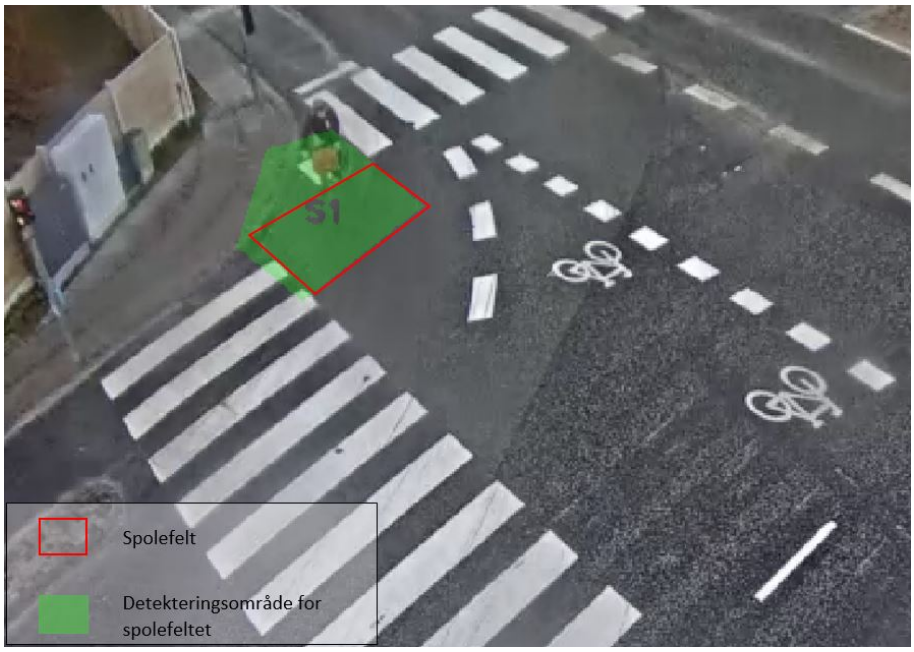


Figur 5.14. Optegnede detektorer.

I efterbehandlingen af resultatet fra de tre detektorer har det første trin været at gennemse frames med fejldetekteringer. Der har især været mange detekteringer med motorkøretøjer i detektorfeltet på kørebanen. I det andet trin i efterbehandlingen har der, især for detektoren uden for spolefeltet, været mange detekteringer med ligeudkørende cyklister, som er blevet sorteret fra.

5.2.6 Referencekryds 2, sydøstligt hjørne

I efterbehandlingen af Referencekryds 2 i det sydøstlige hjørne har kameravinklen fra midterhellen betydet, at det har været nødvendigt at optegne detektoren for spolefeltet ind over en mindre del af fodgængerfeltet. Det skyldes, at cyklister, som placerede sig på kanten af spolefeltet langs fodgængerfeltet, ikke blev detekteret, da kun en lille del af cyklisten var inden for spolefeltet. Opsætning af detektoren til spolefeltet er illustreret på figur 5.15. Vinklen betyder ligeledes, at den samme cyklist optager et mindre areal i detektoren uden for spolefeltet. Dette har betydet, at der har været hændelser, hvor samme cyklist er blevet detekteret i begge detektorer.

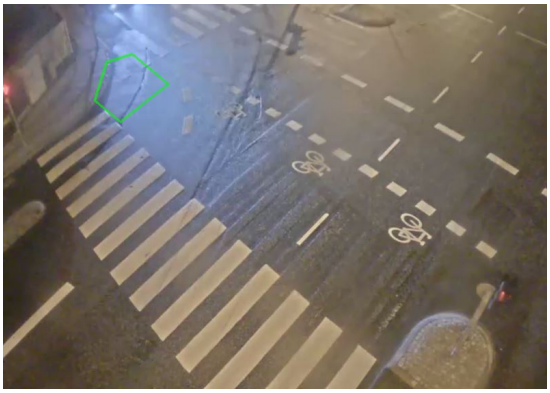


Figur 5.15. Opsætning af detektor for spolefeltet.

Ved efterbehandling af de samlede detekteringer fra de to detektorer med værktøjet Log File Reviewer er det, ud fra en manuel gennemgang, sikret, at cyklisterne under sorteringen placeres i det korrekte felt. I morgen- og aftentimerne er der foretaget mange fejldetekteringer med lys fra motorkøretøjer. I dagtimerne er der, især i feltet over hjørnespolen, foretaget mange fejldetekteringer med højresvingende og ligeudkørende busser og lastbiler.

I det første trin i efterbehandlingen af resultatet er alle frames blevet gennemgået, hvorved alle fejldetekteringer er blevet frasorteret. På figur 5.17 er der illustreret eksempler med frasorterede frames.

Figur 5.16. Frasorteret frame med højresvingende lastbil i dagstimerne.

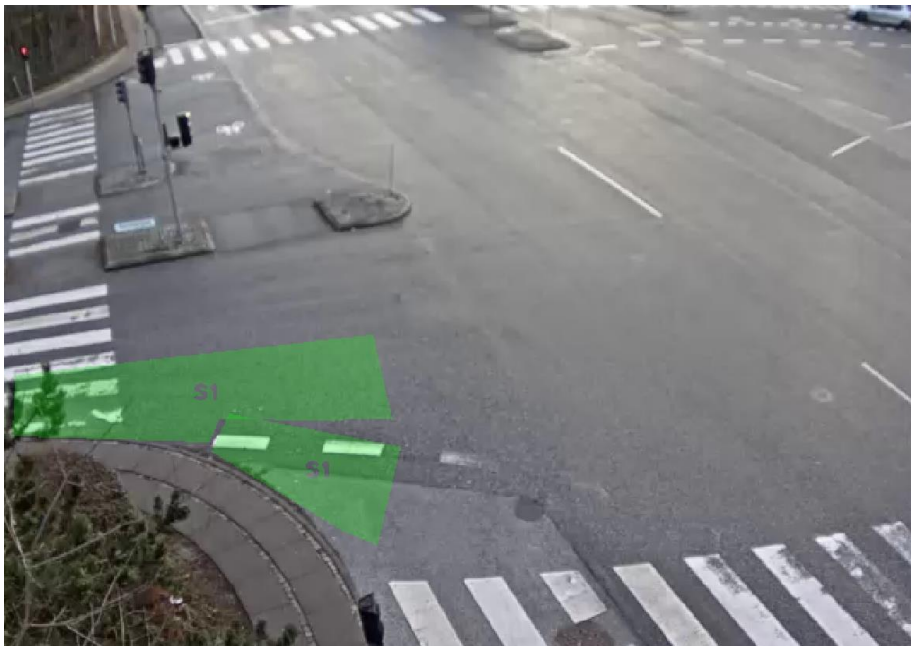


Figur 5.17. Frasorteret frame med lysændring i aftentimerne.

For detektoren, som dækker arealet over fodgængerfeltet og bag stoplinjen på cykelstien, er der ligeledes blevet foretaget mange fejldetekteringer, hvor en stor del skyldes fodgængere, som venter på grønt signal, og fra skygger fra andre køretøjer. Optegning af detektoren er foregået på videofrekvens for d. 21. marts 2017. Ved gennemgang af frames i efterbehandlingen af hjørnet er det bemærket, at begge detektorer er forskudt lidt mod højre d. 17. marts, så en mindre del af kørebanen er blevet inddraget i detektoren uden for spolefeltet, mens frames fra d. 31. marts viser, at begge detektorer har rykket sig længere mod venstre. Dette indikerer, at videokameraet har rykket sig lidt i løbet af optagelsesperioden. Dette er dog ikke tilstrækkeligt til at påvirke antallet af detekteringer.

5.2.7 Referencekryds 2, nordvestligt hjørne

I Referencekryds 2 i det nordvestlige hjørne er de to detektorer optegnet ved siden af hinanden, hvilket er illustreret på figur 5.18.



Figur 5.18. Opsætning af detektorer i referencekryds 2 i det nordvestlige hjørne.

Her har kameravinklen betydet, at en del cyklister, som stiller sig inde på kanten af spolefeltet mellem de to detektorer, ikke er blevet detekteret i spolefeltet, men uden for spolefeltet. På figur 5.19 ses et eksempel med en cyklist, der står i spolefeltet, men som er detekteret som stående uden for spolefeltet. Under andet trin af efterbehandlingen er disse sorteret fra gruppen af cyklister uden for spolefeltet og tilføjet til spolefeltet.

Figur 5.19. Cyklist i spolefeltet detekteret som værende udenfor spolefeltet.

Resultater og diskussion 6

I dette kapitel gennemgås resultaterne. Først præsenteres optællingen af venstresvingende cyklister. Herefter gennemgås resultaterne for hvert kryds, og der foretages en diskussion af resultaterne. Sidst i kapitlet sammenlignes hjørner parvis hhv. med og uden venstresvingscykelboks.

6.1 Resultater

De behandlede hjørner i Projekt- og Referencekrydsene er navngivet som følger:

- Projektkryds 1: Paludan-Müllers Vej/Agro Food Park/Tyge Søndergaards Vej
    - Nordøstligt hjørne
    - Sydvestligt hjørne
- Projektkryds 2: Paludan-Müllers Vej/Herredsvej/Carl Krebs' Vej
    - Nordøstligt hjørne
    - Sydvestligt hjørne
- Referencekryds 1: Marselis Boulevard/Stadion Allé
    - Nordvestligt hjørne
    - Sydøstligt hjørne
- Referencekryds 2: Skanderborgvej/Ringvej Syd/Ravnsbjergvej
    - Nordvestligt hjørne
    - Sydøstligt hjørne

Andelen af holdende venstresvingende cyklister i hjørnet, som afventer grønt, er opdelt i to grupper: cyklister, som placerer sig i spolefeltet, og cyklister, som placerer sig øvrige steder i hjørnearealet.

For hver lokalitet er der foretaget en analyse af optagelser i RUBA, efterfulgt af en manuel frasortering af fejldetekteringer. Antallet af venstresvingende cyklister, der er anvendt i resultatbehandlingen, er vist i tabel 6.1. Kolonnen "placering" angiver hjørnets placering i krydset, kolonnen "spolefelt" angiver det totale antal venstresvingende cyklister, som holder i spolefeltet, kolonnen "Uden for spolefelt" angiver det totale antal venstresvingende cyklister, som holder i hjørnets øvrige areal uden for spolefeltet.

Tabel 6.1. Resultat af antal venstresvingende cyklister i projektgruppens 4 kryds.Det sydvestlige hjørne i Projektkryds 1 er ikke medtaget.

Kryds	Placering	Spolefelt	Udenfor spolefelt	I alt	Middelværdi
Projektkryds 1	Nordøstlig	251	162	413	
Projektkryds 2	Sydvestlig	960	1242	2202	
	Nordøstlig	602	77	679	
Referencekryds 1	Sydøstlig	0	679	679	
	Nordvestlig	204	1632	1836	
Referencekryds 2	Sydøstlig	49	109	158	
	Nordvestlig	333	419	752	
I alt		2885	3839	6719	960

6.1.1 Projektkryds 1

I det følgende er udregning af procentandelen af spolefeltet og konfidensintervallet for procentsatserne for Projektkryds 1 gennemgået som et eksempel. For de øvrige hjørner er samme fremgangsmåde benyttet.

$$\text{Procentandelen} = \frac{251}{413} * 100 \approx 61\%$$

$$\text{SE(p)} = \sqrt{\frac{61*(100-61)}{413}} = 2,4 \tag{6.1}$$

$$\text{CI 95 \%} = \text{p} \pm 1,96 * \text{SE(p)} = 56/65 \tag{6.2}$$

61 % [95 %-konfidensintervallet: 56 % - 65 %] har benyttet venstresvingscykelboksen i det nordøstlige hjørne i Projektkryds 1. Dette indikerer, at flere venstresvingende cyklister holder i spolefeltet, hvilket er afmærket med venstresvingscykelboks. Resultatet er angivet i tabel 6.2.

Tabel 6.2. Total antal venstresvingende cyklister, og procentandelen af anvendelsen af spolefelt i Projektkryds 1.

Kryds	Placering	Spolefelt	Udenfor spolefelt	I alt	%	95% CI	
Projektkryds 1	Nordøstlig	251	162	413	61	56	65

6.1.2 Projektkryds 2

Resultatet for venstresvingende cyklister i Projektkryds 2 er vist i tabel 6.3.

Tabel 6.3. Total antal cyklister, og given procentandelen af anvendelsen af spolefelt i Projektkryds 2.

Kryds	Placering	Spolefelt	Udenfor spolefelt	I alt	%	95% CI	
Projektkryds 2	Sydvestlig	960	1242	2202	44	42	46
	Nordøstlig	602	77	679	89	86	91
I alt		1562	1319	2881			

Procentandelen af venstresvingende cyklister, som stiller sig i spolefeltet i Projektkryds 2, er som følger for hhv. sydvestligt og nordøstligt hjørne:

44 % [95 %-konfidensinterval: 42 % - 46 %]
89 % [95 %-konfidensinterval: 86 % - 91 %]

Nordøstligt hjørne

Det fremgår af tabel 6.3, at der i det nordøstlige hjørne er observeret færre venstresvingende cyklister, men procentandelen, der stiller sig i spolefeltet, er langt større end i det sydvestlige hjørne. Den store procentsats i forhold til anvendelsen af spolefeltet betyder, at de to hjørner ikke er sammenlignelige. Der er to specifikke problemstillinger, som kan diskuteres i forhold til tallene i det sydvestlige hjørne. Det første er, om kameravinklen har haft betydning for optællingen af de venstresvingende cyklister, og det andet er en kombination af hjørnets design og antallet af ankommende cyklister.

Fejl i kameravinklen har betydet, at de venstresvingende cyklister, som placerer sig bag fodgængerfeltet, forekommer uden for kameraets synsfelt. Disse er ikke medtaget i antallet, som stiller sig uden for spolefeltet. Derfor er det sandsynligt, at tallene har været større end de 77 cyklister. Antages det, at tallet er tre gange større end det nuværende, medfører det en ændring af procentandelen i spolefeltet fra 89 % til 72 %.

Procentsatserne i de to hjørner tilnærmer sig hinanden, jo større antagelsen er, og det betyder, at hjørnerne nærmer sig sammenligneligheden. Det er forsøgt at justere antagelsen, og det viser sig, at hvis antallet af observerede uden for spolefeltet er ni gange større, vil det give en p-værdi, der er større end 0,05. Er p$>$ 0,05, betyder det, at nulhypotesen i en χ^2-test forkastes, og at hjørnerne i krydset vil være sammenlignelige. På grundlag af videoobservationer af antallet af ligeudkørende cyklister vurderes det dog ikke, at der skulle være ni gange flere cyklister uden for spolefeltet, hvilket svarer til 693 venstresvingende cyklister.

Det andet, der kan diskuteres, er designet af spolefeltet. Her er hjørnet skåret til, så der opstår en "lomme", hvor de venstresvingende cyklister kan placere sig. Dette betyder, at langt de fleste venstresvingende cyklister, der ankommer til hjørnet, ikke er i tvivl om, hvor de skal placere sig. Når flere venstresvingende cyklister ankommer til hjørnet enkeltvis eller kun to ad gangen, giver det mulighed for, at de kan være inde i venstresvingscykelboksen ved siden af hinanden. Var hjørnet designet som det modsatte hjørne, kunne det have givet anledning til, at to cyklister stillede sig på en række, hvilket ville have betydet, at den ene af de to var blevet talt som værende udenfor spolefelt.

6.1.3 Korrigering af antallet af cyklister i spolefeltet

Det blev undersøgt, hvordan den første cyklist har placeret sig i forhold til venstresvingscykelboksen, og hvordan anden og tredje cyklist har placeret sig i forhold til den første og venstresvingscykelboksen. Denne opdeling belyser to problemindstillinger. Den første er, om adfærdsteorien i henhold til "follow the leader" afspejler sig i dette projekt; den anden er at belyse det totale antal venstresvingende cyklister i projektkrydsene, som nyder gavn af spolernes funktion.

Ankommer cyklister enkeltvis, bliver de detekteret, hvis de stiller sig i spolefeltet, og de bliver ikke detekteret, hvis de stiller sig uden for spolefeltet. Ankommer cyklisterne derimod flere end én ad gangen, og hvis én eller flere af dem stiller sig i spolefeltet, får hele gruppen gavn af spolefunktionen. Helt konkret betyder dette, at en gruppe på tre, selvom kun én stiller sig i feltet, antages at få hurtigere grønt, end hvis alle holdt uden for spolefeltet. Sidstnævnte problemstilling er interessant i forhold til Projektkryds 2, sydvestligt hjørne, for her ankommer flere gange grupper, større end 4. Det betyder, at ikke alle kan stille sig i spolefeltet på grund af begrænset feltstørrelse, selvom disse cyklister har den intention. I Projektkryds 1, nordøstligt hjørne, og Projektkryds 2, nordøstligt hjørne, ankommer der ofte ikke flere end tre cyklister ad gangen, og hvis alle havde valgt at stille sig i spolefeltet, havde der været plads til dem. Derfor bliver kun det sydvestlige hjørne i Projektkryds 2 efterbehandlet i det følgende.

Fordelingen for Projektkryds 2, sydvestligt hjørne er vist i tabel 6.4. Kolonnen "cyklist nummer" angiver cyklistens nr. i rækken, regnet fra den, som er den første til at stille sig i spolefeltet. F.eks. ankommer tre cyklister. Den første vælger at stille sig i spolefeltet, herefter følger nummer 2 efter, men nummer 3 vælger at holde udenfor – her vil der blive noteret i rækken "Første", 2 i spolefeltet og 1 uden for spolefeltet.

Tabel 6.4. Placering af den første, anden, tredje, fjerede og femte i forhold til venstresvingscykelboks, i Projektkryds 2, sydvestligt hjørne.

Cyklist	Spolefelt	Udenfor spolefelt
Første	333	147
Anden	220	201
Tredje	81	117
Fjerde	3	11
Femte	1	5
I alt	638	481

Datamængden i de tre hjørner er for lille til konkret at vurdere, om adfærdsteorien "follow the leader" afspejler sig i projektet. Tallene i tabel 6.4 viser dog, at tallene i spolefeltet med den første cyklist er størst. Det afspejler muligvis adfærden, at når den første placerer sig i spolefeltet, følger næste og næste efter.

Observationen viser, at tallene i spolefeltet og uden for spolefeltet for anden cyklist fordeler sig næsten ens. Det skyldes, at når den første cyklist i krydset ikke holder i spolefeltet, og nummer to gør, vil, de fleste gange, nummer 3 følge efter og stille sig i spolefeltet. For cyklist nummer 3 har to muligheder: at stille sig i spolefeltet hhv. uden for spolefeltet.

Tallet i spolefelt for Anden cyklist på 220 viser, at i de fleste tilfælde har cyklist nummer 3 valgt at følge nummer 2 og placere sig i spolefeltet. Her bliver "follow the leader"-adfærden genkendt.

Sydvestligt hjørne

I det sydvestlige hjørne ankommer cyklister de fleste gange i grupper på flere end 3 og 4 stykker ad gangen. Dette betyder så, at når spolefeltet er fyldt op, er der ikke mere plads til de næste, og derfor stiller disse sig uden for feltet, selvom disse cyklister kunne have intentioner om at holde i spolefeltet. Tallene i tabel 6.3 viser, at antallet af venstresvingende cyklister i hjørnet er det højeste. Procentandelen er dog på 44 %, hvilket er meget mindre end det andet hjørne, og dette gør, at de to hjørner ikke er sammenlignelige. I forhold til dette hjørne kan antallet af venstresvingende cyklister i spolefeltet diskuteres. Derfor er optagelserne gennemgået i forhold til første, anden, ... og femte ankommende i krydset. Resultatet af gruppeobservationerne er vist i tabel 6.4.

Det antages, at venstresvingende cyklister, der holder uden for spolefeltet, i tabel 6.4 regnes med i antal cyklister i spolefeltet, fordi der allerede er nogen, som holder i spolefeltet, og derfor er den grundlæggende funktion med venstresvingscykelboksen opfyldt. Summen af tallet uden for spolefeltet subtraheres fra tallet uden for spolefeltet fra tabel 6.3; samme tal adderes til spolefeltet. Dette giver en ny fordeling af procentsatsen. I tabel 6.5 angives det nye resultat i parentes.

Tabel 6.5. Antal af venstresvingende cyklister, parentesen angiver det nye tal, som er reguleret i forhold til tabel 6.3.

Kryds	Placering	Spolefelt	Udenfor spolefelt	I alt	%	95 % CI	
Projektkryds 2	Sydvestlig	960 (1441)	1242 (761)	2202 (2202)	44 (65)	42 (63)	46 (67)

Sammenlignes procentsatsen mellem det sydvestlige og det nordøstlige hjørne, svarer ændringen til, at differencen mellem procentandelen i hjørnerne er mindre med de nye tal. Der er dog stadig en for stor forskel til at gøre de to hjørner sammenlignelige.

Fastholdes tallene i parentes i tabel 6.5, er der set på, hvor meget tallet uden for spolefeltet skal være større, for at de to procentsatser er tættest og hjørnerne sammenlignelige. Her er det et tal, kun 4 gange større end 77, der giver en p-værdi lig med 0,70. Da $p > 0{,}05$, bliver de to hjørner sammenlignelige.

6.1.4 Referencekryds 1

Resultatet for venstresvingende cyklister i Referencekryds 1 er vist i tabel 6.6.

Tabel 6.6. Total antal cyklister, og given procentandelen af anvendelsen af spolefelt i Referencekryds 1.

Kryds	Placering	Spolefelt	Udenfor spolefelt	I alt	%	95% CI	
Referencekryds 1	Sydøstlige	0	679	679	0	0	0,05
	Nordvestlige	204	1632	1836	11	10	13
I alt		204	2311	2515			

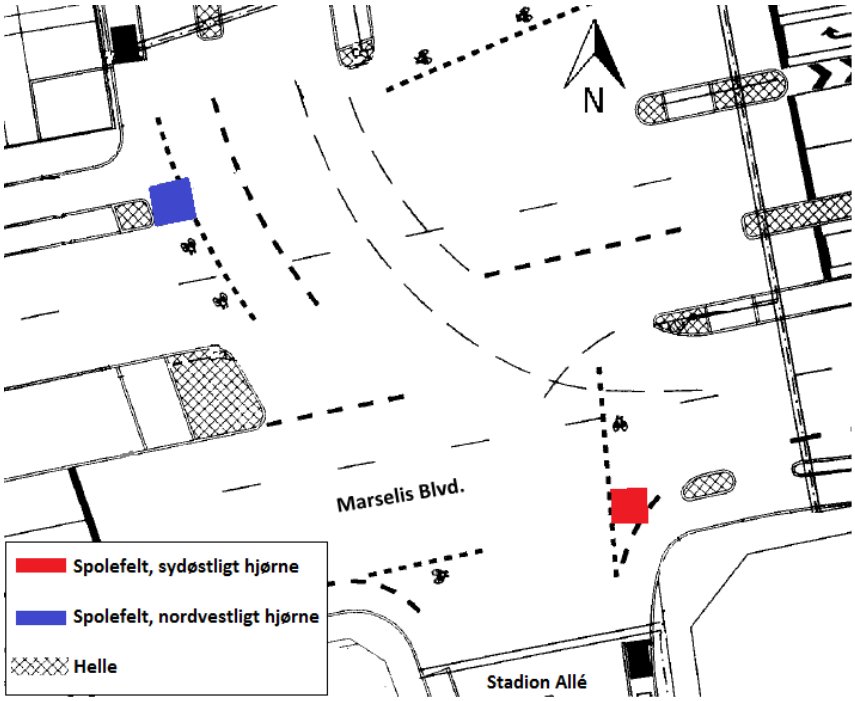
Sammenlignes, ligesom for de forrige kryds, antallet af venstresvingende cyklister, der holder i spolefeltet i krydsets hjørner, fås flg. resultater:

0 % [95 %-konfidensinterval: 0 % - 0,05 %]
26 % [95 %-konfidensinterval: 18 % - 35 %]

Sydøstligt hjørne

Det ses, at der i det sydøstlige hjørne er 0 cyklister, som stiller sig i spolefeltet. Mængden af venstresvingende cyklister i det hjørne er mindre end i det modsatte hjørne, og lidt under gennemsnittet, men det anses ikke som en afgørende faktor for, at der nogen cyklister i spolefeltet. Havde antal venstresvingende cyklister været meget få, argumenteres der for det 0-tal. Derfor kan krydsets design, med hensyn til spoleplacering og cyklisternes kendskab til spolefunktionen, diskuteres.

Spolen er placeret imellem den tværkørende cykelbane og kørebanen, se figur 6.1. Placeringen tæt på tværkørende trafik kan være med til at skabe utryghed for cyklister, der skal køre frem og holde i spolefeltet nær den tværkørende trafik, især når der er mange lastbiler. I afsnit 4.2.3 er det nævnt, at Marselis Blvd. er forbundet direkte med E45 og Aarhus Havn, hvorfor der er meget lastbiltrafik i krydset. Den store mængde af forbipasserende lastbiler er med til at skabe en mere alvorlig atmosfære og er derfor med til at holde cyklisterne tilbage i hjørnet foran fodgængerfeltet frem for i spolefeltet. En anden faktor, som er relateret til krydsdesign, er placeringen af hellen. Hellen er placeret til højre for spolefeltet i en afstand på ca. 2,5 meter. Antages det, at hellen var placeret ved spolekanten, ville der muligvis være nogen cyklister, der havde placeret sig i spolefeltet og havde brugt hellen til at hvile den ene fod på. Dette billede er afspejlet i det modsatte hjørne, hvor spolen er placeret helt tæt på kanten, og de fleste cyklister benytter hellen til at støtte foden på.



Figur 6.1. Spole- og helle placering i Referencekryds 1. [Aarhus Kommune, 2017b]*

Ifølge Charlotte Højholt Leegaard og Christina Boel Lundgaard [2016] benytter cyklister sig af kantsten, hvis de kan undgå at støtte med fødderne på jorden. Resultatet af deres undersøgelse viser, at 55 % af respondenterne mener, at de "altid og ofte" bruger kantsten. I projektgruppens videooptagelser er det observeret, at mange venstresvingende cyklister benytter kantstenen med samme formål, og flere gange forsøger de at mase sig imellem allerede holdende cyklister ind til fortovskanten for at undgå at støtte med fødderne på jorden. Placeringen af hellen tæt på spolefeltet vil også være med til at skabe mere tryghed.

Spoleplaceringen kan være årsagen til, at de cyklister, der har kendskab til spolefunktionen, ikke stiller sig i spolefeltet. Kendskab til spolefunktionen anses som en vigtig faktor i forhold til antal placeringer i spolefeltet. Det er naturligvis umuligt, ud fra optagelserne, at vurdere, hvor mange af dem, der placerer sig i spolefeltet, der gør det som et bevidst valg på baggrund af kendskab til spolefunktionen.

Nordvestligt hjørne

I det nordvestlige hjørne er der 11 % af de samlede cyklister, der stiller sig i spolefeltet. Hjørnedesignet i forhold til det modsatte hjørne i krydset er meget ens, med to undtagelser. Det første er helleplaceringen. Hellen på Marselis Blvd. er placeret på kanten af spolefeltet; den anden forskel er, at i tilfarten er højresving for motoriserede køretøjer forbudt. Derfor kan betydningen af disse to forskelligheder i forhold til det modsatte hjørne diskuteres. Observationer viser, at der er mange blandt de 11 %, som anvender hellen til at støtte deres fødder på, og som ellers placerer sig meget tæt på hellen. Det antages, at hellens placering i forhold til spolen, eller spoleplaceringen tæt på hellen, har en skjult positiv effekt på cyklisterne i form af tryghed.

En anden faktor kan være, at flere cyklister er stedkendte, og at de er klar over, at der ikke er nogen højresvingende motorkøretøjer, som de kan stå i vejen for. Derfor flytter de sig et par meter frem og placerer sig i spolefeltet. Dette anses dog ikke som årsagen til de 11 % i forhold til det modsatte hjørne. Havde dette været tilfældet, kunne der spørges, hvorfor der ikke er flere, som stiller sig i spolefeltet. Hjørnet har næstflest venstresvingende cyklister; dette antal er større end middelværdien. Det er observeret, at cyklister holder ikke så tit flere end 1 i spolefeltet, selvom de ankommer i grupper af flere end 4.

6.1.5 Referencekryds 2

Resultatet for venstresvingende cyklister i Referencekryds 2 er vist i tabel 6.7.

Tabel 6.7. Total antal venstresvingende cyklister, og given procentandelen af anvendelsen af spolefelt i Referencekryds 2.

Kryds	Placering	Spolefelt	Udenfor spolefelt	I alt	%	95% CI	
Referencekryds 2	Sydøstlig	49	109	158	31	24	38
	Nordvestlig	333	419	752	44	41	48
I alt		382	528	910			

Det ses, at procentandelen af venstresvingende cyklister, der holder i spolefeltet i de to hjørner, ikke afviger meget fra hinanden. Procentandelen for hhv. det nordvestlige og det sydøstlige hjørne er:

31 % [95 %-konfidensinterval: 24 % - 38 %]
44 % [95 %-konfidensinterval: 41 % - 48 %]

Den tætte procentandel af cyklister, der er placeret i spolefeltet, betyder, at hjørnerne kan være sammenlignelige. Ses der på den geometriske udformning og placeringen af spoler, er der ikke betydelig forskel. Forskellen ses kun i det nordvestlige hjørne, hvor cykelstien er afkortet. Det kan diskuteres, hvad differencen i procentandelen skyldes, når hjørnerne er forholdsvis ens designet. Forskellen i procentsatsen mellem de to hjørner kan skyldes, at flere cyklister i det nordvestlige hjørne vælger at placere sig længere mod hjørnet, da de føler sig utrygge med de højresvingende køretøjer bag sig.

Af tabel 6.7 ses det, at det sydøstlige hjørne har et lavt venstresvingende cykeltrafiktal, langt under middelværdien, mens det nordvestlige hjørne er tættere på den gennemsnitlige værdi. Antages det, at cyklisterne ikke er klar over spolefunktionen, og dermed ikke alle ved, hvad skæringer i asfalten betyder, kan den store mængde af venstresvingende cykeltrafik i det nordvestligt hjørne sandsynliggøre, at flere kommer til at stille sig i spolefeltet.

Det er undersøgt, om de to hjørner er sammenlignelige med en χ^2-test. Resultatet er en p-værdi på 0,021, dvs. p <0,05, hvilket er ensbetydende med, at hjørnerne er sammenlignelige. Beregningerne kan ses i appendiks B.

6.2 Effektberegning af venstresvingscykelboks

Sidst i afsnit 6.1.2 blev det konstateret, at hjørnerne i Projektkryds 2 er signifikant forskellige. Beregningen giver en procentsats på 65 % og 89 % for hhv. sydvestligt og nordøstligt hjørne. Forskellen i procentandelen ved venstresvingscykelboks er stor, og allerede her anses hjørner som usammenlignelige.

Der mangler optagelser for Projektkryds 1; derfor er det kun i Projektkryds 2, at det er undersøgt, om hjørnerne er signifikant sammenlignelige med en χ^2 test. Resultatet er vist i tabel 6.8.

Tabel 6.8. Testværdier for sammenligning af hjørner i Projektkryds 2.

H_0	Der er ingen forskel mellem de to hjørner.
χ^2	136
DF	1
p-værdi	0

P-værdien er lig med 0, hvilket betyder, at nulhypotesen forkastes, og at hjørnerne dermed er signifikant forskellige. For bedst muligt at kunne vurdere effekten af venstresvingscykelboksen, kræves det, at projekthjørnet og referencehjørnet er tilnærmelsesvis ens. Effekten er vurderet med en χ^2 test.

I afsnit **??** blev det præsenteret, at referencekrydsene blev udvalgt ud fra, at krydsdesign og cykeltrafikmængden, som de hver især håndterer, er ens og ligner projektkrydset. Hjørnerne til parvis sammenligning, fra projektkrydset og Referencekrydset, er valgt ud fra kriterier, der er opstillet i samme afsnit.

Kriterierne har tilsammen givet en række kombinationer af hjørner med og uden venstresvingscykelboks. Kombinationerne er opstillet i afsnit 2.5.2. I det følgende præsenteres resultaterne mht. disse kombinationer.

6.2.1 Projektkryds 1, nordøstligt hjørne kontra referencehjørner

I dette afsnit er resultatet for Projektkryds 1, nordøstligt hjørne, kontra hjørnerne i Referencekryds 1 og 2 præsenteret. Resultaterne, fundet ved hjælp af den statistiske analyse, herunder χ^2 test med 1 frihedsgrad, er vist i tabel 6.9. For beregninger af alle parvise hjørner henvises der til appendiks B.

Tabel 6.9. Effektberegning af venstresvingscykelboks, hjørner fra Projektkryds 1 (P1), kontra hjørner i Referencekryds 1 (R1) og 2 (R2).

		Effektevaluering	% (i spolefelt)	95 % CI		χ^2	df	p-værdi
Sammenligning	A	P1 - Nordøstlig	61	56	65	515,30	1	0
		R1 - Nordvestlig	11	10	13			
	B	P1 - Nordøstlig	61	56	65	513,91	1	0
		R1 - Sydøstlig	0	0	0,05			
	C	P1 - Nordøstlig	61	56	65	362,98	1	0
		R2 - Nordvestlig	44	41	48			
	D	P1 - Nordøstlig	61	56	65	101,82	1	0
		R2 - Sydøstlig	31	24	38			

Sammenligning A viser, at der er 5,4 gange flere venstresvingende cyklister, som stiller sig i spolefeltet med venstresvingscykelboks, end i spolefeltet uden venstresvingscykelboks. Resultatet af en χ^2-test giver en p <0,05. Resultatet viser derfor, at på 5 % - signifikansniveau forekommer der en statistisk signifikant forskel mellem et spolefelt, afmærket med venstresvingscykelboks, og et spolefelt uden venstresvingscykelboks.

Sammenligning B viser en p-værdi, der er lig med 0. Dvs. at nulhypotesen forkastes på 5 %-signifikansniveau. Derfor er der sammenhæng mellem venstresvingscykelboks og uden venstresvingscykelboks, når det kommer til venstresvingende cyklisters placering. Sammenligning C og D viser også, at der er en sammenhæng mellem hjørner med venstresvingscykelboks og hjørner uden venstresvingscykelboks. Resultatet viser, at der er hhv. 1,4 og 2 gange flere venstresvingende cyklister, som benytter spolefeltet i forhold til hjørner uden venstresvingscykelboks.

6.2.2 Projektkryds 2´s hjørner kontra referencehjørner

I dette afsnit er hjørnerne i Projektkryds 2 kontra referencehjørner blevet sammenlignet. Kriterier for sammenligning og kombinationer er angivet i afsnit 2.5.2. Resultatet er vist i tabel 6.10.

Tabel 6.10. Effektberegning af venstresvingscykelboks, hjørner fra Projektkryds 2 (P2), kontra hjørner i Referencekryds 1 (R1) og 2 (R2).

		Effektevaluering	% (i spolefelt)	95 % CI		χ^2	df	p-værdi
Sammenligning	E	P2 - Sydvestlig	65	63	67	104,61	1	0
		R2 - Nordvestlig	44	41	48			
	F	P2 - Sydvestlig	65	63	67	73,40	1	0
		R2 - Sydøstlig	31	24	38			
	G	P2 - Nordøstlig	89	86	91	2651,45	1	0
		R1 - Nordvestlig	11	10	13			
	H	P2 - Nordøstlig	89	86	91	273,59	1	0
		R2 - Nordvestlig	44	41	48			
	I	P2 - Nordøstlig	89	86	91	204,98	1	0
		R2 - Sydøstlig	31	24	38			

Resultaterne for alle sammenligninger, E til I, viser, at der er en forskel på antal venstresvingende cyklister i spolefelt med og uden venstresvingscykelboks. Nulhypotesen forekastes på 5 % - signifikansniveau, da p-værdien på 0 er mindre end 0,05.

Forholdet mellem antal venstresvingende cyklister, der stiller sig i spolefeltet med venstresvingscykelboks hhv. uden venstresvingscykelboks for sammenligningerne E er 1,4, F er 2,1, G er 8, H er 2 og I er 2,9. Der er en klar sammenhæng mellem hjørner med venstresvingscykelboks hhv. uden.

6.3 Diskussion

For at få et godt billede af virkeligheden blev det planlagt at optage i 14 dage fra kl. 5 om morgenen til kl. 21 om aftenen. Hermed medtages både morgen- og eftermiddagsmyldretiden og ikke mindst de cyklister, som bruger cyklen til andet formål end pendling. Dvs. at for hvert hjørne burde der være 224 timers optagelser.

Der har været problemer med kameraerne i Projektkryds 1, hvor det ene hjørne har optaget i 8 timer og det andet i 156 timer. I Referencekryds 1 har der ligeledes været problemet med et af hjørnerne, hvor der er optagelser for 166 timer. Udover den nævnte mangel på optagelser har der været problemer med kameravinklen i et af hjørnerne i Projektkryds 1. Generelt er det vist, at kameravinklen har stor betydning for dataindsamlingen. En spids kameravinkel, der viser hjørnet, men samtidig viser de cyklister, der kommer mod hjørnet, vil mindske tvivlen om antallet af venstresvingende cyklister uden for spolefeltet.

På trods af verificering af manglende optagelser opnås der en signifikant forskel mellem med og uden venstresvingscykelboks i analysen. Resultatet af effektevalueringen er meget fin, men dette skal betragtes i forhold til tidligere nævnte sammenligningskriterier. Det opnåede resultat kunne også være en mangel ved metoden eller den reelle virkelighed. Dette kan verificeres ved at udføre flere undersøgelser.

I kapitlet 2 blev det nævnt, at en før- og efteranalyse kunne være mere oplagt til

evaluering af venstresvingscykelboksen, hvilket kan diskuteres. Analysen, baseret på før- og eftermetode, vil betyde, at usikkerheder om krydsdesign og trafikmængde ikke vil være til stede. Dog kan optagelserne påvirkes af vejrændringer. Vejret har stor indflydelse på cyklister. Regn eller sne om morgenen kan få flere til at vælge cyklen fra, hvilket kan reducere datamængden. Regn under optagelser kan medføre, at flere venstresvingende cyklister foretager den hurtige venstresvingsløsning, hvor cyklisten cykler over fodgængerfeltet, efter fodgængersignalet, for at spare et rødt signal. Princippet er illustreret på 3.4.

En anden faktor der taler til fordel i en før- efteranlayse, i projektet, fremfor med- og udenanalysen er demografien i området. analysemetoden, med og uden, forudsætter at demografien burde tages i betragtning ved udpegning af lokaliteter. I referencekryds er det observeret, at cyklisters kørelinjer er spredte og en aggressive adfærd, hvorimod i projektkrydsene er der observeret en mere "disciplineret"køreadfærd blandt cyklisterne. Dette kan hænge sammen med at cyklisterne som færdes i projekt krydse er primært pendlere. I reference krydsene er det meget blandet cykeltrafik, med en sammensætning af børn, forsigtige ældre, aggressive unge, normale middelaldrende cyklister.

I sammenligningerne er det forsøgt, at tager højde for metodeforudsætningen; at projektkryds og referencekryds er ens. Det kan diskuteres, om der kunne have været et bedre valg af referencekryds til sammenligning. Dette kraver stort kendskabet til området og er en tidskrævende proces. I sammenligningerne er der taget højde for forudsætningen, ved at tage den geometriske udformning i betragtningen som den primære forudsætning

Metodens fordel om at kryds med og uden venstresvingscykelboks vil blive udsat for samme vejrforhold, er taget i betragtning ved at optage i et projektkryds og et referencekryds samtidigt. Det skal dog bemærkes, at uanset hvilken metode der udpeges, så er det cyklistadfærden, som bliver undersøgt. Som Copenhagenize Design CO. [2012] udtrykker det: Cyklister er kreative trafikanter, og derfor placerer de sig efter egen dømmekraft i kryds, hvor der ikke er et reserveret rum for dem. Derimod vil en afmærkning af spolefelt med venstresvingscykelboks mindske et af problemerne, hvad angår uforudsigelighed, og give venstresvingende cyklister en fast plads i signalkryds.

Metoden er en observationsanalyse og ikke et laboratorieforsøg, hvor forsøget trinvist kan kontrolleres og justeres. Derfor er der en række tilfældigheder, der kan opstå under optagelserne, som kan påvirke resultatet.

7 Konklusion

Aarhus Kommune har efter gentagne klager fra borgere, omhandlende lange ventetider for de venstresvingende cyklister i signalregulerede kryds, valgt at afmærke hjørnespolerne i to signalregulerede kryds med venstresvingscykelbokse. Samme afmærkning er indført i Odense, som har haft gode erfaringer efter implementeringen af tiltaget. Der er dog ikke gennemført en evaluering af effekten.

Derfor er det forsøgt med dette kandidatspeciale at undersøge og besvare problemstillingen, præsenteret i kapitel 1.2, som lyder som følger:

> *Kan en venstresvingscykelboks påvirke venstresvingende cyklisters adfærd med hensyn til placering i signalregulerede kryds?*

Effekten af venstresvingscykelbokse er undersøgt i en med- og udenanalyse. I analysen anvendes to projektkryds med afmærkning af hjørnespolerne, hvilke sammenlignes med to referencekryds uden afmærkning af hjørnespolerne. Både projektkrydsene og referencekrydsene er beliggende i Aarhus Kommune. Projektkrydsene består af krydset mellem Paludan-Müllers Vej/Agro Food Park/Tyge Søndergaards Vej og krydset mellem Paludan-Müllers Vej/Herredsvej/Carl Krebs' Vej. Referencekrydsene består af krydset mellem Marselis Boulevard/Stadion Allé og krydset mellem Skanderborgvej/Ringvej Syd/Ravnsbjergvej.

For at belyse antallet af venstresvingende cyklister, som placerer sig i spolefeltet eller uden for spolefeltet i projekt- og referencekrydsene, er videoanalyseværktøjet Road User Behaviour Analysis (RUBA) anvendt.

Ud fra antallet af venstresvingende cyklister, som placerer sig i spolefeltet eller uden for spolefeltet, er der fundet procentandele for de fire kryds. I Projektkryds 1 i det nordøstlige hjørne placerer 61 % af de venstresvingende cyklister sig på spolefeltet. I det sydvestlige hjørne er der opstået tekniske problemer i forbindelse med optagelserne, hvorfor det ikke har været muligt at medtage hjørnet i databehandlingen.

I Projektkryds 2 i det sydvestlige hjørne udgør andelen 65 %, mens det nordøstlige hjørne udgør 89 %. Den høje andel i det nordøstlige hjørne i forhold til det sydvestlige hjørne kan skyldes den geometriske udformning og fejl i kameraopsætningen. I det nordvestlige hjørne er hjørnet skåret til, så der opstår en "lomme", hvor de venstresvingende kan placere sig, hvilket giver cyklisterne mere tryghed. Dette kan have en positiv effekt på brugen af venstresvingscykelboksen. I det nordøstlige hjørne er der desuden forekommet fejl under opsætning af videokameraet, så kameraets synsfelt ikke dækker arealet bag

stopstregen på cykelstien. Det er observeret i de fire kryds, at der er en gennemgående tendens til, at et antal venstresvingende cyklister placerer sig bag stopstregen, hvilket kan betyde, at et ukendt antal venstresvingende cyklister ikke er medtaget i beregninger for hjørnet. I det sydøstlige hjørne er der ikke anlagt fodgængerfelt mod den nordlige retning, hvorved venstresvingscykelboksen er anlagt foran stoplinjen for cykelstien. Dette kan have en negativ effekt, da observationer viser, at mange cyklister placerer sig længere fremme i hjørnet. Observationerne viser ligeledes, at dette kan have en negativ effekt på de ligeudkørende cyklister, da en større andel placerer sig i venstresvingscykelboksen.

I Referencekryds 1 er andelen i hhv. det sydøstlige og det nordvestlige hjørne på 0 % og 26 %. De 0 % kan skyldes hjørnets design med hensyn til spoleplacering og helleplacering. I forhold til de andre kryds er spolen rykket længere frem. Observationer viser, at de få venstresvingende cyklister, som placerer sig længere fremme og afventer grønt, foretrækker at stå ved hellen, da dette giver cyklisterne mere tryghed og et sted at støtte med foden. Denne forskel, i forhold til projektkrydsene, gør, at hjørnet ikke er egnet til en med- og udenanalyse. I Referencekryds 2 er andelen i hhv. det sydøstlige og det nordvestlige hjørne på 31% og 44 %. Den høje andel af venstresvingende cyklister, som placerer sig på spolefeltet, kan skyldes spoleplaceringen i hjørnet, hvilket er et oplagt sted for de venstresvingende at placere sig. I den nordlige tilfart er der ikke etableret cykelsti, hvilket kan have betydning for, at flere vælger at placere sig længere ude mod hjørnet, da de føler sig utrygge med de højresvingende motorkøretøjer bag sig.

Ud fra procentandelen i projektkrydsene og referencekrydsene kan det konkluderes, at flere venstresvingende cyklister placerer sig i spolefeltet ved etablering af venstresvingscykelbokse. For at konkludere, om resultatet er statistisk signifikant, er der anvendt en χ^2 test.

Til den statistiske analyse er der opstillet nogle kriterier for sammenligning af hjørnerne mellem projektkrydsene og referencekrydsene, hvilke er spolefeltets placering i hjørnet i forhold til den tværgående kørebane og afstanden til stopstregen for de ligeudkørende cyklister, afmærkning af fodgængerfelt og forskellen i procentandelen. Der er i alt foretaget ni sammenligninger, hvor det nordøstlige hjørne i Projektkryds 1 er sammenlignet med begge hjørner i Referencekryds 1 og 2. Det sydvestlige hjørne i Projektkryds 2 er sammenlignet med hjørnerne i Referencekryds 2, mens det nordøstlige hjørne i Projektkryds 2 er sammenlignet med det nordvestlige hjørne i Referencekryds 1 og begge hjørner i Referencekryds 2.

Den statistiske analyse viser, at der er signifikant forskel på hjørner med og uden venstresvingscykelboks i alle sammenligningerne. Ud fra de ni sammenligninger kan det konkluderes, at afmærkning af hjørnespoler har en positiv effekt på placeringen af de venstresvingende cyklister.

Litteratur

Asbjørn Halskov-Sørensen, **2017**. Asbjørn Halskov-Sørensen. *Møde med Aarhus Kommune*. 2017.

Bacchieri et al., **2010**. Giancarlo Bacchieri, Aluísio J D Barros, Janaína V Dos Santos og Denise P Gigante. *Cycling to work in Brazil: Users profile, risk behaviors, and traffic accident occurrence*. Accident Analysis and Prevention, 42, 1025–1030, 2010. doi: 10.1016/j.aap.2009.12.009. URL `http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0001457509003236`.

BikeWark NC, **2017**. BikeWark NC. *Bicycle Detection at Traffic Signals*, 2017. URL `http://www.bikewalknc.org/bicycle-detection-at-traffic-signals/`.

Bockhann, **2015**. Matilde Rytter Bockhann. *Præsentation: CYKLISTERS TRAFIKALE ADFÆRD*, IT IS A BIRD, 2015. URL `https://www.cyklistforbundet.dk/cykelviden/Artikler-og-videnblade/Uhensigtsmaessig-adfaerd-blandt-cyklister`.

Cairney et al., **2012**. P Cairney, B Turner og L Steinmetz. *An Introductory Guide for Evaluating Effectiveness of Road Safety Treatments*, Austroads Ltd., 2012. URL `https://www.onlinepublications.austroads.com.au/items/AP-R421-12`.

Charles River Transportation Managment Association. Udateret Charles River Transportation Managment Association. *Using the new Binney Bike Boxes in 6(ish) easy steps*. URL `http://www.charlesrivertma.org/cambridge-transportation-news/2015/8/7/using-the-new-binney-bike-boxes-in-6ish-easy-steps.html`.

Charlotte Højholt Leegaard og Christina Boel Lundgaard, **2016**. Charlotte Højholt Leegaard og Christina Boel Lundgaard. *Cyklistgelænders betydning for cyklisters adfærd i signal- regulerede kryds*, Aalborg Universitet, Aalborg, 2016.

Chen og Shao, **2014**. Xiaoming Chen og Chunfu Shao. *Operational Impacts of Copenhagen Left as Alternatives to Diagonal LeftTurns of Bicycles at Signalized Intersections*, Transportation Research Board, 2014. URL `http://docs.trb.org/prp/14-0548.pdf`.

City of Saskatoon, **2017**. City of Saskatoon. *Cycling Plans & Projects*, 2017. URL `https://www.saskatoon.ca/moving-around/cycling/cycling-plans-projects`.

Copenhagenize Design CO., **2012**. Copenhagenize Design CO. *The Bicycle Choreography of an Urban Intersection*, Frederiksberg, 2012. URL `http://copenhagenize.eu/dox/Bicycle{_}Choreography{_}Copenhagenize.pdf`.

Danmarks Statistik, **2001**. Danmarks Statistik. *Danmark i tal 2001*, 2001. URL `http://www.dst.dk/da/Statistik/Publikationer/VisPub?cid=2298`.

Federal Highway Administration, **2009**. Federal Highway Administration. *Chapter 9C - MUTCD 2009 Edition - FHWA*, 2009. URL https://mutcd.fhwa.dot.gov/htm/2009/part9/part9c.htm.

Federal Highway Administration, **2011**. Federal Highway Administration. *PEDESTRIAN AND BICYCLE DATA COLLECTION TASK 2 -ASSESSMENT*, 2011. URL https://www.fhwa.dot.gov/policyinformation/travel{_}monitoring/pubs/pedbikedata.pdf.

Fruhen og Flin, **2015**. Laura S. Fruhen og Rhona Flin. *Car driver attitudes, perceptions of social norms and aggressive driving behaviour towards cyclists.* Accident Analysis and Prevention, 83, 162–170, 2015. ISSN 00014575. doi: 10.1016/j.aap.2015.07.003. URL http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0001457515300154.

Glismann og Bockhahn, **2015**. Ursula Glismann og Matilde Rytter Bockhahn. *Har vi overhovedet et problem med cyklister? - Ja, og byplanlæggerne kan hjælpe os.* Trafik & Veje, 2015. URL http://asp.vejtid.dk/Artikler/2015/08/8182.pdf.

Google, **2017**. Google. *Google Earth*, 2017.

Guldagger, **2015**. Mette Guldagger. *Hver tredje dansker ser cyklister bryde loven dagligt*, 2015. URL http://politiken.dk/forbrugogliv/forbrug/dintransport/art5574258/Hver-tredje-dansker-ser-cyklister-bryde-loven-dagligt.

Hauer, **1997**. Ezra Hauer. *Observational before-after studies in road safty.* Elsevier Science Ltd., Toronto, 1997.

Jakobsen og Knudsen, **2013**. Lars H. Jakobsen og Knud D. Knudsen. *Ny og revolutionerende detektering af køretøjer og cyklister.* Trafik & Veje, 2013. URL http://asp.vejtid.dk/Artikler/2013/09/6694.pdf.

Jeppesen, **2011**. Jon Gade Jeppesen. *Cyklen og byen*, Aarhus Universitet, Aarhus, 2011. URL http://dendigitalebyport.byhistorie.dk/bibliografi/dokumenter/Cykel-speciale.pdf.

Johnson et al., **2008**. M Johnson, J. Charlton og J. Oxley. *Cyclists and red lights*, Australasian Road Safety Research, Adelaid, 2008. URL http://casr.adelaide.edu.au/rsr/RSR2008/JohnsonM.pdf.

Jørgensen, **2012**. Anette Jerup Jørgensen. *Cyklisters adfærd – behov for forandring?* Trafik & Veje, 2012. URL http://asp.vejtid.dk/Artikler/2012/12/6471.pdf.

Jørgensen, **2016**. Anette Jerup Jørgensen. *Risikobetonede konflikter i kryds.* Trafik og Veje, 2016. URL http://asp.vejtid.dk/Artikler/2016/01{%}5C8315.pdf.

Kirkwood og Sterne, **2003**. Betty R. Kirkwood og Jonathan A. C. Sterne. *Medical statistics.* 2003.

Larsen, **2014**. Jonas Larsen. *(Auto)Ethnography and cycling.* International Journal of Social Research Methodology, 17(1), 59–71, 2014. URL http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13645579.2014.854015.

Larsen og Funk, **2015**. Jonas Larsen og Oskar Funk. *Det paradoksale venstresving for cyklister*. Trafik & Veje, 2015. URL http://asp.vejtid.dk/Artikler/2015/10/8213.pdf.

Meng og Mikkelsen, **2015**. Annette Meng og Trine Stig Mikkelsen. *Uhensigtsmæssig adfærd blandt cyklister | Cyklistforbundet*. Cyklistforbundet, 2015. URL https://www.cyklistforbundet.dk/cykelviden/Artikler-og-videnblade/Uhensigtsmaessig-adfaerd-blandt-cyklister.

National Association of City Transportation Officials, **2014a**. National Association of City Transportation Officials. *Bikeway Design Guide*. Second edition, 2014. ISBN 978-1-59726-518-8. doi: 10.5822/978-1-61091-582-3.

National Association of City Transportation Officials, **2014b**. National Association of City Transportation Officials. *Two-Stage Turn Queue Boxes*, 2014. URL https://nacto.org/publication/urban-bikeway-design-guide/intersection-treatments/two-stage-turn-queue-boxes/.

Nielsen et al., **2015**. T. S. Nielsen, L. Christensen, S. Haustein og T. Koglin. *Danmark er cykelland nummer 2 i Europa*. Cykelviden, 2015. URL http://www.cyklistforbundet.dk/cykelviden/Artikler-og-videnblade/Danmark-er-cykelland-nummer-2-i-Europa.

Pedersen, **2012**. Camilla Hertz Pedersen. *Cyklister kører efter soloregler | NetAvisen*. NetAvisen, 2012. URL http://navisen.dk/blog/cyklister-krer-efter-soloregler/.

Ruby, **2016**. Lotte Ruby. *How Denmark became a cycling nation*, 2016. URL http://www.cycling-embassy.dk/2016/01/18/how-denmark-become-a-cycling-nation/.

Sonne og Olesen, **2014**. Stine Sonne og Morten Nørgaard Olesen. *Cyklisters sikkerhed ved krydsning af letbanen*. Trafik og veje, 2014. URL https://www.cyklistforbundet.dk/cykelviden/Artikler-og-videnblade/Cyklisters-sikkerhed-ved-krydsning-af-letbanen.

The Regional Municipality of York, **2017**. The Regional Municipality of York. *Left Turn Bike Boxes*, 2017. URL http://www.york.ca/wps/portal/yorkhome/recreation/yr/cycling/leftturnbikeboxes.

Traffic Research Group. Traffic Research Group. *Road User Behaviour Analysis - User Guide*. Aalborg.

Transport- Bygnings- og Boligministeriet, **2017**. Transport- Bygnings- og Boligministeriet. *Bekendtgørelse af færdselsloven*, 2017. URL https://www.retsinformation.dk/pdfPrint.aspx?id=185819{&}exp=1.

Transport- og Bygningsministeriet, **2016**. Transport- og Bygningsministeriet. *Bekendtgørelse om vejafmærkning*, 2016. URL https://www.retsinformation.dk/forms/r0710.aspx?id=180061{#}idd2eb1a5c-887d-46dc-b0ed-4148b1e5db13.

Transportministeriet , 2014 . Transportministeriet. Danmark – op på cyklen! Den nationale cykelstrategi, 2014. URL https://www.trm.dk/da/publikationer/2014/den-nationale-cykelstrategi .

UNECE , 2006 . UNECE. Convention on road signs and signal, 2006. URL https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/conventn/Conv{_}road{_}signs{_}2006v{_}EN.pdf .

UNECE , 2017 . UNECE. UN Transport Agreements and Conventions , 2017. URL http://www.unece.org/trans/maps/un-transport-agreements-and-conventions-10.html?q=(4)+http{%}3A{%}2F{%}2Fwww.unece.org{%}2Ftrans{%}2Fmaps{%}2Fun-transport-agreements-and-conventions-10.html{&}oq=(4)+http{%}3A{%}2F{%}2Fwww.unece.org{%}2Ftrans{%}2Fmaps{%}2Fun-transport-agreements-an .

UTTIPEC , 2009 . UTTIPEC. Guidelines for Road Markings , New Delhi, 2009. URL http://uttipec.nic.in/writereaddata/mainlinkFile/File208.pdf .

Vejdirektoratet , 2000 . Vejdirektoratet. Idékatalog for cykeltrafik, 2000. URL http://www.vejdirektoratet.dk/DA/viden{_}og{_}data/publikationer/Lists/Publikationer/Attachments/416/idekatalogforcykeltrafik.pdf .

Vejdirektoratet , 2012 . Vejdirektoratet. Detektorer for trafikregistrering , 2012. URL vejregler.lovportaler.dk/showdoc.aspx?q=detektor{&}docId=vd-anlaeg-detektorer2-full .

Vejdirektoratet , 2017a . Vejdirektoratet. Cykeltrafik og persontransport - Hvor meget cykler vi? , 2017. URL http://www.vejdirektoratet.dk/DA/viden{_}og{_}data/statistik/trafikkenital/Hvor{_}meget{_}cykler{_}vi/Sider/Cykeltrafikogpersontransport.aspx .

Vejdirektoratet , 2017b . Vejdirektoratet. Mastra , 2017. URL http://vej08.vd.dk/mastra/nytui/kort/UniKort.html?skin=nt .

Volling , 2013 . Michael T Volling. A New Solution to the Growing Problem of Bicycle Detection. IMSA, 2013. URL http://www.imsasafety.org/journal/jf13/18.pdf .

Aarhus Cykelby , 2015 . Aarhus Cykelby. Aarhus Cykelby | Cykeltrafikindeks , 2015. URL http://aarhuscykelby.dk/statistik/cykeltrafikindeks/ .

Aarhus Kommune , 2007 . Aarhus Kommune. Cykel handlingsplan, Aarhus, 2007. URL https://www.aarhus.dk/da/borger/Trafik/Visioner/Trafikplaner/Cykelhandlingsplan.aspx .

Aarhus Kommune , 2014 . Aarhus Kommune. Herredsvej lukker for gennemkørende trafik, 2014. URL https://www.aarhus.dk/da/omkommunen/nyheder/2014/Januar/Herredsvej-lukker-for-gennemkoerende-trafik.aspx .

Aarhus Kommune , 2017a . Aarhus Kommune. Aktuel statistik: Aarhus Kommune , 2017. URL https://www.aarhus.dk/da/aarhus/Aarhus-i-tal/Aktuelt.aspx .

Aarhus Kommune , 2017b . Aarhus Kommune. Afmærkningsplan, venstresvingende cyklister . 2017.

Aarhus Kommune , 2017c . Aarhus Kommune. Funktionsbeskrivelse: Signalanlæg i krydset Paludan-Müllers Vej / Tyge Søndergaards Vej - AgroFood Park , 2017c.

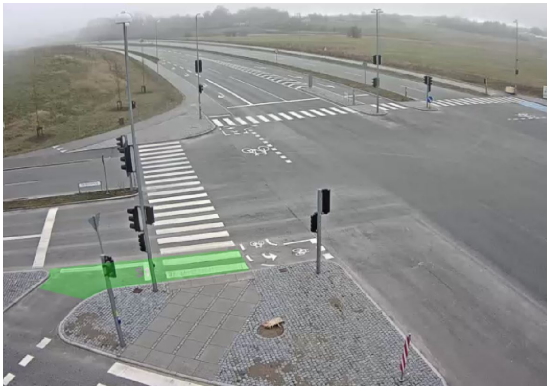
Optælling af venstresvingende cyklister A

I dette appendiks er skærmbilleder af detektorer og kalibrering af parametrene i RUBA for de fire kryds illustreret.

A.1 Projektkryds 1

For Projektkryds 1 i det nordøstlige hjørne, er der opstillet to detektorer, illustreret på figur A.1 og A.2. De valgte værdier for parametrene er vist i tabel A.1.

Figur A.1. Opstilling af detektor for spolefeltet i Projektkryds 1, nordøstligt hjørne.



Figur A.2. Opstilling af detektor udenfor spolefeltet i Projektkryds 2, nordøstligt hjørne.

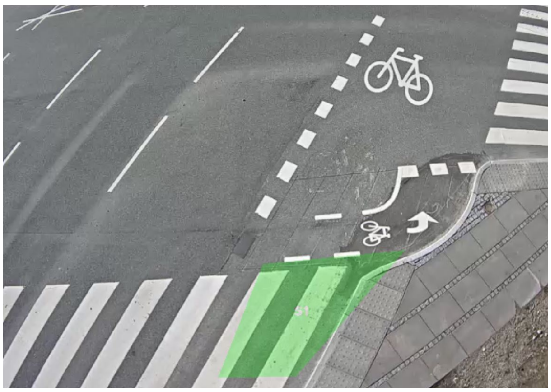
Tabel A.1. De valgte værdier for parametrene i Projektkryds 1, nordøstligt hjørne.

Parametre	Spolefelt	Udenfor spolefelt
Min. occupation percentage	10	5
Min. speed	0,4	0,5
Max. vector count	90	138
Max. triggered duration [ms]	100.000	100.000
Delete events smaller than [ms]	550	700
Collate events within [ms]	1.000	1.700

A.2 Projektkryds 2

For Projektkryds 2 i det nordøstlige hjørne, er der opstillet to detektorer, illustreret på figur A.3 og A.4. De valgte værdier for parametrene er vist i tabel A.2.

Figur A.3. Opstilling af detektor for spolefeltet i Projektkryds 2, nordøstligt hjørne.



Figur A.4. Opstilling af detektor udenfor spolefeltet i Projektkryds 2, nordøstligt hjørne.

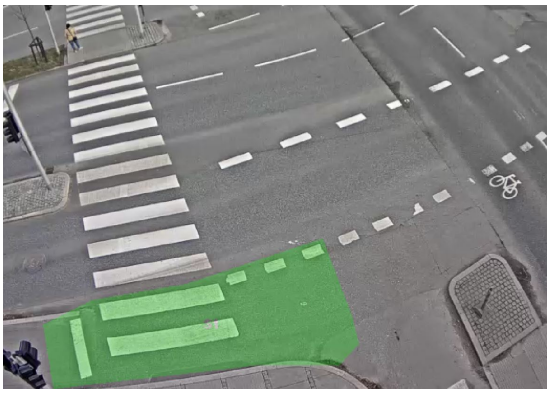
Tabel A.2. De valgte værdier for parametrene i Projektkryds 2, nordøstligt hjørne.

Parametre	Spolefelt	Udenfor spolefelt
Min. occupation percentage	10	10
Min. speed	0,4	0,4
Max. vector count	130	200
Max. triggered duration [ms]	110.000	100.000
Delete events smaller than [ms]	400	500
Collate events within [ms]	1.700	2.500

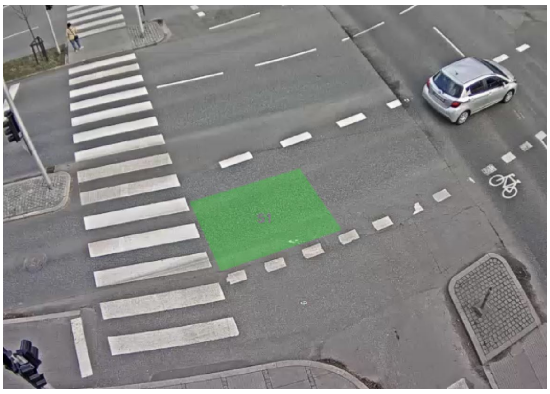
A.3 Referencekryds 1

For Referencekryds 1 i det nordvestlige hjørne, er der opstillet tre detektorer, illustreret på figur A.5, A.6 og A.7. De valgte værdier for parametrene er vist i tabel A.3

Figur A.5. Opstilling af detektor for spolefeltet i Referencekryds 1, nordvestligt hjørne.



Figur A.6. Opstilling af detektor udenfor spolefeltet i Referencekryds 1, nordvestligt hjørne.



Figur A.7. Opstilling af detektor i kørebanen i Referencekryds 1, nordvestligt hjørne.

Tabel A.3. De valgte værdier for parametrene i Referencekryds 1, nordvestligt hjørne.

Parametre	Spolefelt	Udenfor spolefelt	Udenfor spolefelt (kørebane)
Min. occupation percentage	8	4	8
Min. speed	0,4	0,5	0,4
Max. vector count	90	135	100
Max. triggered duration [ms]	100.000	90.000	100.000
Delete events smaller than [ms]	600	300	500
Collate events within [ms]	3.000	1.500	2.000

For Referencekryds 1 i det sydøstlige hjørne, er der opstillet to detektorer, illustreret på figur A.8 og A.9. De valgte værdier for parametrene vist i tabel A.4.

Figur A.8. Opstilling af detektor for spolefeltet i Referencekryds 1, sydøstligt hjørne.

Figur A.9. Opstilling af detektor udenfor spolefeltet i Referencekryds 1, sydøstligt hjørne.

Tabel A.4. De valgte værdier for parametrene i Referencekryds 1, sydøstligt hjørne.

Parametre	Spolefelt	Udenfor spolefelt
Min. occupation percentage	10	9
Min. speed	0,4	0,5
Max. vector count	100	120
Max. triggered duration [ms]	100.000	100.000
Delete events smaller than [ms]	500	500
Collate events within [ms]	2.000	1.500

A.4 Referencekryds 2

For Referencekryds 2 i det nordvestlige hjørne, er der opstillet to detektorer, illustreret på figur A.10 og A.11. De valgte værdier for parametrene er vist i tabel A.5.

Figur A.10. Opstilling af detektor for spolefeltet i Referencekryds 2, nordvestligt hjørne.

Figur A.11. Opstilling af detektor udenfor spolefeltet i Referencekryds 2, nordvestligt hjørne.

Tabel A.5. De valgte værdier for parametrene i Referencekryds 2, nordvestligt hjørne.

Parametre	Spolefelt	Udenfor spolefelt
Min. occupation percentage	5	5
Min. speed	0,2	0,2
Max. vector count	100	120
Max. triggered duration [ms]	150.000	150.000
Delete events smaller than [ms]	600	500
Collate events within [ms]	2.500	1.500

For Referencekryds 2 i det sydøstlige hjørne, er der opstillet to detektorer, illustreret på figur A.12 og A.13. De valgte værdier for parametrene er vist i tabel A.6.

Figur A.12. Opstilling af detektor for spolefeltet i Referencekryds 2, sydøstligt hjørne.

Figur A.13. Opstilling af detektor udenfor spolefeltet i Referencekryds 2, sydøstligt hjørne.

Tabel A.6. De valgte værdier for parametrene i Referencekryds 2, sydøstligt hjørne.

Parametre	Spolefelt	Udenfor spolefelt
Min. occupation percentage	8	10
Min. speed	0,4	0,4
Max. vector count	150	90
Max. triggered duration [ms]	150.000	150.000
Delete events smaller than [ms]	600	500
Collate events within [ms]	200.000	210.000

Elektronisk appendiks B

B.1 Antal venstresvingende cyklister og optagelsesperioder
B.2 Beregning af procentsatser
B.3 Beregning af statistisk test - Hjørner i Projektkryds 2 sammenlignet
B.4 Beregning af statistisk test - Projektkryds 1 kontra referencehjørner
B.5 Beregning af statistisk test - Projektkryds 2 kontra referencehjørner

Eksempel på beregning C

I det efterfølgende er der angivet et eksempel på beregningen af χ^2-test, på sammenligningen mellem Projektkryds 1, nordøstligt hjørne kontra Referencekryds 2, nordvestligt hjørne.

C.1 χ^2-test

Det observerede antal venstresvingende cyklister spolefeltet og udenfor spolefeltet ses i tabel C.1.

Tabel C.1. Observations data, for Projektkryds 1 (P1) og Referencekryds 2 (R2)

	Spolefelt	Udenfor spolefelt	Sum
P1 - Nordøstlig	251	162	413
R2 - Nordvestlig	333	419	752
Sum	584	581	1165

Ud fra tallene udregnes bedste bud på antallet af venstresvingende cyklister som holder i spolefeltet:

$$\mathrm{P}_{\mathrm{spolefelt,P1}} = \frac{251}{413} = 60,77 \approx 61$$

$$\mathrm{P}_{\mathrm{spolefelt,R2}} = \frac{333}{752} = 44,28 \approx 44$$

Standardafvigelsen udregnes for cyklister i spolefeltet i hhv. P1 og R2 ved hjælp af formel 2.1

$$\mathrm{SE_p} = \sqrt{\frac{61{*}(100-61)}{413}} = 2,4$$

$$\mathrm{SE_p} = \sqrt{\frac{44{*}(100-44)}{752}} = 1,8$$

Herefter udregnes nedre- og øvre- konfidensinterval:

$$\text{CI 95 \%}_{\text{(spolefelt,P1)}} = 61 \pm 1{,}96 * 2{,}4 = 56/65 \tag{C.1}$$

$$\text{CI 95 \%}_{\text{(spolefelt,R2)}} = 61 \pm 1{,}96 * 1{,}8 = 41/48 \tag{C.2}$$

Det vil sige, at antallet af venstresvingende cyklister, som placerer sig i spolefeltet, kan være mellem 56 og 65 % i hjørnet med venstresvingsboks, og cyklister, som placerer sig i spolefeltet i hjørnet uden venstresvingsboks, kan være mellem 41 til 48 %. Procentandelen fra både hjørnet med venstresvingsboks og uden venstresvingsboks ligger hver inden for sit konfidensinterval, hvilket betyder, at der er statistisk signifikant forskel på antal venstresvingende cyklister i spolefeltet i med- og uden-undersøgelsen. Forskel i procentsatserne betyder, at der er 1,4 gange flere, der stiller sig i spolefelt med venstresvingsboks end uden venstresvingsboks.

Derefter udregnes en p-værdi, som også kan beskrive effekten:

Til beregning af p-værdi skal man bruge, de forventede værdier, hvilke udregnes ud fra observerede værdier. De forventede værdier er:

$$\frac{\text{Sum}_{(\text{spolefelt})} * \text{Sum}_{(\text{P1})}}{\text{SUM}_{\text{Total}}} = \frac{584 * 413}{1165} = 207$$

Resterende værdier, udregnet på samme måde, ses i tabel C.2.

Tabel C.2. Forventet værdier, for Projektkryds 1 (P1) og Referencekryds 2 (R2)

	Spolefelt	Udenfor spolefelt	Sum
P1 - Nordøstlig	207	329	413
R2 - Nordvestlig	152	600	752
Sum	584	581	1165

Herefter laves sumtest ved hjælp af formlen **??**. Sumtest værdierne for hver celle i tabellen er angivet i tabel C.3.

$$\text{Sumtest}_{\text{spolefelt}} = \frac{(251 - 207)^2}{207} = 9,34$$

Tabel C.3. Sumtest værdier, for sammenligning mellem hjørner

	Spolefelt	Udenfor spolefelt
P1 - Nordøstlig	9,34	85,11
R2 - Nordvestlig	215,01	54,53

χ^2 værdien udregnes ved hjælp af formel **??**, derefter beregnes p-værdien ved hjælp af formel 6.1.

Dette giver en p-værdi på 0. Hvilket betyder, at nulhypotesen forkastes, og at der er statistisk signifikant forskel på med- og uden undersøgelsen i forhold til placering af antallet af venstresvingende cyklister i spolefelt ved hhv. med og uden venstresvingsbokse.