

Aalborg Universitet

---

Analyse og implementering af DLT-anlæg i Danmark

Kandidatspeciale

---



Kandidat i Veje og Trafik  
Institut for Byggeri, By & Miljø  
Aalborg Universitet  
9. juni 2022





**AALBORG UNIVERSITET**  
STUDENTERRAPPORT

Ingeniør- og naturvidenskabelige fakultet

Institut for Byggeri, By og Miljø

Thomas Manns Vej 23

9220 Aalborg Øst

<https://www.build.aau.dk/>

**Titel:**

Analyse og implementering af DLT-anlæg i Danmark

**Projekt:**

Kandidatspeciale

**Projektperiode:**

September 2021 - Juni 2022

**Deltagere:**

Michael Caspersen

**Vejleder:**

Anne Vingaard Olesen

**Sidetæl: 79**

**Bilag: 37**

**Afsluttet: 9. juni 2022**

**Synopsis:**

This thesis concerns an intersection new to Denmark: The Displaced Left Turn Intersection. A design reducing congestion in major intersections experiencing bottlenecks or gridlock during peak hours, causing delay, excess emissions and lost productivity. Expanding regular intersections can increase throughput, but prolongs intervals between signal phases, decreasing efficiency.

A range of literature reviews perpetuates the promises of DLTs, yet four gaps are identified: 1) A need for adaptable operations and evaluation over the course of the whole day, 2) Optimised operations of both motor traffic, cyclists and pedestrians, 3) User experience and user-lead improvements and 4) Practical implementation in a real intersection.

A survey looks into insecurity levels while making a left turn and scoring of four different kinds of aids for orientation. A K-means cluster analysis groups respondents, from which characteristics are analysed. A variance analysis determines overlap amongst groups, disproving significant links between scoring and respondents' personal attributes.

Vissim is used to evaluate the potential of DLT designs versus regular intersections over the course of a day, both in theory and in a practical term. Due to issues related to signal management, only results from one type of theoretical DLT are obtained.





# Forord

---

Dette speciale er udarbejdet fra efteråret 2021 til foråret 2022 af Michael Caspersen på 4. semester af kandidatuddannelsen Veje og Trafik på Aalborg Universitet.

Specialet omhandler en alternativ krydstype, der aldrig før er set i Danmark, den såkaldte DLT. Denne krydstype har vist potentiale for at kunne reducere forsinkelse og øge afvikling i større kryds, med forbedret samfundsøkonomi og reduceret miljøpåvirkning til følge. Under hvilke forudsætninger og hvordan denne type løsning kan implementeres i Danmark undersøges derfor i denne rapport.

Rapporten er delt i to dele: 1) en teoretisk del, hvor den operationelle effektivitet af krydstypen stresstestes under teoretiske forhold, 2) en praktisk del, hvor løsningen implementeres i et større kryds med trængselsudfordringer.

Der rettes en tak for kyndig råd, vejledning, engagement, data og andet materiale til Steen Merlach Lauritzen og Henrik Da Silva Jensen fra Vejdirektoratet. Der rettes ligeledes en tak til Christian Stavnsbjerg fra Rambøll for hjælp til problemløsning af simuleringsudfordringer.

Projektet er hemmelighedsstempelt grundet følsom trafikdata.

## Læsevejledning

I rapporten anvendes fagtermer indenfor veje og trafik, hvorfor der forventes en forståelse heraf, samt en grundlæggende bekendtskab med metoder og modeller anvendt i den forbindelse.

I rapporten refereres tabeller og figurer efter kapitelnummer samt et fortløbende indeks.

Harvard-metoden anvendes som kildereferencesystem i projektet. Dette fremgår som [Efternavn, årstal]. Er referencen placeret før punktum, refereres der til den enkelte sætning. Er kilde placeret efter punktum, refereres hele afsnittet. I tilfælde hvor der ikke haves årstal for en kilde anvendes senest opdaterede år eller [Forfatter, N/A], hvis der intet år for kildes haves.

Kildereferencesystemet anvendt i denne rapport er en afart af Harvard-metoden. Referencer står som [Efternavn, årstal]. Som hovedregel refereres et helt afsnit, når henvisningen står efter punktum, mens en enkelt sætning refereres, hvis henvisningen står før punktum. Hvis intet årstal findes for en given kilde, anvendes senest opdaterede eller indeværende år.

I projektet anvendes flere typer software. Først og fremmest simuleringsværktøjet VISSIM og signalprogrammeringsværktøjet VISVAP udviklet af PTV Group, Karlsruhe, Tyskland. Som hjælpeværktøj til skitsering af geometri anvendes Trimble-programmet SketchUp. Til udarbejdelsen spørgeskemaet anvendes programmet SurveyXact udviklet af Rambøll. Statistikprogrammet R anvendes til statistisk analyse, mens Excel anvendes til databehandling og diagrammer, samt andre relevante forefaldende opgaver i øvrigt.



# Indholdsfortegnelse

---

|                  |                                       |           |
|------------------|---------------------------------------|-----------|
| <b>I</b>         | <b>Del I - Introduktion</b>           | <b>1</b>  |
| <b>Kapitel 1</b> | <b>Indledning</b>                     | <b>2</b>  |
| <b>Kapitel 2</b> | <b>Problemanalyse</b>                 | <b>9</b>  |
| 2.1              | Gennemgang af litteraturstudie        | 9         |
| 2.2              | Problemanalyse                        | 10        |
| <b>Kapitel 3</b> | <b>Projektbeskrivelse</b>             | <b>11</b> |
| 3.1              | Formål og problemformulering          | 11        |
| 3.2              | Projektafgrænsning                    | 11        |
| 3.3              | Overordnet struktur                   | 12        |
| <b>II</b>        | <b>Del II - Teoretisk modellering</b> | <b>13</b> |
| <b>Kapitel 4</b> | <b>Modelopsætning</b>                 | <b>14</b> |
| 4.1              | Geometri                              | 14        |
| 4.2              | Bløde trafikanter                     | 15        |
| 4.3              | Bygning af model                      | 16        |
| 4.4              | Signalstyring                         | 16        |
| 4.4.1            | VISSIG                                | 16        |
| 4.4.2            | VISVAP                                | 17        |
| 4.5              | Kalibrering                           | 18        |
| 4.6              | Evaluering                            | 19        |
| 4.7              | Simuleringskonfiguration              | 19        |

|                  |  |           |
|------------------|--|-----------|
| <b>Kapitel 5</b> | <b>Teoretisk modellering</b>             | <b>20</b> |
| 5.1              | Trafikinput                              | 20        |
| 5.1.1            | Scenarier                                | 21        |
| 5.2              | Teoretisk DLT                            | 21        |
| 5.2.1            | Bygning                                  | 21        |
| 5.2.2            | Signalstyring                            | 23        |
| 5.3              | Teoretisk konventionelt kryds            | 24        |
| 5.3.1            | Bygning                                  | 24        |
| <b>Kapitel 6</b> | <b>Teoretiske resultater</b>             | <b>28</b> |
| 6.1              | Teoretisk DLT                            | 28        |
| <b>III</b>       | <b>Del III - Praktisk implementering</b> | <b>33</b> |
| <b>Kapitel 7</b> | <b>Praktisk implementering</b>           | <b>34</b> |
| 7.1              | Introduktion                             | 34        |
| 7.1.1            | Afgrænsning                              | 36        |
| 7.2              | Modellering                              | 36        |
| 7.2.1            | Trafikinput                              | 36        |
| 7.2.2            | Scenarier                                | 36        |
| 7.3              | Praktisk DLT                             | 37        |
| 7.4              | Nuværende udformning                     | 40        |
| <b>Kapitel 8</b> | <b>Simuleringsudfordringer</b>           | <b>42</b> |
| 8.1              | VISSIG                                   | 42        |
| 8.2              | VISVAP                                   | 43        |

|           |                           |           |
|-----------|---------------------------|-----------|
| <b>IV</b> | <b>Del IV - Afrunding</b> | <b>45</b> |
|-----------|---------------------------|-----------|

|                  |                                    |           |
|------------------|------------------------------------|-----------|
| <b>Kapitel 9</b> | <b>Anbefalinger til udformning</b> | <b>46</b> |
|------------------|------------------------------------|-----------|

|            |                                  |           |
|------------|----------------------------------|-----------|
| <b>9.1</b> | <b>Resultater af spørgeskema</b> | <b>46</b> |
|------------|----------------------------------|-----------|

|              |                      |    |
|--------------|----------------------|----|
| <b>9.1.1</b> | Deskriptiv statistik | 46 |
|--------------|----------------------|----|

|              |                 |    |
|--------------|-----------------|----|
| <b>9.1.2</b> | Frafaldsanalyse | 53 |
|--------------|-----------------|----|

|              |                  |    |
|--------------|------------------|----|
| <b>9.1.3</b> | Kommentaranalyse | 54 |
|--------------|------------------|----|

|              |               |    |
|--------------|---------------|----|
| <b>9.1.4</b> | Klyngeanalyse | 55 |
|--------------|---------------|----|

|                   |                   |           |
|-------------------|-------------------|-----------|
| <b>Kapitel 10</b> | <b>Diskussion</b> | <b>70</b> |
|-------------------|-------------------|-----------|

|                   |                   |           |
|-------------------|-------------------|-----------|
| <b>Kapitel 11</b> | <b>Konklusion</b> | <b>72</b> |
|-------------------|-------------------|-----------|

|                   |                        |           |
|-------------------|------------------------|-----------|
| <b>Kapitel 12</b> | <b>Perspektivering</b> | <b>73</b> |
|-------------------|------------------------|-----------|

|          |                      |           |
|----------|----------------------|-----------|
| <b>V</b> | <b>Del V - Bilag</b> | <b>81</b> |
|----------|----------------------|-----------|

|                  |                         |           |
|------------------|-------------------------|-----------|
| <b>Kapitel A</b> | <b>Litteraturstudie</b> | <b>82</b> |
|------------------|-------------------------|-----------|

|            |                                   |           |
|------------|-----------------------------------|-----------|
| <b>A.1</b> | <b>Fremgangsmåde og opbygning</b> | <b>82</b> |
|------------|-----------------------------------|-----------|

|            |                              |           |
|------------|------------------------------|-----------|
| <b>A.2</b> | <b>Søgning og filtrering</b> | <b>83</b> |
|------------|------------------------------|-----------|

|            |                   |           |
|------------|-------------------|-----------|
| <b>A.3</b> | <b>Resultater</b> | <b>84</b> |
|------------|-------------------|-----------|

|              |                            |    |
|--------------|----------------------------|----|
| <b>A.3.1</b> | Direkte anvendelige kilder | 84 |
|--------------|----------------------------|----|

|              |                              |    |
|--------------|------------------------------|----|
| <b>A.3.2</b> | Indirekte anvendelige kilder | 90 |
|--------------|------------------------------|----|

|            |                   |           |
|------------|-------------------|-----------|
| <b>A.4</b> | <b>Diskussion</b> | <b>94</b> |
|------------|-------------------|-----------|

|                  |                    |           |
|------------------|--------------------|-----------|
| <b>Kapitel B</b> | <b>Spørgeskema</b> | <b>96</b> |
|------------------|--------------------|-----------|

|            |                                    |           |
|------------|------------------------------------|-----------|
| <b>B.1</b> | <b>Udarbejdelse af spørgeskema</b> | <b>96</b> |
|------------|------------------------------------|-----------|

|              |                                     |    |
|--------------|-------------------------------------|----|
| <b>B.1.1</b> | Beskrivelse af forklarende variable | 97 |
|--------------|-------------------------------------|----|

|              |                                    |    |
|--------------|------------------------------------|----|
| <b>B.1.2</b> | Beskrivelse af de fire situationer | 99 |
|--------------|------------------------------------|----|

|              |                     |     |
|--------------|---------------------|-----|
| <b>B.1.3</b> | Spørgeskemaformalia | 100 |
|--------------|---------------------|-----|

|            |                                    |            |
|------------|------------------------------------|------------|
| <b>B.2</b> | <b>Præsentation af spørgeskema</b> | <b>100</b> |
|------------|------------------------------------|------------|

|           |  |     |
|-----------|--|-----|
| B.3       | Distribuering af spørgeskema . . . . . | 110 |
| B.4       | Diskussion . . . . .                   | 110 |
| Kapitel C | Situationsbilleder . . . . .           | 115 |

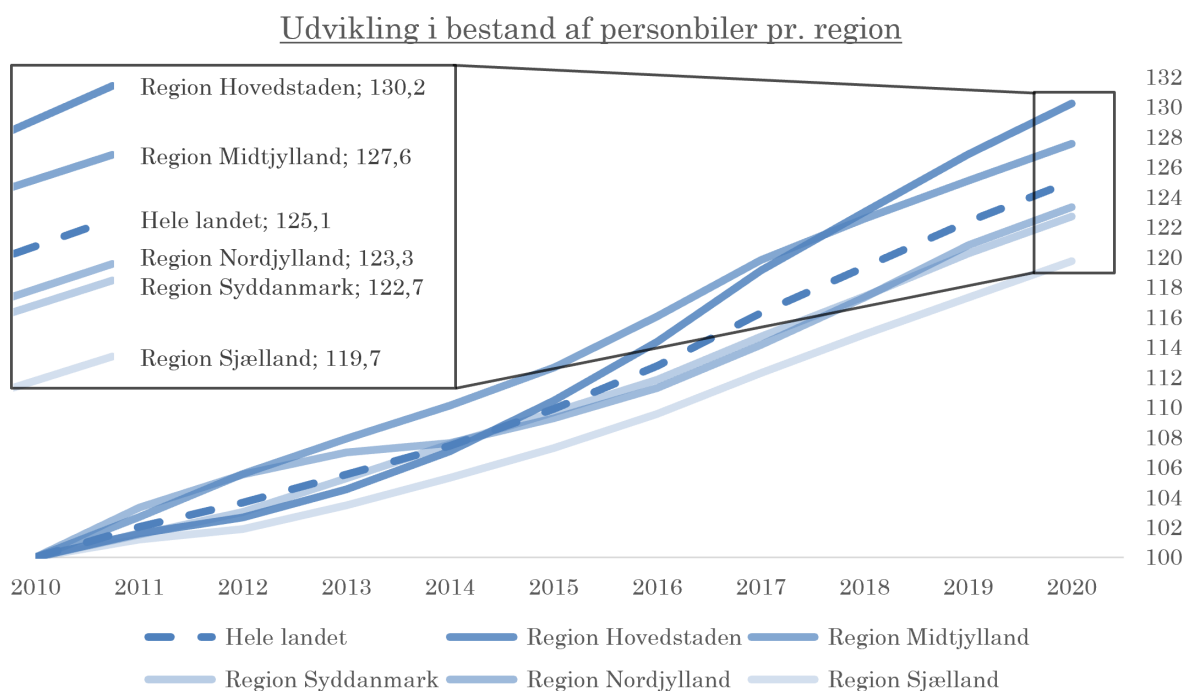


# Del I - Introduktion

|                  |                                |           |
|------------------|--------------------------------|-----------|
| <b>Kapitel 1</b> | <b>Indledning</b>              | <b>2</b>  |
| <b>Kapitel 2</b> | <b>Problemanalyse</b>          | <b>9</b>  |
| 2.1              | Gennemgang af litteraturstudie |           |
| 2.2              | Problemanalyse                 |           |
| <b>Kapitel 3</b> | <b>Projektbeskrivelse</b>      | <b>11</b> |
| 3.1              | Formål og problemformulering   |           |
| 3.2              | Projektafgrænsning             |           |
| 3.3              | Overordnet struktur            |           |

# 1 | Indledning

I et moderne samfund som Danmark stræbes der konstant efter økonomisk vækst og øget velstand. Dette gør landet rigere og forbedrer levevilkårene for befolkningen. Øget rigdom afføder dog også øget forbrug, herunder køb af motorkøretøjer. Sammenstillet med en lempelse af registreringsafgifter har dette øget antallet af motorkøretøjer i Danmark betragteligt i de seneste år, som vist på figur 1.1.



Figur 1.1: Indekseret udvikling i bilbestand fordelt per region. (Indeks 100 = 2010).

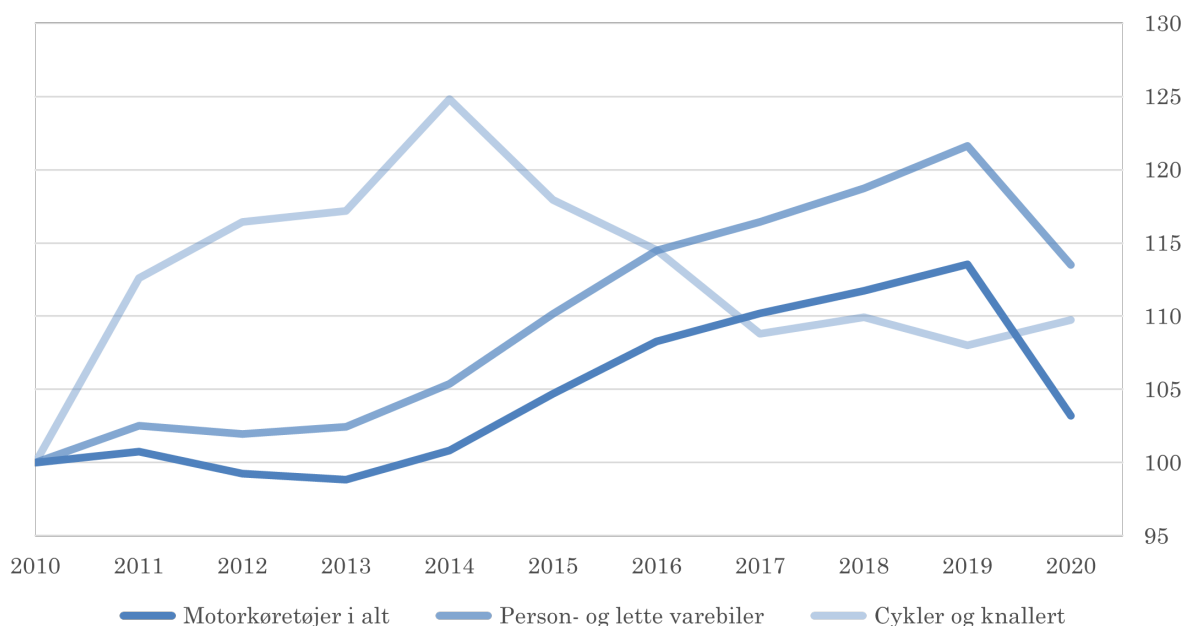
Det fremgår af figur 1.1, at der er sket en klart stigning i bilbestanden, i gennemsnit på cirka 25% over 10 år til trods for nogle mindre udsving undervejs. Region Hovedstaden har set den største stigning på over 30%, mens Region Sjælland har set den mindste på knap 20%. Dette til trods, er udviklingen generelt stærkt opadgående for alle regioner uden indikationer af stagnering.

Dertil er transportarbejdet for motorkøretøjer ligeledes øget betragteligt, med en kraftig vækst fra 2014 og fremefter - indtil Covid-19 medførte en kraftig nedgang i 2020. Transportarbejdet for cykler og knallert er samtidig steget kraftigt fra 2010 til 2014 og dernæst faldet kraftigt, og herefter stagneret fra 2017 og fremefter. Udviklingen antyder, at der omkring 2014 var et markant skift, hvor en del skiftede cyklen ud med en bil i stedet. [Vejdirektoratet, 2021]

Udviklingen i transportarbejdet er vist på figur 1.2.



### Udvikling i transportarbejde

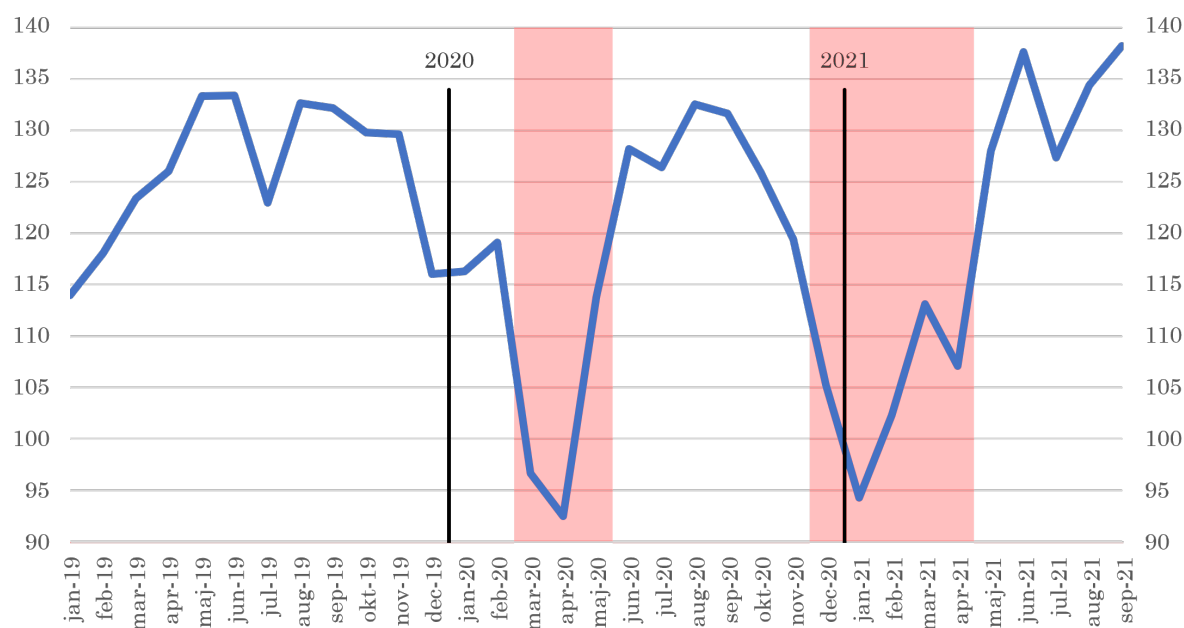


Figur 1.2: Udvikling i transportarbejde. (Indeks 100 = 2010). [Vejdirektoratet, 2021].

I løbet af pandemien har transportarbejdet oplevet kraftige udsving, men generelt er transportarbejdet i løbet af 2021 på eller lidt over niveauet fra 2019. Det viser en opadgående tendens, som følger udviklingen fra 2014 til 2019. [Vejdirektoratet, 2021]

Udvikling i transportarbejdet lige før og under Covid-19 er vist på figur 1.3.

### Udvikling i transportarbejde under Covid-19



Figur 1.3: Indeksret udvikling i transportarbejdet på veje før og under Covid-19. Nedlukninger er markeret med rød. (Indeks 100 = år 2000). [Vejdirektoratet, 2021]

Under Covid-19 og især under de to Covid-19-relaterede nedlukninger, som er markeret med rødt på figur 1.3, faldt passagertallet i den kollektive trafik. Dette medførte en kortvarig men omfattende reduktion i passagertal, blandt andet grundet afstandskrav og andre restriktioner. Passagertallene er den dag i dag stadig under niveauet fra før pandemien til trods for, at alle restriktioner er ophævet. Udviklingen i passagertallene og betydningen af nye arbejds- og transportvaner medfører usikkerheder om, hvorvidt niveauet de første måneder af 2021 er retvisende for fremtiden. [Transportministeriet, 2021b]

Stigende transportarbejde og flere biler på vejene øger trængslen og de samfundsøkonomiske omkostninger i trafikken. Trængsel og forsinkelser er mest udbredt og oplever størst vækst på motorveje og i større trafikale knudepunkter, hvor omkostninger til forbedringer af kapaciteten er højest, og kræver politisk vilje for at blive udført [Vejdirektoratet, 2020]. Den stigende mængde trafik medfører mangel på kapacitet i selv de største kryds i spidsbelastningsperioder, med nedbrud i krydset og heraf afledte forsinkelser i det nærliggende trafiknetværk til følge. Udbygning og opgradering af strategiske knudepunkter, kan udover økonomi også være betinget af pladsmangel, hvilket besværliggør, hvis ikke umuliggør udbygning og/eller opgradering. Udbygning af allerede store kryds ved tilføjelse af flere spor, shunts eller lignende, reducerer ligeledes effektiviteten af krydset grundet øget rømningstid og deraf sikkerhedstid i krydset.

## **FNs 17 verdensmål**

Ovenstående problematik er langt fra en dansk udfordring, men udtalt over store dele af verden. Der kan derfor drages på erfaringer fra udlandet for at finde mulige løsninger. Disse løsninger og håndteringen af udviklingen i transportsektoren skal dog være bæredygtig, for ikke at sætte kortvarige gevinster over klodens overordnede helbred. FNs 17 verdensmål er netop opstillet, for at konkretisere hvordan udviklingen - over hele kloden - sker på en bæredygtig måde. Dette gælder ligeledes for opgraderingen af vejnetværket i Danmark. [FN, 2022]

Helt konkret berører udviklingen i vejnetværket 3 verdensmål:

- 8: Anstændige jobs og økonomisk vækst
- 9: Industri, innovation og infrastruktur
- 11: Bæredygtige byer og lokalsamfund

I denne rapport fokuseres der generelt på verdensmål 8 samt delmål 9.1, 11.6 og 11.a.

**Verdensmål 8:** Ovennævnte udfordringer omkring trængsel og forsinkelser kan afhjælpes med forbedringer af overbelastet vejinfrastruktur, så trængslen og forsinkelserne reduceres. Dette vil resultere i øget samfundsøkonomisk værditilførsel og dermed vækst i økonomien generelt.

**Delmål 9.1:** En forbedring af infrastrukturen bør ikke alene sikre øget mobilitet for motorkøretøjer, men for alle relevante transportformer. Dette skal øge tilgængeligheden og mobiliteten og sikre mere lige adgang til sikker transport for alle.

**Delmål 11.6:** Ved mindre trængsel, reduceres mængde af start-stop-kørsel og tomgangskørsel, hvilket bidrager til færre skadelige mikropartikler i luften. Dette forbedrer luftkvaliteten og kan medføre færre sundhedsmæssige gener lokalt.

**Delmål 11.a:** Nye design, metoder eller teknologier til udviklingen af infrastrukturen kan være grobund for udbredelsen af nye løsninger på tværs af landet, hvis årvågenheden herom er tilpas stor at dette medtages i kommunal, regional og national planlægning.

## Udenlandske erfaringer

I USA, hvor nogle af verdens mest trængselsramte byer findes, er og blev der eksperimenteret med at finde nye innovative krydsløsninger i belastede knudepunkter - hver med deres betingelser og kriterier [Pishue, 2020]. Interessen for alternative krydstyper og anlægningen heraf i USA vandt frem grundet de operationelle fordele, der kunne opnås i forhold til konventionelle signalanlæg. I en række artikler og rapporter, hvor diverse scenarier og konfigurationer simuleres - ses klart bedre afvikling og reduceret forsinkelse. Især én type kryds håndterede mest trafik herunder en høj andel af ligeudkørende og venstresvingende, nemlig en såkaldt 'Continuous Flow Intersection' (CFI), der også går under betegnelsen 'Displaced Left Turn' (DLT) og 'Displaced Crossover Left' (DXL). I denne rapport anvendes forkortelsen DLT som betegnelse for krydstypen i sig selv. [Reid og Hummer, 2001; Esawey og Sayed, 2007, 2013; Fontaine, 2009; Abou-Senna og Radwan, 2016]

I starten blev krydstyper sammenlignet på et overordnet plan, hvor hverken signalanlægget eller geometrien blev optimeret, da potentialet og forståelsen af anlæggene ikke var veldefineret. Krydstypen virkede dog lovende i disse indledende undersøgelser, hvorfor der efterfølgende blev lavet følsomhedsanalyser og softwareprogrammer til at afdække potentialet og udfordringerne ved DLT-anlæg. [Chery, 2010; Gyawali et al., 2015].

Som konsekvens af den mere komplekse og scenariospecifikke tilgang til simuleringerne, blev andre beslutningsprocesser udviklet, heriblandt et screeningsværktøj for alternative krydstyper på baggrund af en lang række simulerede scenarier – et værktøj som senere blev kapacitetsmæssigt tilpasset [Gao et al., 2020; Tarko et al., 2008].

Undervejs anlægges en del DLT-anlæg, og erfaringerne herfra samles i informationsrapporter og guides med anbefalinger til udformning, herunder faciliteter for bløde trafikanter og offentlig transport blandt andet [Qi et al., 2018; Hughes et al., 2010; Steyn et al., 2014; Bedini et al., 2017]. Flere anlæg muliggjorde ligeledes før-efter-studier, og analyser af sikkerhedsrisici. Resultaterne heraf varierer alt efter, hvorvidt analysen dækker få lokationer i samme region, hvor risikoen for uheld falder, eller ser på flere lokationer i forskellige stater, hvor risikoen for uheld generelt stiger. [Qi et al., 2018; Park og Rakha, 2010; Abdel-Aty et al., 2020; Qu et al., 2020; Jagannathan et al., 2009; Abdelrahman et al., 2020; Zlatkovic, 2015]

Med en bred viden om metoder til evaluering af operationelle fordele og sikkerheden i DLT-anlæg – også på baggrund af målinger i et anlagt kryds - udvikles udvælgelsesmetoder til ligeledes at tage hensyn til miljø, arealanvendelse og sociale forhold i beslutningsprocessen. Dertil udvikles anbefalinger til en uddannelsesguide til bilførere. [WSP Canada, 2020; Zlatkovic, 2015; Xu et al., 2014; Pan et al., 2021a; Rodgers et al., 2020]

Den nyeste forskning omhandler yderligere optimering af geometrien med matematisk modeller og simulering af konflikter ud fra trafikintensitet. [Pan et al., 2021c,b]

## DLT-anlæg i Danmark

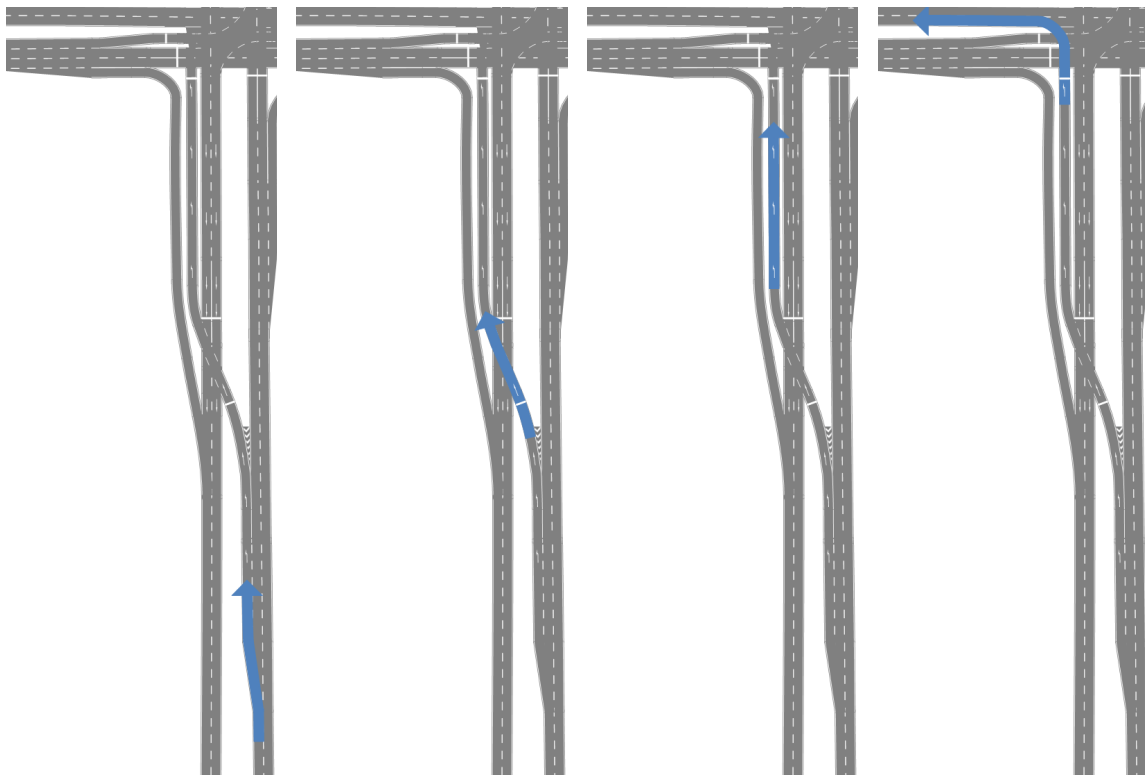
Branchen er generelt tilbageholdende i forhold til alternative krydstyper - med én undtagelse: det dynamiske ruderanlæg ved tilslutningsanlæg 52, Odense SV. Anlægget er en 'Diverging Diamond Interchange' (DDI), og skulle afvikle køen på motorvejen i morgenspidsperioden. Anlægget stod færdigt i 2017 og de samfundsmæssige besparelser, betød at anlægget betalte sig selv tilbage tre år efter [Vejdirektoratet, 2019].

En del af frygten ved nye, alternative anlæg er usikkerheden for bilister med anderledes og uvant udformning. Her er tydelig skiltning, afmærkning og andet vejudstyr, såvel som uddannelse af bilisterne, vigtige indsatsområder. Evaluering af DDI-anlægget er dog entydig; markant forbedring af afvikling, mindre trængsel og god forståelse af de påkrævede manøvrer hos trafikanterne [Jørgensen et al., 2018].

DDI-anlægget ved Odense skaber evidens for, at usikkerheden ved en ny krydstype er negligibel, såfremt forberedelserne er omhyggelige og udformningen er forståelig - og med potentielt markante fordele til følge. Anlægget muliggør derfor introduktionen af flere typer anlæg til at løse trængselsproblemerne. Et af de mest fremtrædende eksempler på en alternativ krydstype med kraftigt forøget afvikling af trafik, der kan implementeres i Danmark er netop en DLT.

### Beskrivelse af DLT

Pointen med en DLT er at adskille venstresvingende fra de andre manøvrer. Dette sker ved at lade venstresvingende krydse modkørendes kørebane i et separat kryds (førkryds) og herefter følge sin egen sepererede bane, den såkaldte 'displaced left turn lane' (DLTL). Herefter udføres venstresvinget i krydset med tværgående trafik (hovedkrydset). De enkelte manøvre til at udføre venstresvinget i en DLT er vist på figur 1.4.

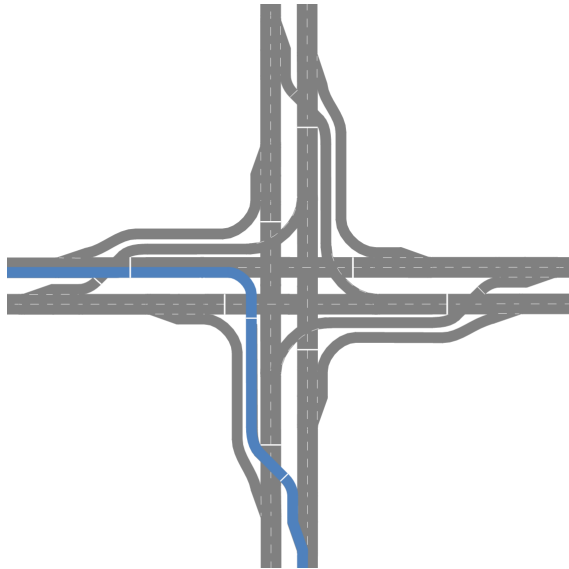


Figur 1.4: Et venstresving i en DLT med fire manøvre fra venstre mod højre. Første manøvre indebærer placering i venstresvingsbanen og kørsel frem til stoplinien i førkrydset. Anden manøvre indebærer krydsning af kørebane for modkørende i førkrydset, når signalet skifter til grønt. Tredje manøvre indebærer kørsel frem til stoplinien i hovedkrydset med modkørende trafik på både højre og venstre side. Fjerde manøvre indebærer udførelse af venstresvinget i hovedkrydset, når der bliver grønt. Oplevelsen i hver situation, som set fra et motorkøretøj, kan findes i bilag C på side 115.

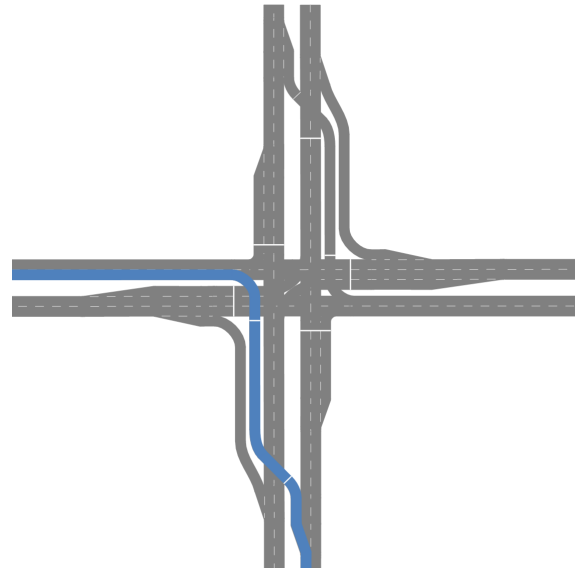
DLT-anlæg findes i fem konfigurationer, med både tre og fire ben:

- Fuld DLT: Før-kryds og DLTL på alle fire ben i et F-kryds
- Partiel DLT: Før-kryds og DLTL på to ben, der ligger overfor hinanden i et F-kryds
- Asymmetrisk DLT: Før-kryds og DLTL på to på hinanden tilstødende ben i et F-kryds.
- Et-benet DLT: Før-kryds og DLTL på ét ben i et F-kryds.
- T-DLT: Før-kryds og DLTL på ét ben i et T-kryds.

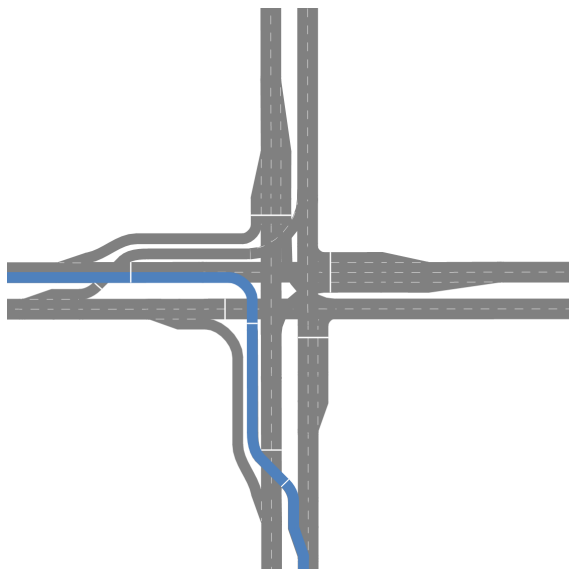
Eksempler på udformning af de forskellige konfigurationer er illustreret på figur 1.5 til 1.10.



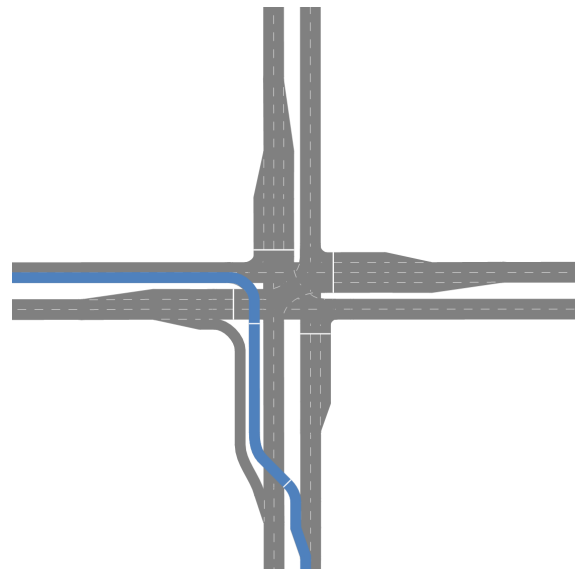
Figur 1.5: En **fuld DLT** med et venstresving markeret med blå.



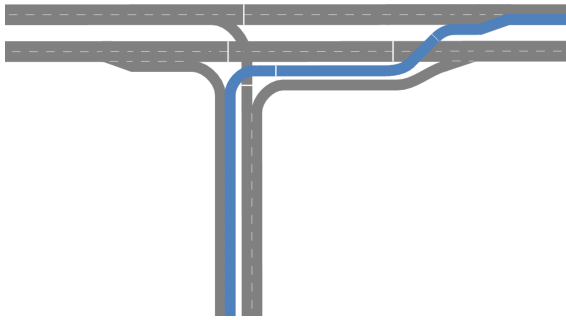
Figur 1.6: En **partiel DLT** med et venstresving markeret med blå.



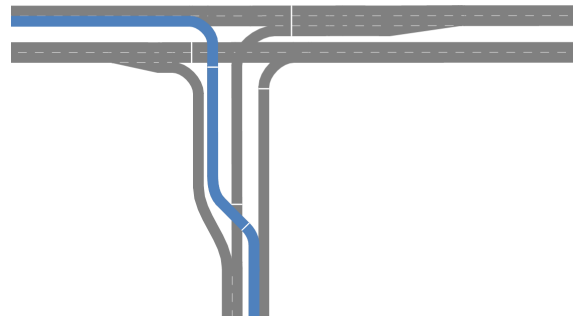
Figur 1.7: En **asymmetrisk DLT** med et venstresving vist med blå.



Figur 1.8: En **et-benet DLT** med venstresving markeret med blå.



Figur 1.9: En **T-DLT** med forskudt venstresving på **primærvejen**.



Figur 1.10: En **T-DLT** med forskudt venstresving på **sekundærvejen**.

Den forbedrede afvikling i en DLT - uanset konfiguration - skyldes færre faser i hovedkrydset og dermed højere andel grøntid til gavn for alle. I alle konfigurationer er signaloptimering og samordning mellem førkryds og hovedkryds dog altafgørende for effektiviteten og afviklingen af trafikken. [Hughes et al., 2010]

Idéen til DLT-anlæg kan spores tilbage til 1970'erne, men løsningen udviklede sig ikke før designet blev patenteret af Francisco Mier i 1991, hvorfor han fremstår som skaberen af DLT-anlæg den dag i dag. Efterfølgende forsøgte Mier at få opbakning og økonomisk støtte til at gøre sin idé til virkelighed. Det lykkedes i 1996 i form af en T-DLT ved National Aviation and Transportation Center, i bydelen Shirley på Long Island, New York - som i dag er adgangsvejen til Brookhaven Calabro Airport. Det blev dermed den første DLT i verden. Siden er interessen og antal anlæg forøget, hvormed der per 1. marts 2022 findes 35 DLT-kryds verden over, heraf 30 i USA og 1 i henholdsvis Australien, Canada, Kina, Mexico og Storbritannien. Blandt disse 35 anlæg er 24 partielle, 4 et-benede, 6 T-kryds - 3 af hver type - og 1 fuld DLT.

I næste kapitel opstilles en problemanalyse omkring udfordringer og overvejelser i forbindelse med etableringen af en DLT i Danmark.

## 2 | Problemanalyse

---

I dette kapitel præsenteres udfordringer og overvejelser, der skal håndteres i forbindelse med analyse og implementering af DLT-anlæg i Danmark. Dette omfatter en række områder, hvorfor et litteraturstudie udarbejdes til identificering af disse udfordringer og overvejelser. Derefter gennemgås hvordan DLT-anlæg modelleres i denne rapport og tilpasses danske forhold.

### 2.1 Gennemgang af litteraturstudie

I litteraturstudiet deles kilderne i to kategorier; direkte anvendelige kilder og indirekte anvendelige kilder. De direkte anvendelige kilder omhandler selve modelleringen og optimeringen af DLT-anlæg, mens de indirekte kilder omhandler, hvorfor DLT-anlæg kan være en passende løsning. Nedenfor følger en gennemgang af de direkte anvendelige kilder, mens det fulde litteraturstudie med beskrivelse af fremgangsmåde og mere dybdegående præsentation af resultater for begge typer kilder kan findes i bilag A.

Sammenhænge i en DLT blev først undersøgt af 'Federal Highway Administration' (FHWA), som svarer til Vejdirektoratet i Danmark. Simple modeller og en omfattende følsomhedsanalyse blev udarbejdet, der gav resultater som flere projekter tog inspiration fra efterfølgende. Det var dog nødvendigt yderligere analyse, hvorfor fokus i denne periode, primært omhandlede undersøgelser af kapaciteten af enkelte spor og strømme samt indvirkningen af længden af DLT. [Jagannathan og Bared, 2004; Zhao et al., 2010; Yang et al., 2013]

Udviklingen af modeller, herunder udviklingen af et softwareprogram, fortsatte, til bedre at estimere kølængder og forsinkelse med konstant eller manuel manipulation af geometrien. Dertil blev signalprogrammet fortsat optimeret gennem software, der ikke var beregnet til alternative krydstyper eller gennem 'trial-and-error'. Senere introduceres progression som kriterie for at sikre mere effektiv afvikling og færre stop. Dette medfører større krav for samordning og optimering af signalanlægget, for at tage hensyn til dette kriterie og fluktureringer i kørselsmønstre. Herigennem vurderes en venstresvingsprocent på 25 - 40% af mængden af gennemkørende trafik, at give den bedste afvikling ved høje trafikintensiteter. [Yang og Lu, 2011; Xiaoming You, 2013; Zhimiao et al., 2019; Qi et al., 2020; Qu et al., 2021]

I en periode anvendes programmering som værktøj til optimering af modeller og begrænsninger med det formål at opnå et optimeret signalprogram under varierende mængder trafik, venstresvingsprocent og geometrisk opbygning - herunder længden af DLT. Dette viser sig væsentligt mere afbalanceret og effektivt end optimering af signalanlæg ved hjælp af software. [Zhao et al., 2015; Yang og Cheng, 2016; Yang et al., 2016; Sun et al., 2015]

Løsninger med implementering og prioritering af bløde trafikanter i DLT-anlæg, både med og uden hensyn til øget forsinkelse for motorkøretøjer, undersøges ligeledes. Dette sker gennem optimerede modeller med varierende mængder trafik i forskellige DLT-konfigurationer, hvor udformningen af fodgængerfaciliteter varierer. [Jiang og Gao, 2020; Zhao et al., 2019; Jagannathan og Bared, 2005; Coates et al., 2014; Wang et al., 2019; Roupail et al., 2020, 2021]

Inden for de seneste år anvendes andre modeller og metoder til at udformingen og optimeringen af DLT-anlæg. Dette omfatter blandt andet en omfattende deterministisk model, der kan anvendes til beregningen af længden af DLT, baseret på en omfattende følsomhedsanalyse, hvor en lang række parametre varieres - uden behov for kontrol gennem simulering. Der anvendes ligeledes programmering til to modeller, der udarbejdes ud fra to grupper af kriterier; optimeret allokering af grøntid og minimering af forsinkelse og kødannelse. Den efterfølgende sammenligning viser lignende resultater, hvorfor begge typer metoder kan anvendes. [Carroll og Lahausen, 2013; Suh og Hunter, 2014]

Sidst anvendes entropi til at vurdere den optimale længde af DLT ud fra både den operationelle effektivitet og udledning af drivhusgasser, brændstofforbrug og sikkerhed, gennem en Surrogate Safety Analysis Model (SSAM). Der undersøges forskellige resultater, men en længere DLT er generelt at foretrække ved højere trafikmængder fra alle retninger. [Pan et al., 2021c,b]

På baggrund af de direkte anvendelige kilder identificeres flere områder, hvor der er behov for flere undersøgelser og mere forskning. Dette gennemgås i næste afsnit.

## 2.2 Problemanalyse

Den hidtidige forskning dækker bredt angående teoretisk kapacitet og operationel effektivitet i DLT-anlæg med konstant og varierende geometri i spidsbelastningsperioder for motorkøretøjer. Der mangler derfor klarhed omkring resultater og konsekvenser af afvikling i løbet af et helt døgn og adaptive eller fleksible modeller til at håndtere perioder med både høj og lav belastning.

Flere modeller, hvor bløde trafikanter indgår, prioriterer enten motorkøretøjer eller bløde trafikanter, hvorfor kombineret afvikling ikke optimeres for alle parter.

Analyser af trafiksikkerheden giver tvetydige resultater, alt efter om få kryds i samme område eller flere kryds i forskellige sammenlignes med konventionelle kryds. Ligeledes indgår brugernes oplevelse af, holdning til og forståelse af anlæg som helhed og påkrævede manøvre ej heller i litteraturen.

Forskelle i vej- og trafikforhold mellem Danmark og USA gør det udfordrende at inddrage erfaringer, herunder design- og trafiksikkerhedsmæssige, i den praktiske implementering og projektering af DLT-anlæg i en dansk kontekst, hvorfor de danske vejregler anvendes i stedet.

Disse problematikker kan konkretiseres til nedenstående fire punkter:

- Manglende anvendelse og evaluering af modeller i perioder med lavere eller minimal trafikbelastning samt tilpasning af modeller til sådanne perioder.
- Manglende optimering af kombineret afvikling for motorkøretøjer og bløde trafikanter samtidigt, herunder i perioder med lav eller minimal trafikbelastning.
- Manglende entydighed af den generelle ændring i trafiksikkerheden sammenlignet med konventionelle kryds og manglende hensyn til brugerens oplevelse af krydset.
- Manglende overførbare erfaringer og principper fra USA til Danmark.

Håndteringen af problematikkerne gennemgås i kapitel 3, som omhandler rapportens formål og struktur samt problemformulering og -afgrænsning.



## 3 | Projektbeskrivelse

---

I dette kapitel beskrives projektet som helhed. Dette indebærer rapportens hovedformål, den overordnede struktur og på baggrund af problematikkerne beskrevet i problemanalysen opstilles en problemformulering. Herefter følger en beskrivelse af rapportens afgrænsninger.

### 3.1 Formål og problemformulering

Det overordnede formål med rapporten er at bygge videre på den eksisterende viden omkring DLT-anlæg, herunder med fokus på relationen og anvendelse af den udviklede model i virkeligheden. Dette sker gennem nedenstående punkter, som dels er en løsning på nogle af de opstillede problematikker fundet i litteraturstudiet, og dels er implementeringen af DLT-anlæg i en dansk kontekst.

- Udvikling af en almen gyldig, fleksibel og adaptiv simuleringsmodel til optimering af signalstyring med stærkt varieret og ubalanceret trafikbelastning.
- Optimering af kombineret afvikling af motorkøretøjer og bløde trafikanter med variable geometrier.
- Undersøgelse af brugeroplevelsen i DLT-anlæg og tiltag til forøgelse heraf.
- Praktisk implementering og projektering af et DLT-anlæg samt evaluering af effekter og konsekvenser heraf, sammenlignet med et større eksisterende kryds i Danmark.

På baggrund af ovenstående punkter formuleres følgende problemformulering:

*”Hvordan udvikles en almen gyldig, fleksibel og adaptiv simuleringsmodel med stærkt varierende og ubalanceret trafikbelastning til optimering af kombineret og tryk afvikling af motorkøretøjer og bløde trafikanter, implementeret og evalueret i en DLT med variabel geometri efter danske vejregler og anlægningsprincipper?”*

### 3.2 Projektafgrænsning

Grundet ressourcemangel indgår en partiel DLT med to DLT-ben overfor hinanden som den eneste undersøgte konfiguration i rapporten. En partiel er den mest udbredte konfiguration af DLT-anlæg, og antages ligeledes at have mest potentiale af alle typer konfigurationer i Danmark. Modellering af én konfiguration og uden kontrol i andre konfigurationer indebærer risikoen for en konfigurationsspecifik model, hvorfor modellen udvikles så bred og overordnet som muligt, således den relativt let kan indgå i modelleringen af andre konfigurationer.

Der afgrænses fra at se på trafiksikkerhed i form af før-efter-studier og lignende uheldsanalyser, der kræver store mængder data. Dette skyldes manglende data, da der ikke findes sammenlignelige anlæg i Danmark, og de tvetydige resultater angående udviklingen i uheld og trafiksikkerhed fra USA.

I implementering og projekteringen ses helt bort fra anlægsøkonomi og rentabilitet af det projekterede anlæg, herunder ingen hensyn til omkostningerne relateret til appropriation eksempelvis. Dette kan medføre en ideel udformning på bekostning af ejendomme eller andre bindinger, som ikke er realistisk, men dette diskuteres. Derudover fungerer implementeringen og projekteringen som et eksempel i det valgte kryds, hvorfor en ideel udformning er udgangspunktet og bør tilpasses til andre projektlokationer. Ligeledes ses der i projekteringen bort fra adgangsstyring til indkørsler, ejendomme, butikker eller lignende i umiddelbar nærhed af det projekterede kryds.

### 3.3 Overordnet struktur

Rapporten er foruden Del I, delt i 'Del II - Teoretisk modellering', 'Del III - Praktisk implementering' og 'Del IV - Afrunding' foruden 'Del V - Bilag'. Del II består af tre kapitler; Modelopsætning, Teoretisk modellering og Teoretiske resultater. I modelopsætning beskrives de almentgyldige principper geometrien skitseres efter, samt beskrivelse af anvendelsen af VISSIG og VISVAP til henholdsvis definition af pua- og vap-fil og kalibreringsmetodik, evaluering og simuleringskonfiguration.

Del III omhandler den praktisk implementering af et DLT-anlæg i et allerede eksisterende, konventionelt kryds med høj trafikbelastning og en høj andel venstresvingende med lange køer og forsinkelse til følge. Der bygges en passende model ud fra trafikbelastningen og principperne beskrevet i kapitel 4, og optimal signalstyring bestemmes. Med en kalibreret vissim-model for det eksisterende kryds, kan det eksisterende kryds og DLT-anlægget sammenlignes.

Del IV består af et kapitel omkring anbefalinger til projekteren og videre projekter med DLT-anlæg, diskussion af Del II og III, en konklusion på hele rapporten og en perspektivering.

Del V består af bilag. Dette indbefatter litteraturstudie og beskrivelse af udarbejdelsen af et spørgeskema. For litteraturstudiet gennemgås de/n anvendte metode eller fremgangsmåde, resultater og analyser samt diskussion, mens resultaterne fra spørgeskemaet er skrevet i kapitel 9.



# Del II - Teoretisk modellering

|                  |                               |           |
|------------------|-------------------------------|-----------|
| <b>Kapitel 4</b> | <b>Modelopsætning</b>         | <b>14</b> |
| 4.1              | Geometri                      |           |
| 4.2              | Bløde trafikanter             |           |
| 4.3              | Bygning af model              |           |
| 4.4              | Signalstyring                 |           |
| 4.5              | Kalibrering                   |           |
| 4.6              | Evaluering                    |           |
| 4.7              | Simuleringskonfiguration      |           |
| <b>Kapitel 5</b> | <b>Teoretisk modellering</b>  | <b>20</b> |
| 5.1              | Trafikinput                   |           |
| 5.2              | Teoretisk DLT                 |           |
| 5.3              | Teoretisk konventionelt kryds |           |
| <b>Kapitel 6</b> | <b>Teoretiske resultater</b>  | <b>28</b> |
| 6.1              | Teoretisk DLT                 |           |

## 4 | Modelopsætning

---

I dette kapitel beskrives hvordan det konventionelle kryds og DLT-anlæg modelleres i vissim. Herunder indgår overvejelserne bag designet af DLT-anlæg og modellen i sig selv. Hverken det konventionelle kryds eller DLT-anlæg er lavet stringent efter gældende normer i forhold til den geometriske udformning, placering af vejafmærkning og signalmaster og lignende. Modellen skal derfor blot ses som designmæssig inspiration eller udkast til en eventuel projekteringen af et DLT-anlæg.

### 4.1 Geometri

DLT-anlægget der modelleres i dette projekt, er en partiel, firbenet DLT med førkryds på to ben beliggende overfor hinanden. Denne type konfiguration medfører nogle muligheder og nødvendiggør nogle overvejelser omkring geometrien af anlægget. Dette indbefatter blandt andet den overordnede størrelse af anlægget, antallet af spor, længden af svingbaner, radier, udformningen af krydsningen i førkrydset og faciliteter for bløde trafikanter. Overvejelser og konstruktionen af modellen med hensyn til geometri belyses i dette afsnit, startende med mulighederne omkring håndtering af højresving.

#### Højresving

Der findes to overordnede muligheder for at håndtere højresving i DLT-anlæg; tilslutning til ligeudbanen ved krydsnings af den forskudte venstresvingsbane eller et shuntspor parallelt med den forskudte venstresvingsbane, i dette projekt forkortet til RBL (Right turn Bypass Lane). RBL-banen tilsluttes ligeudsporet enten ved sammenfletning med vigepligt eller signalreguleret, alt efter trafikmængden. Et shuntspor kan tillade simultan afvikling af højresvingende og venstresvingende på den forskudte venstresvingsbane, og gavner situationer med markante trafikintensiteter i begge strøm. Ingen RBL kan være ideelt vedv mindre belastning for enten højre eller venstresvingende, og samtidig fylder det mindre.

#### Førkryds

Minimumsvinkel, -radier og -længder af forskellige vejdele i forbindelse med krydsningen af førkrydset er opstillet i flere rapporter og kilder i litteraturstudiet. Dette tillader en relativ spids vinkel og ikke megen vinkeldrejning inden krydsning. Som følge heraf anvendes samme krydsningsvinkel som ved DDI-anlægget ved Odense, som er omkring 30 grader. Krydsningsvinklen forventes at være tilfredsstillende, idet der i evalueringen af DDI-anlægget ingen bemærkninger er til vinklen [Jørgensen et al., 2018]. Dertil er begge strækninger under krydsningen rette og uden krumning, indtil krydsningen er fuldendt. Dette skal medvirke til at skabe sikkerhed og overblik i løbet af krydsningen, idet det er intuitivt, hvordan trafikanten skal placere sig i løbet af og efter krydsningen, når forløbet er tydeligt.

### Antal spor

Da DLT-anlæg oftest anlægges i stedet for ganske omfattende kryds - både areal- og trafikbelastningsmæssigt, modelleres et kryds med to ligeudbaner fra hver retning samt ét svingspor fra hver retning. Det forventes, at potentielt fremtidige anlæg har en vist uniformitet i mængden af motorkøretøjer i ligeudretningen, hvorfor denne udformning af antal spor anses som værende mest realistisk, skulle et DLT-anlæg nogensinde anlægges i Danmark.

### Sporlængder

Den ideelle længde af svingbaner er dybt afhængig af trafikmængden på den enkelte lokation og kan afvige kraftigt fra dag til dag og omløb til omløb. I modellen antages, at svingbaner i den virkelige verden anlægges i passende længde, så der ikke sker blokeringer for svingbanerne. Af denne årsag anvendes svingbaner på over 400 m, for at sikre at der netop ikke sker blokader, som hurtigt kan påvirke effektiviteten af krydset markant. Dette gælder dog ikke for længden af DLTL og dermed afstanden mellem hoved- og førkrydsene.

I modelleringen haves ligeledes en lang strækning op til krydset, hvor trafikanterne i simuleringen har tid og plads til at finde den korrekte bane, igen med det formål at minimere mulige blokeringer af andre strømme.

### Sporbredde

Det eksperimentielle og uvante design af en DLT kan virke forvirrende og uforståelig for nogle bilister. Derfor nedsættes hastigheden til 40 km/t umiddelbart før krydset, så bilister har længere tid til at orientere sig i de nye omgivelser. Dette sikrer ligeledes lavere bremselængde og kan øge den oplevede sikkerhed, ved at opfordre til risikokompensation ved en nedsat hastighed. Dertil blev hastigheden nedsat til 40 km/t ved DDI-anlægget ved Odense, antageligt grundet de samme hensyn. Derfor vælges en tilsvarende smal sporbredde på 3,25 meter.

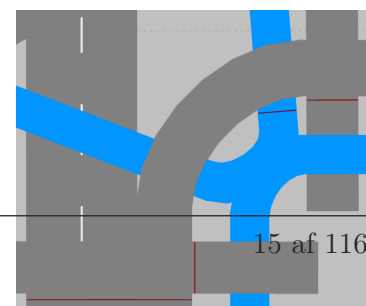
### Radier

Grundet DLT-anlæggets primære formål - at få motorkøretøjer hurtigere frem - laves relativt store, men passende radier i modellen, hvorfor behovet for nedbremsning er mindre. Dertil dækker krydset over et større areal end et almindeligt kryds, hvorfor dette kan tillades. Der anvendes radier på

I modellen anvendes ved højresving en reduceret hastighed på 20 km/t for lette kørtøjer og 12 km/t for tungere køretøjer og ved venstresving 30 km/t for lette køretøjer og 15 km/t for tungere køretøjer.

## 4.2 Bløde trafikanter

En væsentlig del af implementeringen af DLT-anlæg i Danmark omhandler håndteringen af bløde trafikanter. I denne model udarbejdes et forslag til udformning af mere sikker geometri for cyklister, i form af højere synlighed og mere sikker afvikling. Udformningen af cykelstien er udført med hollandsk inspiration.



Figur 4.1: Hollandsk cykel-

Det kommer blandt andet til udtryk ved intet behov for at stoppe i forbindelse med et højresving, fremskudt og forskudt stoplinje for ligeudkørende som samtidig er et sikkert, allokeret sted at vente for venstresvingende. Dertil haves en rabat fra cykelstien indtil til vejbanen til separation af trafikanttyper og øget sigbarhed. Eksempler på ovenstående er vist på figur 4.1.

Fodgængerfelter på tværs af vejbaner befinder sig efter enhver type afsluttet sving, hvorfor føreren af et motorkøretøj har større mulighed for orientere sig inden afslutningen af et sving. Fodgængerfelter og signalstyring heraf indrettes, så fodgængere har mulighed for at krydse hele vejen i én fase, og foretage et venstresving i to faser. Der etableres samtidig midterøer i krydsningen af ben på DLT-benene med mulighed for ophold, hvis krydsningen starter sent i grøntiden, og det ikke muligt at nå hele vejen over.

### 4.3 Bygning af model

Inden modellerne blev opbygget i Vissim, blev der lavet en skabelon i Trimble-programmet SketchUp. Dette medvirkede til, præcist, at kunne bestemme afstande, radier, vinkler, vinkeldrejning og meget andet. Skabelonen blev ligeledes lavet med hjælpelinjer, som tydeliggjorde start og slutpunkter for sving samt split af links, så netværket kunne forlænges, og derigennem forlænge svingbaner, DLT og til- og frafarter efter behov.

Dertil er det et ganske simpelt tegneprogram, hvorfor der let kan laves ændringer. Med anvendelse af tegninger af de enkelte opbygninger, haves en fælles platform til bygning af modellerne. Disse skabeloner sikrer en ensartethed i opbygningen af modellerne i vissim, så det i højere grad sikres, at afstande, vinkler med videre er ens, i stedet for at de enkelte modeller er tegnet i 'fri hånd' i vissim. Efter de geometriske parametre blev fastlagt i SketchUp-tegninger anvendtes tegningerne som baggrund i Vissim, hvorfor netværket kunne tegnes derefter, efter tilpasning af baggrundsbilledet til målestokken i Vissim. Herefter blev modellen opbygget i kronologisk rækkefølge i henhold til opbygning af 'Network objects'-menuen til venstre.

### 4.4 Signalstyring

Modellerne forsøges lavet almengyldig, hvorfor signalstyringen gælder for alle scenarier i de respektive modeller. Dette indbefatter trafikstyrede signal, hvor der dog etableres en øvre grænse for maksimal grøntid for hver strøm og en i teorien maksimal omløbstid. Den øvre grænse bestemmes ud fra fordelingen af mængden af trafik fra den enkelte strøm, hvorfor flere biler betyder tilsvarende større andel af grøntiden. For alle scenarier indgår afvikling af bløde trafikanter, enten som vigepligtsreguleret eller med egen fase uden konfliktpunkter med motorkøretøjer.

#### 4.4.1 VISSIG

Signal groups er i projektet delt efter hver strøm. For ligeudkørende biler samt krydsning i førkrydset anvendes en rød-gul længde på 2 sekunder, minimumsgrønt på 4 sekunder og

4 sekunders gultid efterfølgende. For svingende anvendes 1 sekunds minimumsrødt og 4 sekunder minimumsgrønt. Minimumsgrøntiden for cyklister bestemmes dels ud fra afstanden fra stop linjen til trafikanten er ude af netværket for biler og hastigheden, som sættes til 15 km/t og sikkerhedstiden. Sikkerhedstiden bestemmes ud fra, at en cyklist skal kunne nå at komme over ved udkørsel ved skift fra grønt til gult. Derfor sættes minimumsgrøntiden til 4 sekunder. For fodgængere anvendes samme metodik, men der tages her hensyn til øer undervejs. Sikkerhedstiden bestemmes for hver retning til tiden fra stoplinje til øen er nået. Der anvendes en hastighed på 5 km/t. Minimumsgrøntiden bestemmes ud fra kravet om, at fodgængeren kan nå over i ét omløb, hvorfor grønttiden og sikkerhedstiden varierer alt efter udformningen. Mellemtider mellem motorkøretøjer blev som standard sat til 6 sekunder og ændret ud fra skøn efter simulering med tidsstyret signal.

Ved tidsstyrede signaler er alle trin nødvendige for at kunne køre simuleringen. Dog kan vissim selv generere et signalprogram - med valgfri omløbstid - og tilhørende interstages. Signalprogramme kan frit rettes og tilpasses, og ligeledes interstages, så længde intergreen matrixen ændres først. Minimumsgrøntider kan indgå i interstages, så der automatisk tages højde for dette, hvilket især er brugbart ved trafikstyrede signaler. Ved trafikstyrede signaler indgår signal groups, intergreen matrix, stages og interstages.

#### 4.4.2 VISVAP

Tilføjesprogrammet VISVAP (VISual Vehichle Actuated Programming) anvendes til at gøre en signal controller trafikstyret gennem definition af en algortime/logik til bestemmelse af rækkefølgen, længden og betingelser for skift mellem faser. Logikken udgøres af forskellige typer symboler. I dette projekt anvendes 'condition' (hvis-betingelse), 'statement' (handling, hvis betingelsen er opfyldt/ikke opfyldt) og 'terminus' (start og slut af logik). Sammenhængen mellem symbolerne udgøres af pile, der forbinder de relevante symboler med hinanden. Den generelle opbygning af sammenhængen er, at indgange til symboler enten kommer oppefra eller fra venstre, mens udgangen er til højre eller nedad. For conditions gælder, at udgang mod højre betyder, at betingelsen er opfyldt, mens udgangen nedad betyder at betingelsen ikke er opfyldt. For statements differentieres der ikke mellem den valgte udgang. Alt efter hvorvidt betingelsen er opfyldt eller ej, kan der indsættes et statement-symbol, eksempelvis at der skal skiftes fase, hvorfor en interstage skal aktiveres. Ellers kan pilen føre mod slutningen, hvorfor der ikke sker ændringer i signalstyringen og gennemgangen af logikken starter forfra. Denne gennemgang af logikken sker mange gange i sekundet, hvorfor der sikres optimal håndtering af trafikken.

I forbindelse med sammenlignen af afviklingen i en praktiske DLT og et trængselsbelastet kryds, er der modtaget en en mappe med blandt andet en vissim-fil over dette kryds samt pua-filer og vap-filer. Grundet et begrænset kendskab til VISVAP og brugen heraf, manglende ressourcer og guides til korrekt interaktion med programmet samt det høje krav til korrekte definitioner og anvendelse generelt, drages der inspiration fra disse filer. Logikken i vap-filerne er dog ganske komplicerede, men flere principper og funktioner anvendes i de udviklede modeller. Disse er listet nedenfor

- Detection( Detektor nummer ) : Hvis et køretøj har passeret detektor X
- Occupancy( Detektor nummer )  $\leq/\geq$  x sekunder: Hvis et køretøj passerer eller befinder sig på en detektor færre end, flere end eller lig x sekunder

- Headway( Detektor nummer)  $\leq$  x sekunder: Tidsmæssig afstand til næste køretøj efter passage af detektor kortere, længere eller lig x sekunder
- T\_green ( signalgruppernummer )  $\leq$  x sekunder: Grøntid for en specifik signalgruppe kortere, længere eller lig x sekunder.

Idet en korrekte condition medfører en pil mod højre, defineres ovenstående funktioner oftest som, at intet sker, så længe betingelsen er opfyldt. Et eksempel på dette er: Hvis der efter 20 sekunders grønt for signalgruppe 1 skal skiftes til en ny fase, defineres betingelsen som:  $(T_{green}(1) \leq 20)$ . Altså, hvis længden af grøntiden er under eller lig 20 sekunder, fører pilen mod højre og ned til slutningen, hvorfor processen gentages, indtil der opnås en grøntid på 21 sekunder, hvorfor betingelsen ikke længere er sand og en statement omkring skift af fase aktiveres eksempelvis. Dette princip gælder for alle funktioner, idet det gør sammenhængen mellem symboler og vejen til slutningen af logikken mere overskuelig.

Der bruges to typer tider for Headway-funktionen. En headway på 3,5 sekunder for en detektor 50 m inden stoplinjen. Dette svarer til, at køretøjet, der passerer detektoren, når over 2 sekunder inde i gultiden ved uændret hastighed, mens den bagvedkørende, der er mere end 3,5 sekunder bagefter, har tid at reagere på signalskiftet samt at til at bremse med en deceleration på 2 m/s. Dette er gældende for strækninger, hvor hastighedsgrænsen er 40 km/t. Den anden type headway er for detektorer helt oppe ved stoplinjen. Disse har en ønsket længde på 12 m, og en headway på 0,1 sekunder for ligeudkørende og 0,3 sekunder for svingende. Dette sikrer, at betingelsen om skift stadig er gyldig i tilfælde af, der ikke er kø eller frit flow af biler op til fornævnte detektor.

Detektion-funktionen er ganske simpel. Hvis der registreres et køretøj på detektoren kører logikken mod højre. Dette kan dog være u hensigtsmæssigt i forhold til flowet af vap-logikken. Derfor anvendes Occupancy-funktionen i højere grad i stedet.  $Occupancy(Detektornummer) = 0$  giver en condition, som er sand, når der ikke er køretøjer på detektoren. Når et køretøj passerer detektoren, er betingelsen ikke længere sand, og der sker et faseskift. Dette passer dermed ind i flowet omkring vap-logikken, med at status quo fører mod højre og mod slutningen af logikken.

Når betingelser og statements er opstillet for alle faser, faseskift og det hele er forbundet, kan logikken kompileres og gennemses, så det kan parres med pua-filen fra vissig og udgøre det trafikstyrede signal.

## 4.5 Kalibrering

I alle modeller skal trafikken kalibreres for at give retvisende resultater. Der anvendes Wiedemanns 74-adfærdsmodel for bytrafik for alle modelleringer.

I den teoretiske modellering anvendes standardværdier fra vejreglen omkring mikrosimulering. Det er en teoretisk modellering, hvorfor der ikke er data at koble til adfærden. Samtidig er det blot nødvendigt at adfærden i den teoretisk modellering af DLT og det konventionelle kryds er ens, for at kunne sammenlignes.

Modellen for den nuværende udformning af Chokoladekrydset er kalibreret efter målinger på lokaliteten. Værdien af disse adfærdsparametre kopieres i modelleringen af den praktiske DLT, for igen at sikre at adfærden er ens og resultaterne kan stille op mod hinanden.



## 4.6 Evaluering

Der undersøges tre overordnede parametre, hver med sine underparametre, til evaluering af alle modellerne. Der opsamles data per kvarter (900 sekunder), da det er det samme interval, der haves trafiktal for og fordeling for. Parametrene der anvendes til evaluering er:

Disse er:

- Forsinkelse
  - Forsinkelse for hele netværket
  - Forsinkelse per køretøj for hele netværket
  - Forsinkelse per strøm
  - Forsinkelse per køretøj per strøm
- Antal stop
  - Antal stop for hele netværket
  - Antal stop per køretøj for hele netværket
  - Antal stop per strøm
  - Antal stop per køretøj per strøm
- Kølængde
  - Kølængde for hele netværket
  - Kølængde per køretøj for hele netværket
  - Kølængde per strøm
  - Kølængde per køretøj per strøm

I evalueringskonfigurationen indsamles data for:

- Nodes: Gennemsnitlig og total forsinkelse, antal stop og kølængde for hver strøm per tidsinterval
- Netværksdybde: Gennemsnitlig og total forsinkelse, antal stop og kølængde for hele netværket per tidsinterval

## 4.7 Simuleringskonfiguration

Grundet naturlige udsving i mængden af trafik fra dag til dag og time til time, anvendes en stokastisk parameter på trafiktallene, som også påvirker fordelingen af trafik. Derfor køres 10 repetitioner for hvert scenarie, for at sikre en tilfredsstillende statistisk styrke af resultaterne. Dette er den mindste anbefalede værdi i vejreglen. Antallet af repetitioner har væsentligt indvirkning på, hvor lang tid simuleringen tager, hvorfor 10 vælges, for at have acceptable resultater men samtidig sikre en kort simuleringsperiode.

For hver repetition varieres mængden og ankomstfordelingen af trafik ud fra en tilfældig generation af parametre (seed) relateret dertil. Værdien af seed starter med 1.000 og der anvendes et seed-interval ligeledes på 1.000 efter inspiration fra modellen omkring Chokoladekrydset. Dette skal så vidt muligt imitere udsving i trafikmængden og -fordelingen fra virkeligheden, og variere disse udsving mellem repetitioner.

Placeringen af trafikanter i modellen gemmes med et interval bestemt af 'simulation resolution', Vejreglen anbefaler, placering af hvert køretøj gemmes 10 gange per simuleringssekund, hvorfor denne værdi anvendes.

## 5 | Teoretisk modellering

---

I dette kapitel gennemgås processen omkring bygning og simulering af den teoretisk DLT og det teoretiske konventionelle kryds. Grundet omfattende udfordringer med signalstyringen, er kun én type udformning af den teoretiske DLT modelleret og simuleret i Vissim. Det har ikke været muligt at simulere for det konventionelle kryds, og derfor heller ikke muligt at sammenligne de to. I kapitlet bliver de tiltænkte planer og forudgående arbejde for hvert kryds præsenteret, og hvad der reelt blev udarbejdet præsenteres ligeledes. I kapitel 6 præsenteres og fortolkes resultaterne er simuleringerne af den teoretiske DLT.

### 5.1 Trafikinput

Den teoretiske modellering har som primært formål at undersøge, hvordan effektiviteten af de to anlæg er i alle timer af døgnet. Derfor anvendes syv forskellige trin med trafiktal. Trafikinput sammensættes i par, således at primærretning (øst-vest)-korridoren har en trafikmængde ét trin over sekundærretning (nord-syd-korridoren). Dette resulterer i seks par. Der anvendes en fast andel af lastbiler på 2%. De enkelte trin er vist på tabel 5.1.

Tabel 5.1: Trafiktal per time per retning for motorkøretøjer.

|       | Trin 1 | Trin 2 | Trin 3 | Trin 4 | Trin 5 | Trin 6 | Trin 7 |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Input | 100    | 250    | 500    | 1.000  | 1.500  | 2.000  | 2.500  |

Mængden af cykler og fodgængere er forbundet på samme trin, hvorfor der haves syv input for hver. Mængden af bløde trafikanter er bestemt ud fra, at størrelsen og den potentielle trafikbelastning en DLT kan håndtere, betyder, at det ikke er realistisk at placere i sådanne anlæg i tættere bebyggelse, hvor det antages at mængden af bløde trafikanter generelt er højere. Dog skal krydset også stresstestes, hvilket der ligeledes skal tages hensyn til. De syv trin med respektive værdier er vist på tabel 5.2.

Tabel 5.2: Trafiktal per time per retning for bløde trafikanter.

|            | Trin 1 | Trin 2 | Trin 3 | Trin 4 | Trin 5 | Trin 6 | Trin 7 |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Cykler     | 0      | 25     | 50     | 100    | 200    | 300    | 400    |
| Fodgængere | 0      | 10     | 25     | 50     | 100    | 150    | 200    |

Dertil anvendes balancerede fordelinger af trafikken for alle trafikanttyper. Der anvendes fem forskellige fordelinger, som vist på tabel 5.3.

Tabel 5.3: Trafikfordeling for alletrafikanter.

|         | Trin 1 | Trin 2 | Trin 3 | Trin 4 | Trin 5 |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Højre   | 5%     | 10%    | 20%    | 20%    | 20%    |
| Venstre | 5%     | 10%    | 20%    | 30%    | 40%    |
| Ligeud  | 90%    | 80%    | 60%    | 50%    | 40%    |

### 5.1.1 Scenarier

Den oprindelige idé med ovenstående trafiktal og fordelinger var, at generere scenarier for alle mulige kombinationer. Dette ville i så fald resultere i 245 trafik- og fordelingsmæssige kombinationer. Herudfra kunne det vurderes, under hvilke forudsætninger en DLT sikre bedre afvikling end et konventionelt kryds. Uden bløde trafikanter og med få svingende kunne et konventionelt kryds sandsynligvis håndtere en større total mængde trafik, end ved et højt antal bløde trafikanter og større andel svingende, hvor selv en lavere total trafikmængde kunne håndteres bedre i en DLT.

I stedet er antallet af kombinationer reduceret markant ved at sammensætte tallene fra de bløde trafikanter med tallene fra motorkøretøjer. Dette retfærdiggøres ved, at det antages, spidsperioder for motorkøretøjer og bløde trafikanter følges ad. Ved et højere antal trafikanter, både motorkøretøjer og bløde trafikanter, vil afviklingen forværres, og effekten af bløde trafikanter i sig selv, kan derfor ikke udledes.

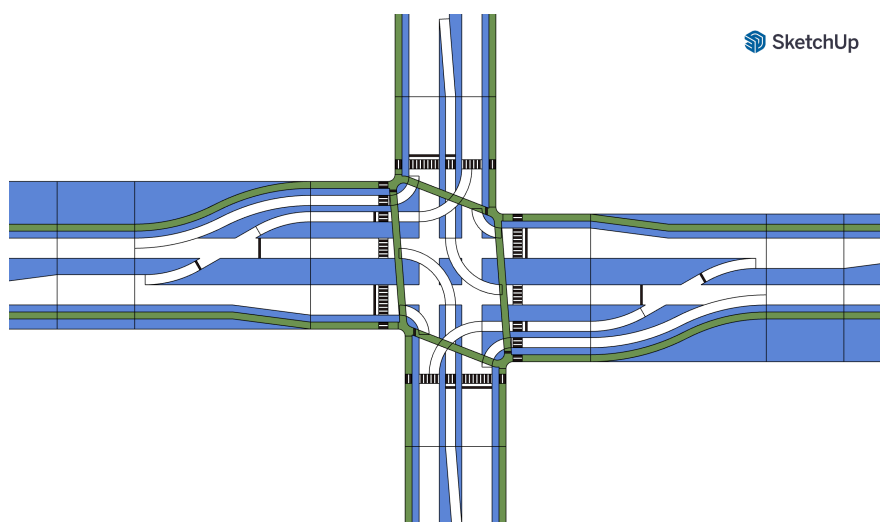
Dertil anvendes den samme fordeling for alle trafikanttyper for alle retninger i samme scenarie. Derved undersøges ikke, om der findes en favorabel fordeling med den givne udformning af DLT-anlægget. Som beskrevet i kapitel 4, kan en DLT udformes på flere måder angående håndteringen af højresving. Dette har væsentlig indflydelse på afviklingen, så fordelinger med flere svingende kan tillades. Da der er bygget og simuleret ét DLT-anlæg, er det ligeledes ikke muligt at undersøge, under hvilke fordelinger og betingelser i øvrigt den enkelte type udformning giver bedst afvikling.

## 5.2 Teoretisk DLT

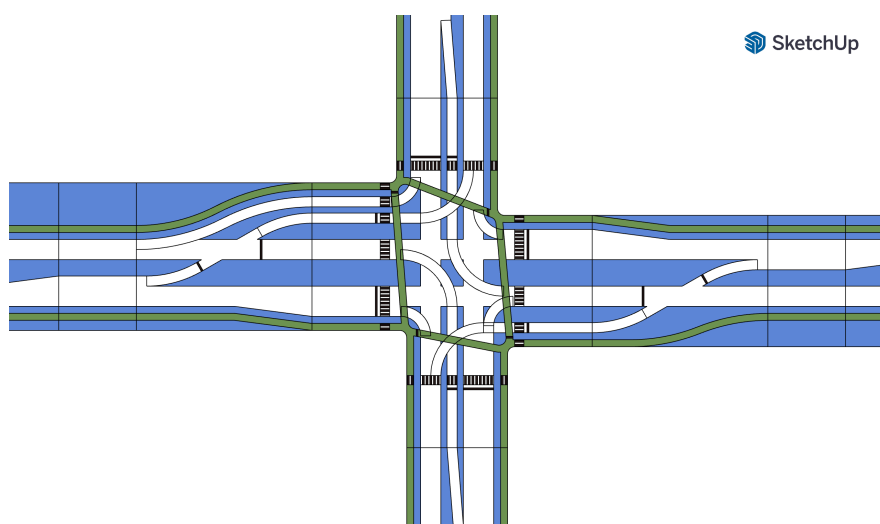
Som beskrevet ovenfor, blev der lagt op til at undersøge flere typer udformning, især med henblik på inklusionen af bløde trafikanter og udformningen af højresving. Den byggede og simulerede model har RBL på på begge ben med førkryds. Dette er blandt de mest simple og signalmæssigt nemmeste at modellere, hvorfor denne blev valgt som udgangspunkt, hvorefter de resterende kunne følge og bygge videre på erfaringerne fra denne model. Dette har dog ikke været muligt, hvorfor kun denne ene type udformning er modelleret og simuleret.

### 5.2.1 Bygning

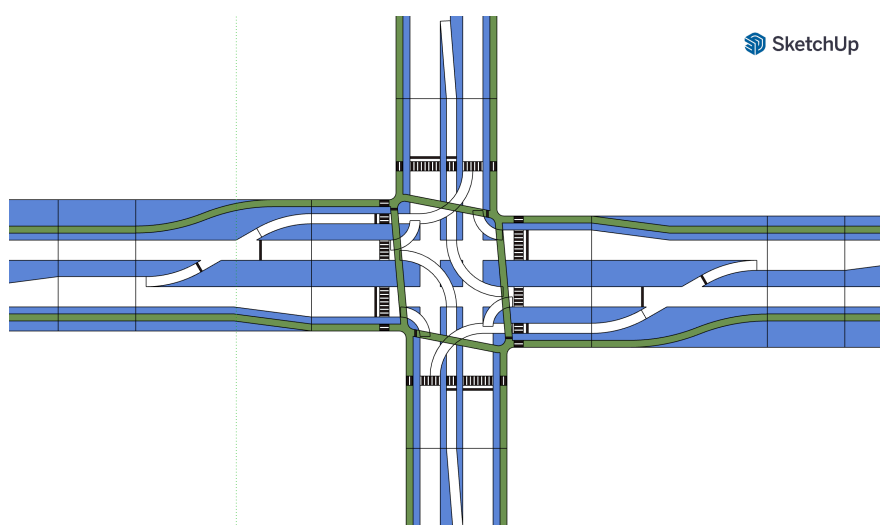
Der blev skitseret tre forskellige udformninger i SketchUp; med to RBL, med én RBL og uden RBL. I alle skitser er der tegnet faciliteter for bløde trafikanter, da det er nemmere at fjerne links for cykler og fodgængere i Vissim. Der er derfor ikke tegnet udformninger uden faciliteter for bløde trafikanter. De tre udformninger er vist på figur 5.1 til 5.3. Kun udformningen med RBL på begge ben med førkryds blev efterfølgende bygget og simuleret i Vissim.



Figur 5.1: Skitsering af udformning af teoretisk DLT med RBL på begge ben med førkryds.

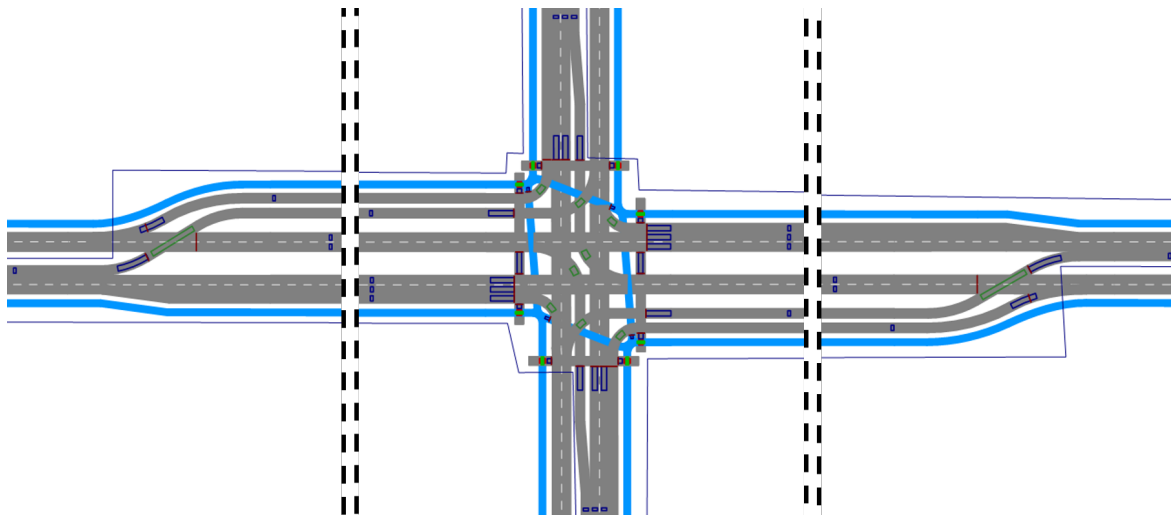


Figur 5.2: Skitsering af udformning af teoretisk DLT med RBL på ét ben med førkryds.



Figur 5.3: Skitsering af udformning af teoretisk DLT uden RBL.

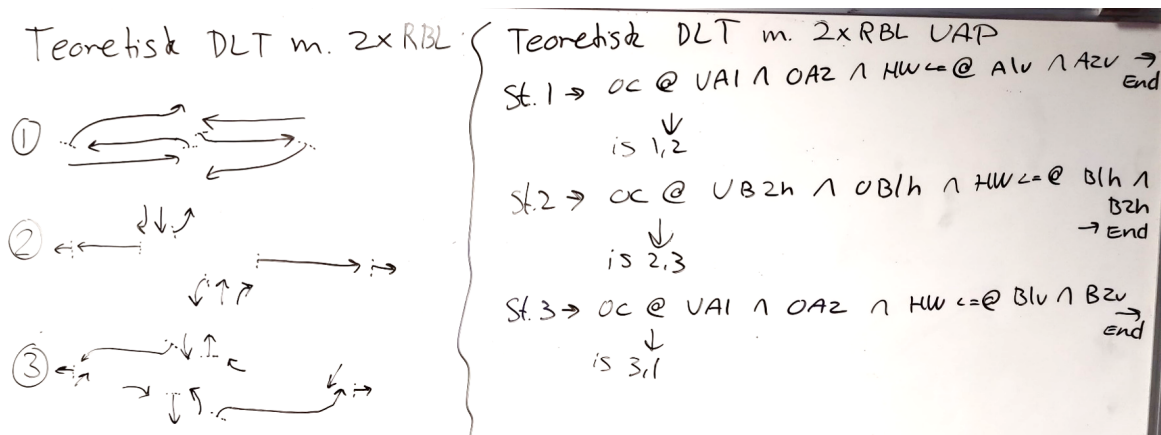
Den tilsvarende fuldt udbyggede model i Vissim er vist på figur 5.4. Opdelingen mellem hoved- og førkrydsene er for at gøre det tydeligere at se hovedkrydset. Den reelle afstand fra stoplinjen for venstresvingende for hvert førkryds til stoplinjen ved venstresvinget i hovedkrydset er omkring 220 meter.



Figur 5.4: Udformning af teoretiske DLT med RBL på begge ben med førkryds.

### 5.2.2 Signalstyring

Som tidligere nævnt kan afviklingen i en DLT med to RBL og balancerede trafikinput håndteres med kun tre faser. Inden pua- og vap-filerne defineres, visualiseres faserne, rækkefølgen samt logikken mellem dem. Dette er vist på figur 5.5.



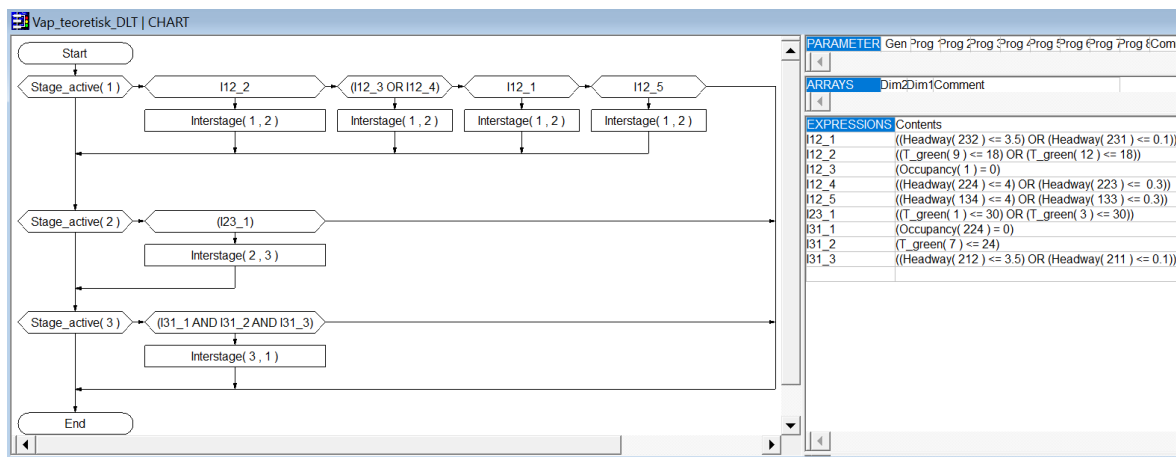
Figur 5.5: Faser, faserækkefølge og udkast til vap-logik for DLT med RBL på begge ben med førkryds.

Bemærk hvad angår faserne, at en pil med, at en stiplede linje efter, betyder skift til rødt, hvorfor en ny strøm kan få grønt. Bemærk ligeledes, at vap-funktionerne i udkastet til vap-logikken til højre er forsimplede. Eksempelvis svarer ' $OC @ a \wedge b \wedge HW \leq c \wedge d$ ' til betingelserne: ' $((Occupancy(detektor\ a) = 0) \wedge (Occupancy(detektor\ b) = 0) \wedge (Headway(detektor\ c2) \leq 3.5) \wedge (Headway(detektor\ c1) \leq 0.1) \wedge (Headway(detektor\ d2) \leq 3.5) \wedge (Headway(detektor\ d1) \leq 0.1))$ '. Sættes de rigtige numre på detektorer i eksemplet er

syntaksen korrekt, og VISVAP kan læse betingelserne, og skifter fra en fase til den næste, 'is x , y', svarende til funktionen 'Interstage( x , y )', når en af betingelserne ikke længere er opfyldt.

Når faserne, rækkefølgen mellem dem og udkastet til logikken er defineret åbnes vissig, og signal groups, intergreen matrix, stages, stage assigment, stage sequence, signal program og interstages defineres.

Med et veldefineret tidsstyret signal eksporteres og gemmes pua-filen. Når der er oprettet en trafikstyret signal controller, etableres signal heads og detektorer, som skal forbindes til den trafikstyrede signal controlleren. Er dette gjort korrekt, kan simuleringen køre ud fra tidsstyringen defineret i signal programmet i Vissig. Herefter defineres logikken for trafikstyringen i VISVAP. Logikken er vist på figur 5.6.



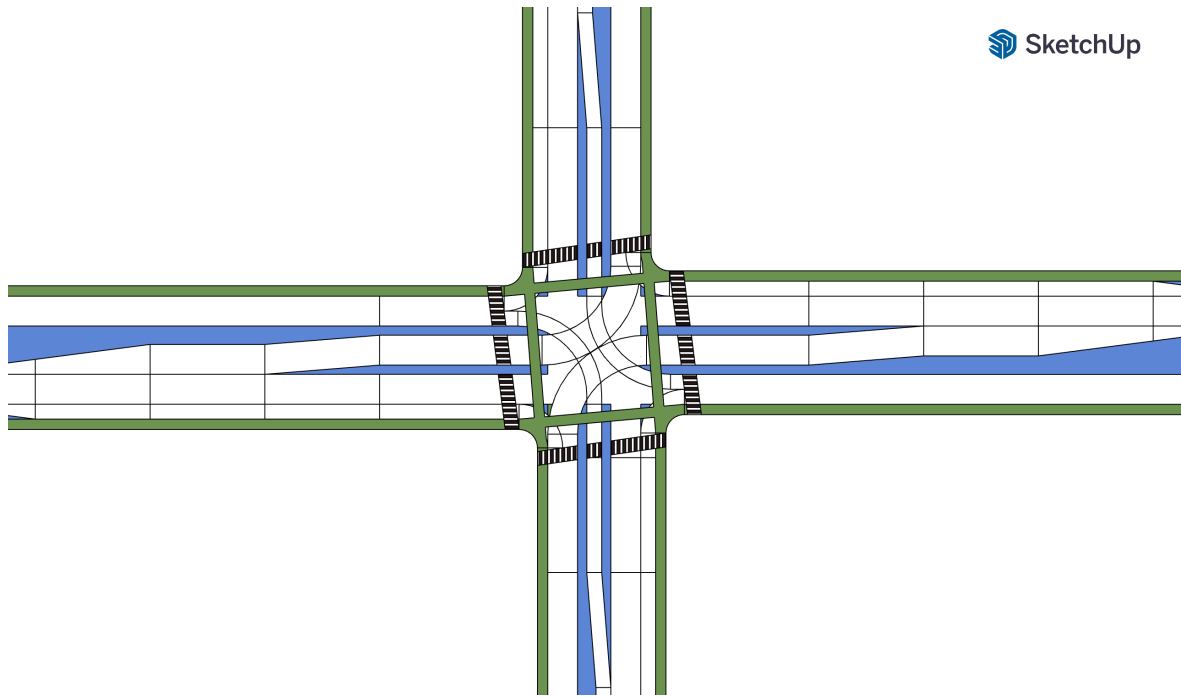
Figur 5.6: Vap-logik for teoretisk DLT med RBL på begge ben med førkryds.

En ny signal controller med funktionen 'VAP' oprettes, og den gemte pua-fil og vap-fil indlæses. Der tilføjes de samme signalgrupper, og minimumstider for den enkelte dele af signal sequence (rød, rød/gul, grøn, gul eller rød, grøn) i attribute-tabellen som i pua-filen, og de enkelte signalrelaterede network objects skal relateres til den nye signal controller i stedet for den gamle. Herefter slettes den oprindelige signal controller med det tidsstyrede signal, og simuleringer kan køres med det definerede trafikstyrede signal. Oplevede fejl i forbindelse med simuleringen er beskrevet i kapitel 8.

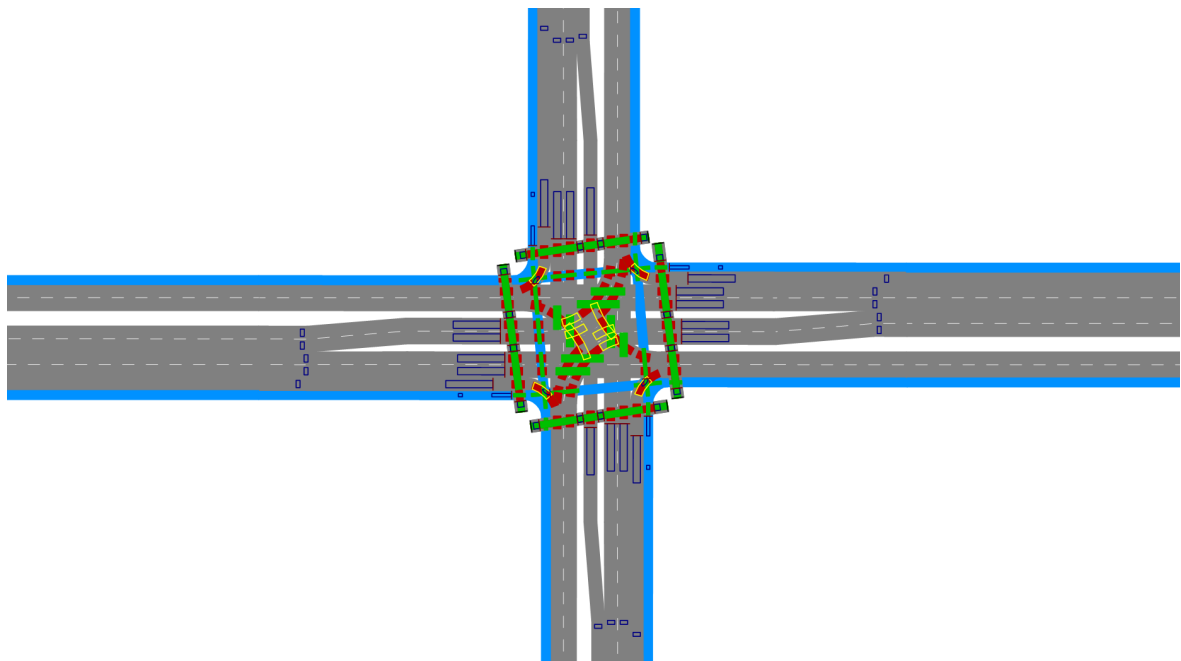
### 5.3 Teoretisk konventionelt kryds

### 5.3.1 Bygning

Efter samme fremgangsmåde er der tegnet et konventionelt kryds i SketchUp, som bruges som skabelon til den geometriske bygning af krydset i Vissim. Der er anvendt to ligeudspor for hver retning, to venstresvingsspor for primærretningen samt ét spor for henholdsvis venstresving for sekundærretningen og alle højresving. Skabelonen fra SketchUp er vist på figur 5.7 og den endelige model i Vissim er vist på figur 5.8.

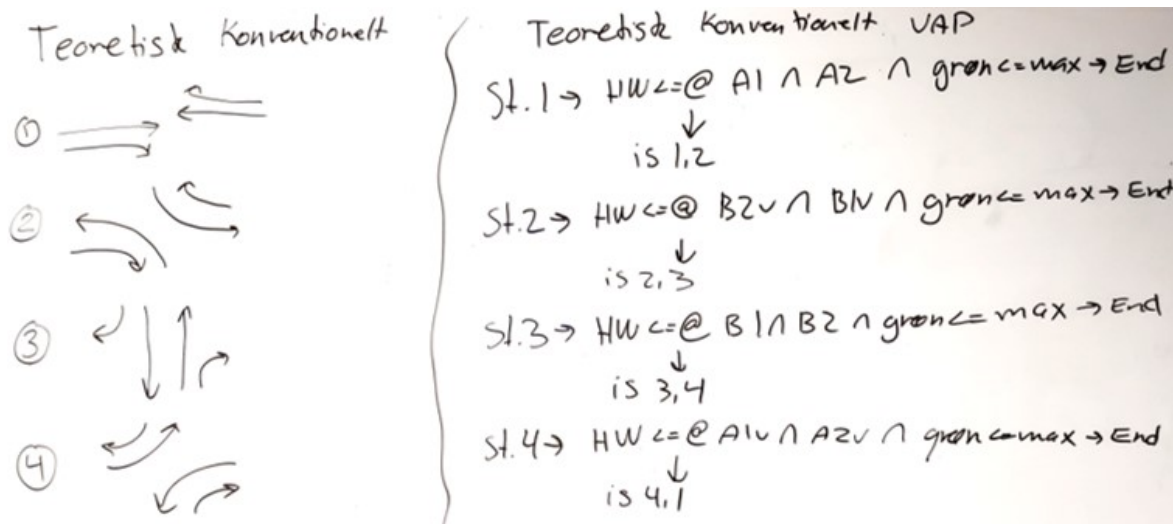


Figur 5.7: Skitseret udformning af det teoretiske konventionelle kryds.



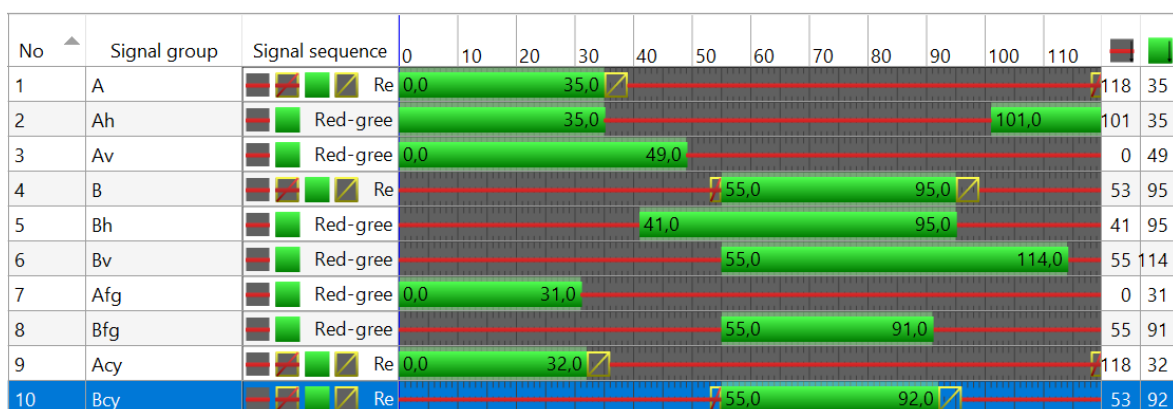
Figur 5.8: Det endelige teoretiske konventionelle netværk i vissim.

Med balanceret trafik, anvendes fire faser til afviklingen af trafikken i krydset. Visualiseringen af faser, rækkefølgen og den tilhørende vap-logik er vist på figur 5.9.



Figur 5.9: Visualisering af faser, faserækkefølge samt udkast til vap-logik.

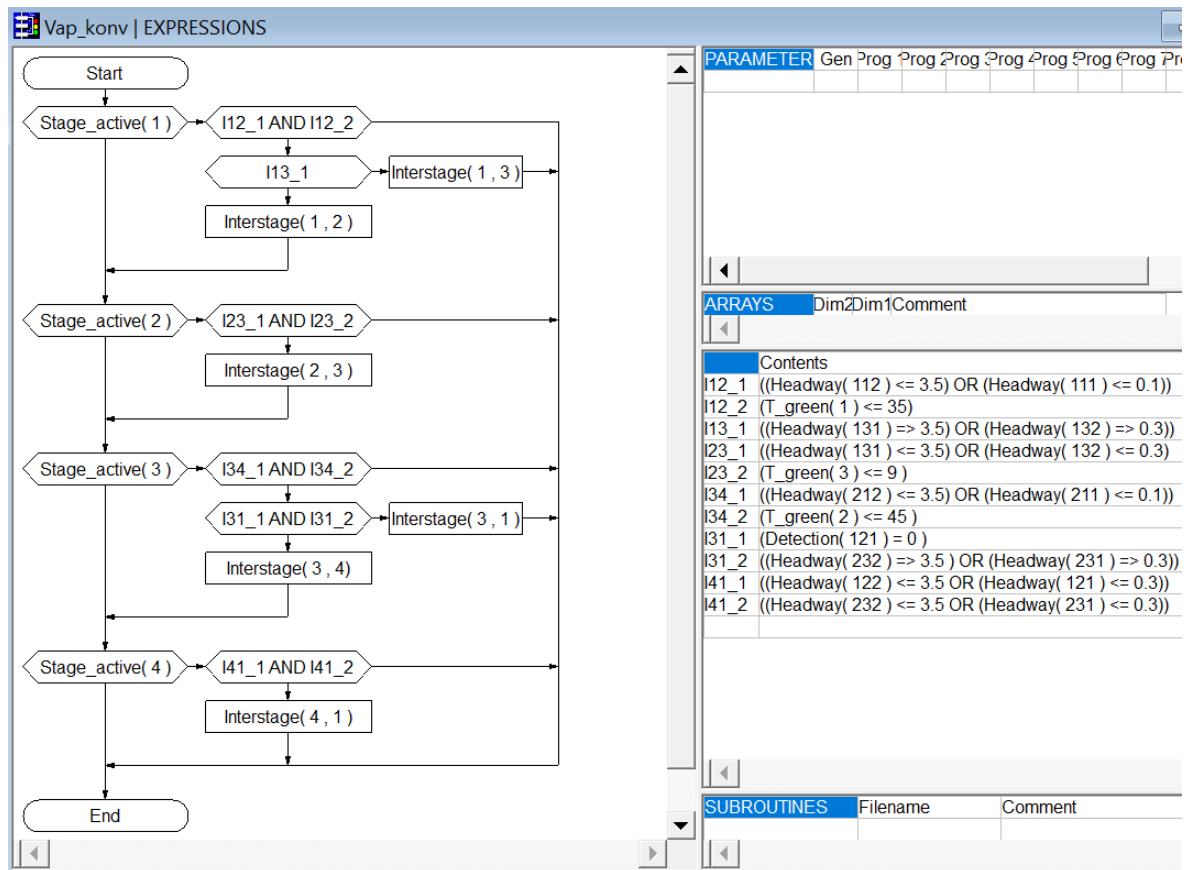
Udkastet til faser og rækkefølgen heraf defineres efterfølgende VISSIG. Signalprogrammet genereres baseret på visualiseringen af faser og rækkefølgen samt interstages mellem faser ud fra mellemtider i intergreen matrices. Signalprogrammet fremgår af figur 5.10.



Figur 5.10: Signalprogram i VISSIG til bestemmelse af maksimale grøntid for hver strøm.

Den tilhørende vap-logik er vist på figur 5.11.





Figur 5.11: Signalprogram i VISSIG til bestemmelse af maksimale grøntid for hver strøm.

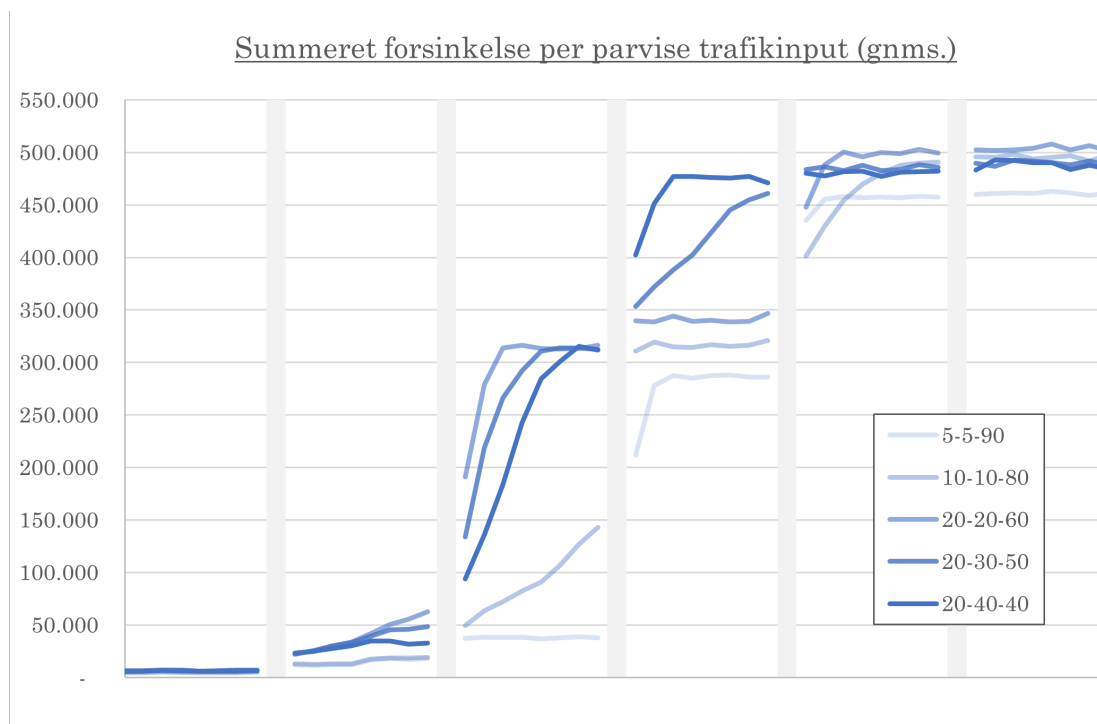
Grundet udfordringer med pua- eller vap-filen for det teoretiske konventionelle kryds, har det ikke været muligt at simulere modellen. En gennemgang af oplevede udfordringer processen omkring simulering af modeller med trafikstyret signal er beskrevet i kapitel 8. Resultaterne af simuleringen af den teoretiske DLT med RBL på begge ben med førkryds gennemgås i kapitel 6.

## 6 | Teoretiske resultater

I dette kapitel præsenteres resultaterne fra simuleringen af én type udformning af en DLT med varierende trafikinput. Der haves ikke resultater for scenarier med andre udformninger, variabel længde af DLTL, ubalancerede trafikinput eller andre ønskede scenarier. Dertil haves der heller ikke resultater for et teoretisk konventionelt signalanlæg. Disse mangler skyldes uforudsete og omfattende udfordringer med trafikstyring af signaler. Disse udfordringer er beskrevet i kapitel 8. Præsentation og fortolkning af resultater, skal, i lyset af disse udfordringer, ses som mulig måde hvorpå at evaluere krydstypen, og lægge op til sammenligning med konventionelle kryds. Derudover kan resultaterne anvendes til at udlede relevant information og erfaringer til videre optimering og analyse.

### 6.1 Teoretisk DLT

Der er simuleret på et DLT-anlæg med RBL på begge ben med førkryds samt med bløde trafikanter. Der er udarbejdet et simpelt trafikstyret signal, som de facto bliver et tidsstyret signalanlæg, når belastningen bliver tilpas høj til, at den maksimalt tilladte grøntid nås. Der er databehandlet på forsinkelse samt antal stop, både summeret og for det enkelte køretøj. Gennem signalstyringen har det ikke været muligt at sikre fuldstændig progression i hver fase i hvert omløb, hvorfor resultaterne for kølængde ikke er retvisende. Resultaterne fra simuleringerne er vist på figur 6.1 og 6.2. Bemærk at de grå søjler er overgangen fra et trin af trafikinput til et andet, hvorfor resultater i disse perioder ikke indgår i fortolkningen.

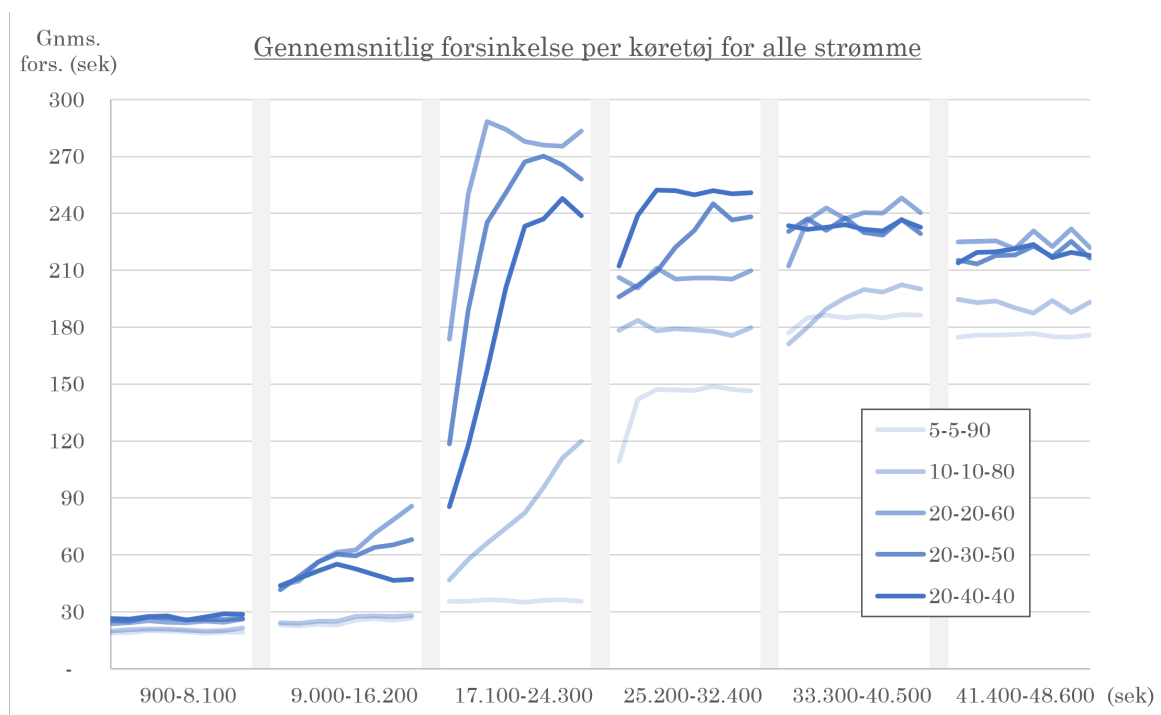


Figur 6.1: Summeret forsinkelse per kvarter for hver fordeling og trafikmængde.

Den samlede forsinkelse oplever generelt for alle fordelinger en gradvis stigning, som trafikmængden øges. Denne tendens forventes, da flere biler alt andet lige, vil resultere i mere forsinkelse i krydset som helhed. Dog ses en stagnering og overlap af den summerede forsinkelse for alle fordelinger fra midten af femte trin og fremefter. Forsinkelsen øges dermed ikke, til trods for trafikmængden øges.

Den mest markante stigning i forsinkelse ses i trin tre, hvor alle fordelinger på nær 5-5-90 øges markant. Både i trinnet før og efter ses en mindre stigning i forsinkelse. Grundet til dette kan være netværkets manglende evne til at simulere alle køretøjer grundet mætning af krydset, eller fjernelse af køretøjer, hvis et påkrævet vognbaneskit ikke er muligt. Efter simuleringen giver Vissim advarsler, som for alle simulerede scenarier blandt andet omhandler ikke-afviklede køretøjer, og fjernelse. Omfanget af dette varierer alt efter scenarie, hvorfor stagneringen i trin 5 og 6, kan være et resultat af manglende afviklingsevne, og forsinkelsen, kunne alle indkørende køretøjer simuleres have fortsat eller øget graden af stigning fra trin 3.

Dertil oplever 5-5-90-fordelingen ved lavere trafikmængder den mindste forsinkelse, mens 20-20-60-fordelingen oplever mest. Dette antyder, en nogenlunde tilforladelig signalstyring, da der eksempelvis ikke ses en klar tendens omkring, at en større og større andel af venstresvingende medfører mere og mere forsinkelse. Dette kan dog også være resultatet af køretøjer, der ikke kan afvikles og derfor ikke indgår i resultaterne. I trin 4 ligger 20-40-40-fordelingen dog højest, hvilket netop forventes, og som taler imod et markant antal fjernede køretøjer.

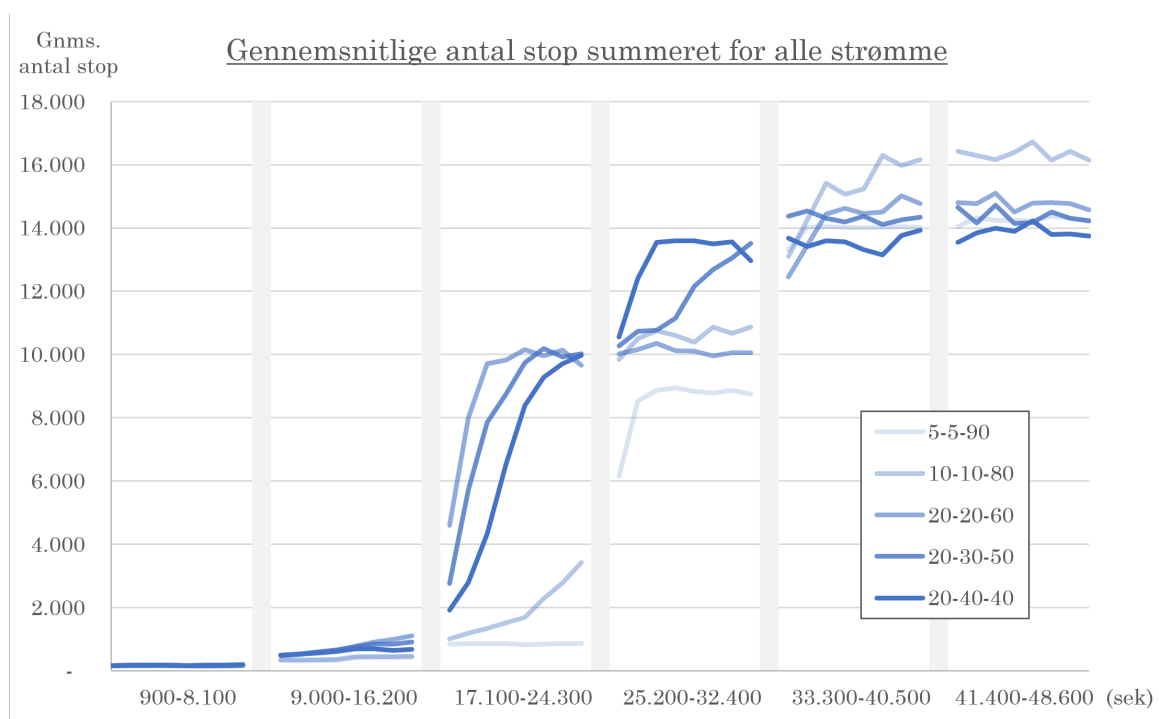


Figur 6.2: Gennemsnitlig forsinkelse per køretøj per kvarter for hver fordeling og trafikmængde.

På figur 6.2 ses udviklingen i forsinkelse per køretøj efter fordeling og trafiktrin. Der ses ligeledes her en markant stigning ved trin 3, som samtidig kan forklare forøgelsen af den summerede forsinkelse. Herefter ses et fald, for fordelinger med mest venstresvingende trafik og en stigning for fordelinger med en mindre andel venstresvingende. Denne sammenhæng antyder, at signalstyring virker efter hensigten, idet krydset i høj grad er designet til at håndtere meget

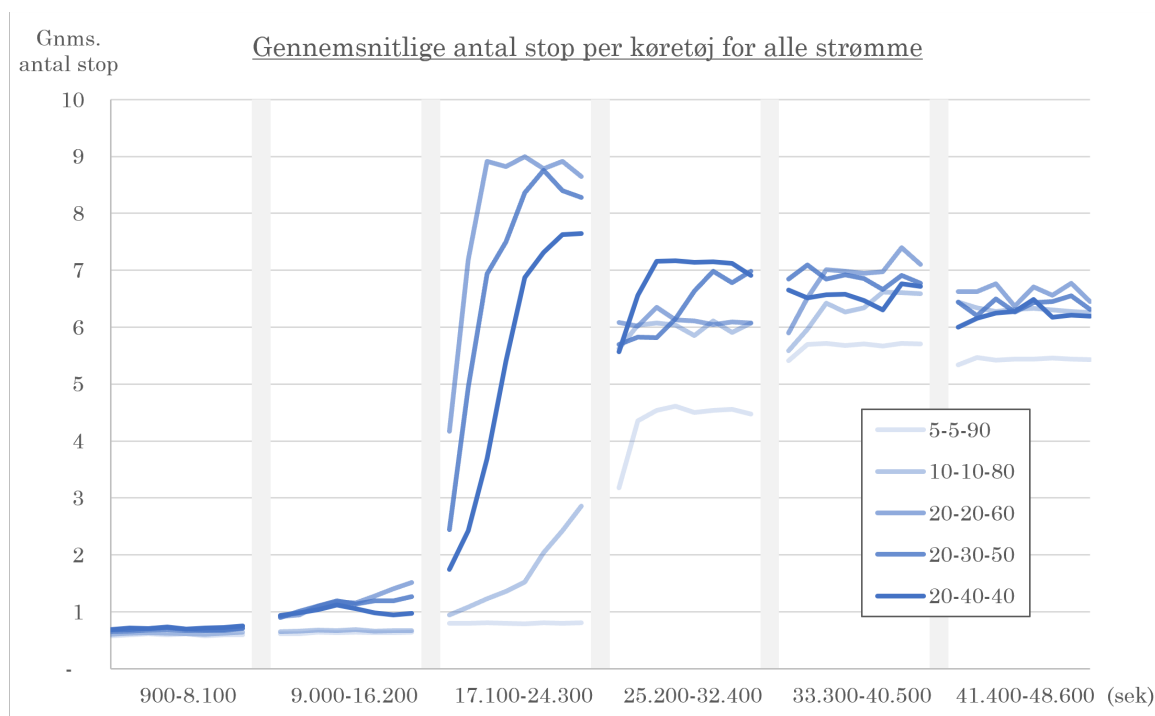
trafik med en markant andel af svingende. Dertil ses en ganske lav gennemsnitlig forsinkelse for de første to trin. Dette antyder, at der i lavintensitetsperioder ikke opstår unødigt lange ventetider. Dog øges den gennemsnitlige forsinkelse mod slutningen af trin to, hvilket antyder afviklingsproblemer som flere og flere fanges bag. Niveauet af forsinkelse for trin 3 er mellem 4 og 5 minutter i gennemsnit for fordelinger med flest venstresvingende. Dette trin har en trafikmængde som sandsynligvis ikke ville give samme gennemsnitlige forsinkelse i et konventionelt kryds. Med den givne signalstyring og udformning af krydset, vil der altså opleves lang ventetid en stor del af dagen, hvor der hverken er lavintensperioder, for eksempel om natten, eller spidsbelastningsperioder om morgenen og eftermiddagen. Dette er ikke tilfredsstillende set fra den enkelte trafikants synspunkt.

Der er ligeledes genereret data omkring antallet af stop, både summeret og det gennemsnitlige antal for det enkelte køretøj. Resultaterne heraf er præsenteret på figur 6.1 og 6.2.



Figur 6.3: Summeret antal stop per kvarter for hver fordeling og trafikmængde.

Der ses på figur 6.1 en ganske stor lighed med figur 6.1: fordelinger med de laveste svingprocenter oplever færrest stop, og der ses en stagnering i antal stop i de sidste to faser. Dette må dog forventes, idet stop medfører forsinkelse, og flere stop medfører mere forsinkelse. Der er dog flere udving i de sidste to trin, men det vurderes at passe nogenlunde overens med den summerede forsinkelse. En undtagelse er dog 10-10-80 fordelingen, som oplever flere stop, men ikke længere summeret forsinkelse.



Figur 6.4: Gennemsnitlige antal stop per køretøj per kvarter for hver fordeling og trafikmængde.

Antallet af stop per køretøj stemmer ligeledes overens med den gennemsnitlige forsinkelse per køretøj. Få stop i starten, som oplever en kraftig stigning i trin 3, for derefter af falde og stagnere. Det overordnede niveau vurderes dog umiddelbart højt og mindre tilfredsstillende. Igen kan forbedret signalstyring være en del af løsning på at få nedbragt problematikkerne i trin 3, også netop fordi, fordelinger med mellemløjt andel af svingende antages af være blandt de mest realistiske i virkeligheden. Antallet af stop per køretøj oplever i de sidste trin varierer mindre end forsinkelsen per køretøj. Dette kan betyde, at der ventes længere men ikke oftere. En grund til dette kan være definitionen af et stop og ved hvilken hastighed forsinkelse beregnes.





# Del III - Praktisk implementering

|                  |                                |           |
|------------------|--------------------------------|-----------|
| <b>Kapitel 7</b> | <b>Praktisk implementering</b> | <b>34</b> |
| 7.1              | Introduktion                   |           |
| 7.2              | Modellering                    |           |
| 7.3              | Praktisk DLT                   |           |
| 7.4              | Nuværende udformning           |           |
| <b>Kapitel 8</b> | <b>Simuleringsudfordringer</b> | <b>42</b> |
| 8.1              | VISSIG                         |           |
| 8.2              | VISVAP                         |           |

## 7 | Praktisk implementering

I dette kapitel modelleres et DLT-anlæg som en alternativ krydsløsning i et allerede eksisterende, trængselspræget kryds på baggrund af erfaringerne fra den teoretiske modellering. Herigennem konkretiseres mulighederne for optimering af tidsbesparelser i en virkelig kontekst, hvilket gør vurderingen af anvendelsespotentialiet af løsningen mere håndgribelig. Det valgte kryds skal anses som et eksempel, hvorfor der ses bort fra forhold, som kan gøre en ombygning til DLT til en ugunstig løsning på længere sigt.

### 7.1 Introduktion

Det valgte kryds befinder sig i Ballerup Kommune, og udgøres af krydsning mellem Ballerup Byvej/Herlev Byvej (øst-vest-korridor) og Ring 4 (nord-syd-korridor). Øst-vest-korridoren forbinder København med Frederikssund og bydele, mindre byer og landsbyer undervejs, mens Ring 4 dels er en motorvej og byvej udenom København fra Taastrup mod Kongens Lyngby. I folkemunde kaldes krydset for 'Chokoladekrydset', idet Toms Chokoladefabrik ligger umiddelbart nord for krydset. I denne rapport anvendes denne betegnelse til at beskrive den nuværende udformning og/eller placeringen af krydset. Krydsets placering kan ses på figur 7.1.

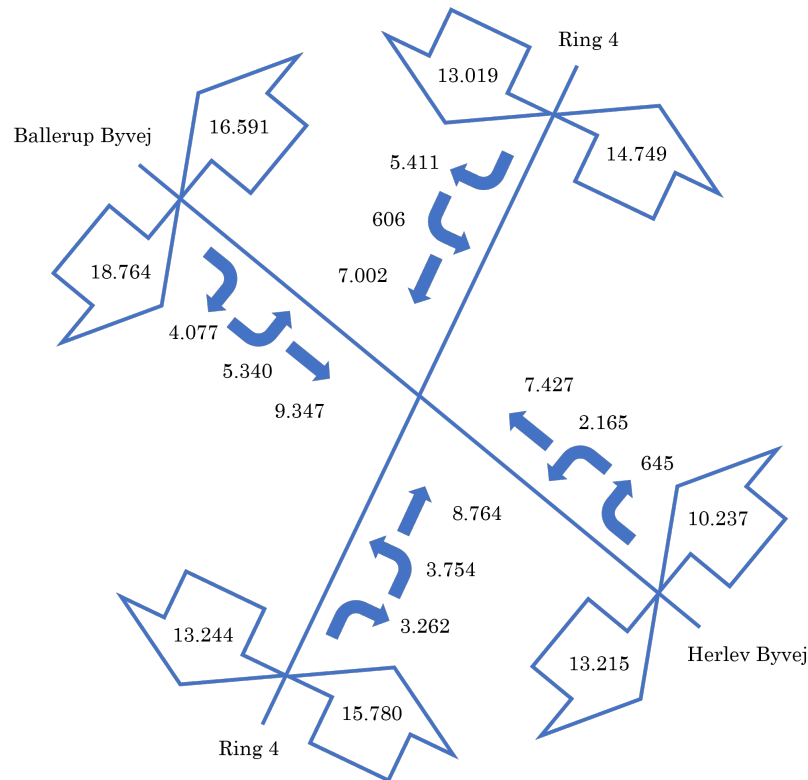


Figur 7.1: Placeringen af Chokoladekrydset.

Krydset er blandt de mest belastede i Danmark med en samlet hverdagsdøgns trafik summeret for alle strømme på næsten 58.000 motorkøretøjer i 2019, i henhold til en tælling foretaget af Vejdirektoratet. Dertil løber to supercykelstiruter, Frederikssundsruten og Ring 4-ruten gennem krydset. Frederikssundsruten løber i øst-vest-korridoren og ser ugehverdagsdøgns trafik



på 1.350 cyklister, mens Ring 4-ruten løber i nord-syd-korridoren og ser ugehverdagsdøgns trafik på 500 cyklister [Via Trafik, 2018b,a]. Der haves ikke på tilsvarende vis retningsfordeling af cykler samt antal og fordeling af fodgængere, hvorfor der i modellen foretages antagelser herom. Trafikmængder og -fordeling af trafiktællingerne er vist på figur 7.2.



Figur 7.2: Trafiktælling i Chokoladekrydset for dagen med mest belastning samlet set.

Krydset er trængselsbelastet i længere perioder af en hverdag med kølængder på op til 1,2 til 1,5 km i løbet af henholdsvis morgen- og eftermiddagsspidsperioden. Dette er observeret dels ved hjælp af det liveopdaterede TomTom MyDrive og observation på lokationen. Køer af denne længde giver opstuvning til nærliggende kryds og på motorvejen syd for krydset.

Der har fra 2012 til 2022 været 47 uheld i eller i umiddelbar nærhed af krydset, heriblandt to uheld, hvor cyklister mistede livet [Vejdirektoratet, 2022]. I evalueringsrapporter for hver af de to supercykelstiruter fremhæves krydset ligeledes som værende et af de punkter på den respektive rute, der opfattes som mindst komfortable for brugerne. Utrygheden omkring uheld og ukomfortabelt underlag kan være medvirkende til, at ruten bliver valgt fra, til trods for den kan være hurtigere eller kortere for nogle. Ved en ombygning til en DLT bør der derfor sikres trygge, sikre og komfortable forhold. Dette kan der dermed ske et trafikspring for cyklister og fodgængere. [Via Trafik, 2018b,a]

Den nuværende udformning af krydset og signalprogrammet findes i en vissim-model, udarbejdet i forbindelse med en opdatering af signalprogrammet i 2019, hvor der samtidig blev foretaget en trafiktælling. Tællingen er lavet på kvartersbasis fra 00:00 til 24:00 for et forskelligt antal dage, afhængig af retning. Trafiktællingen indeholder dog ikke en retningsfordeling for motorkøretøjer. Der haves i stedet en fordeling fra 2021 for alle strømme i krydset. Denne fordeling er ligeledes på kvartersbasis, men fra 06:00 til 24:00. Derfor anvendes data i dette tidsrum, og det er derfor

ikke muligt at undersøge afviklingen om natten. I vissim-modellen indgår samtidig cykel- og fodgængertrafik. Det er denne vissim-fil, trafiktælling og -fordeling, der sammenlignes med DLT-anlægget. I modellen anvendes et konstant antal på 35 cykler per time per retning for øst-vest-korridoren, 20 cyklister per time per retning for nord-syd-korridoren og 4 per time for fodgængere for alle krydsninger. Baggrunden for valget af disse tal er ikke kendt, men vurderes ikke at stemme overens med den talte trafik i evalueringerne af supercykelstierne [Via Trafik, 2018b,a]. Blandt andet derfor, og for at tage højde for et eventuelt trafikspring anvendes det dobbelte antal for både cyklister og men det samme antal fodgængere.

### 7.1.1 Afgrænsning

En forlængelse af Frederikssundmotorvejen er vedtaget og midlerne er sat af til det. Opdateringen af VVM-redegørelsen omkring de trafikale effekter fra 2018 afslører større påvirkninger på det omkringliggende vejnet mellem København og Frederikssund - herunder Chokoladekrydset. Mellem 3.600 til 5.100 færre køretøjer kommer til at køre på den øst-vestgående korridor gennem krydset, 3.000 færre biler på det sydlige ben og ingen eller minimal ændring ses for det nordlige. Dette giver et skift i antal og fordelingen i krydset, hvilket ændrer forudsætningerne for modelleringen af en DLT. [Vejdirektoratet, 2018]

Dertil er en forlængelsen af motorring 4 til Chokoladekrydset ligeledes en del af regeringens infrastrukturplan 2035. Herved nedlægges krydset mellem Ring 4 og Industriparken, samtidig med at ring 4 udvides til seks spor mod syd og til fire spor mod nord. Dette antages gjort i et forsøg på at forbedre afviklingen i Chokoladekrydset. Krydset mellem Ring 4 og Industriparken behandles ikke i denne rapport grundet forsimppling, og trafikken herfra indgår under input fra det sydlige ben af Ring 4. [Transportministeriet, 2021a]

## 7.2 Modellering

### 7.2.1 Trafikinput

Dagen med mest trafik i trafiktællingerne fra 2019 parret med fordelingerne fra 2021 anvendes som trafikinput i både den nuværende løsning og DLT-løsningen. Hverdagsdøgntrafikken ud fra 2019-tællingen og de anvendte trafiktal afviger ganske få procent - både i positiv og negativ retning, hvorfor de vurderes at kunne give retvisende resultater. Trafikinputtet for bløde trafikanter den nuværende model af Chokoladekrydset i vissim udgør 35 cyklister per time per retning i øst-vest-korridoren og 20 cyklister per time per retning i nord/syd korridoren for alle tidsintervaller. For enhver krydsning af fodgængerfelter anvendes en intensitet på 5 fodgængere per time per retning for alle tidsintervaller.

### 7.2.2 Scenarier

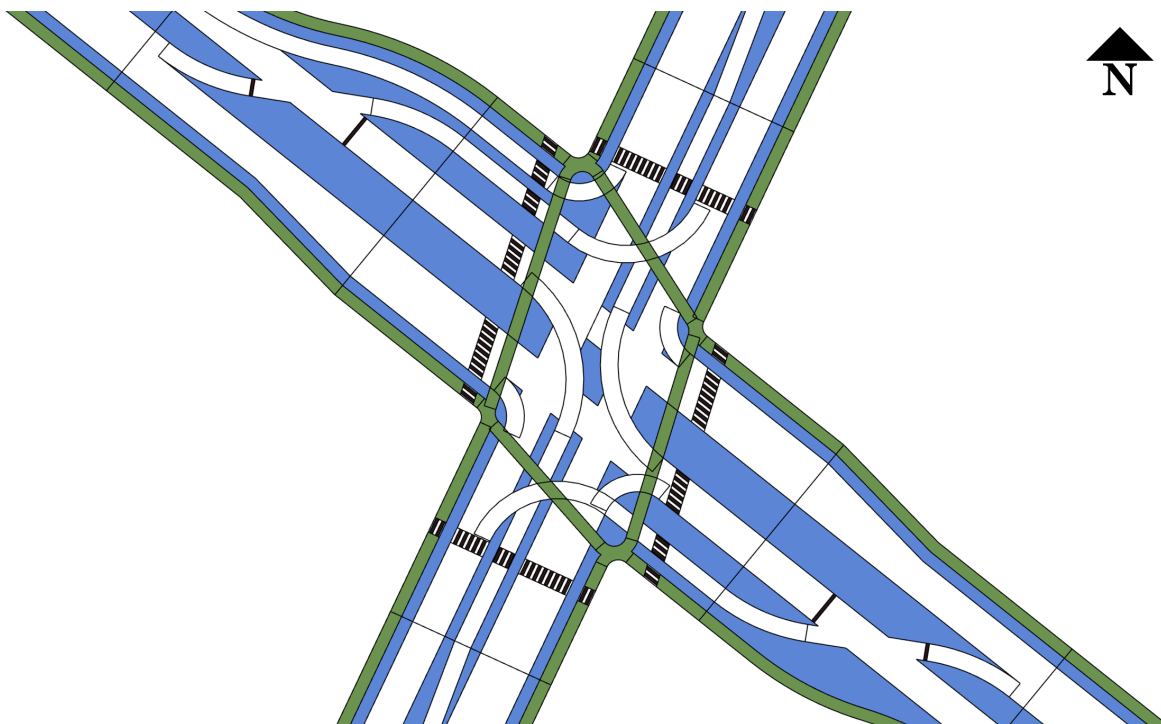
Grundet udfordringer med pua- og/eller vap-filer i forbindelse med simuleringen af krydset, er ingen scenarier for den praktisk DLT simuleret. Der er derfor heller ingen resultater at fortolke eller sammenligne med afviklingen i den nuværende udformning. I stedet beskrives de tiltænkte simulerede scenarier og dokumentation af processen omkring simuleringen af den praktiske DLT. I kapitel 8 er en samling af fejl beskrevet, som har præget simuleringsprocessen.

Den oprindelige idé med den praktiske DLT var at undersøge indvirkningen, som en varierende længde af DLT har på afviklingen, når trafikinputtet holdes konstant. Der skulle undersøges seks scenarier med længden af DLT, fra 100 til 200 meter med intervaller á 20 meter. Dette vælges dels ud fra inspiration fra tidligere projekter med variabel DLT samt en antagelse om, at afviklingen forbedres ved en længere DLT. Angående bløde trafikanter, var den oprindelige idé at modellere tre scenarier: 1) ingen cyklister eller fodgængere, 2) samme antal cyklister og fodgængere som i vissim-modellen for Chokoladekrydset, og 3) dobbelt antal cyklister og samme antal fodgængere som vissim-modellen for Chokoladekrydset. Dette giver dermed 18 forskellige scenarier for den praktiske DLT.

### 7.3 Praktisk DLT

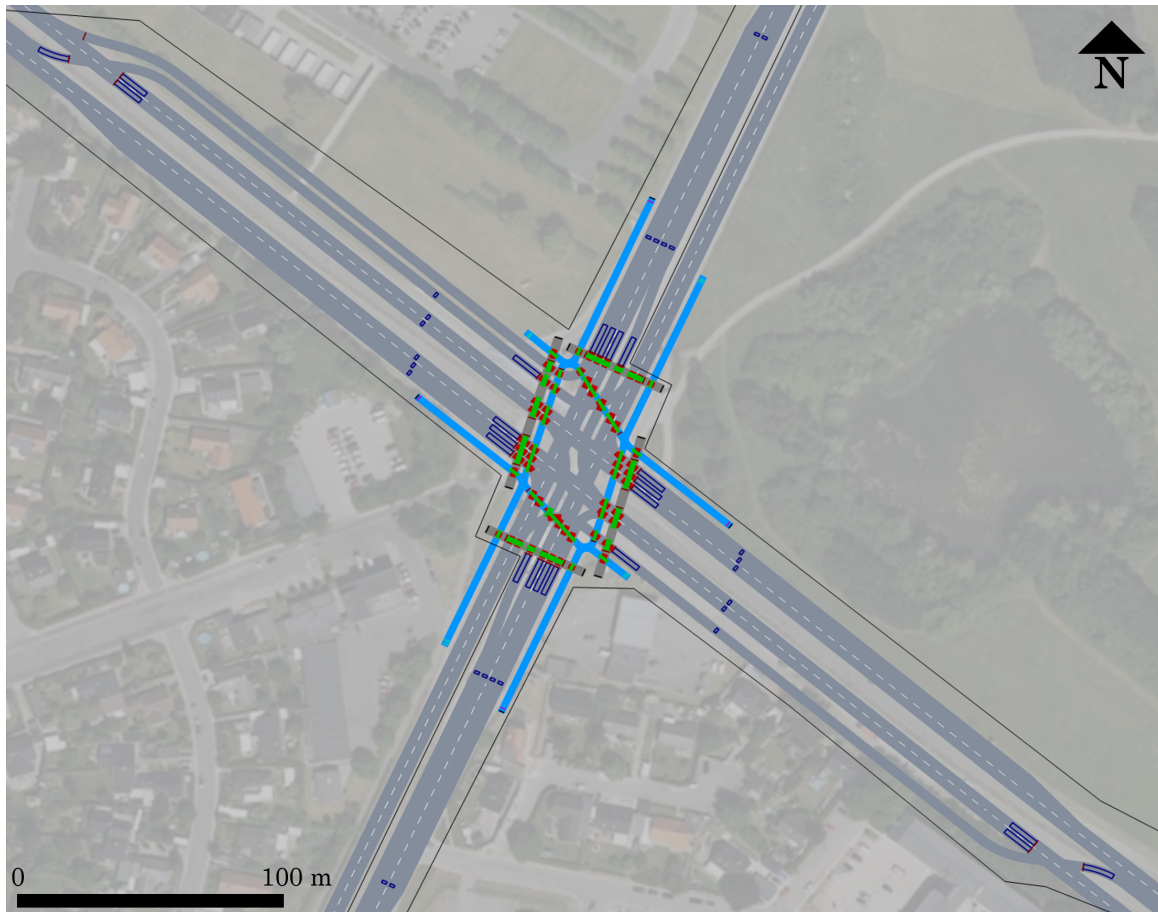
På baggrund af trafiktællingen og -fordelingen for Chokoladekrydset vurderes en DLT med førkryds på Herlev Byvej (øst) og Ballerup Byvej (vest) samt en RBL fra Ring 4 nord (nord) mod Ballerup Byvej (vest) at være passende. Der anvendes to ligeudkørende spor for hver retning, og ét svingspor for både højre- og venstresving. Færre spor anvendes, da geometrien tillader mere simultan afvikling, hvorfor flere spor antages som værende unødvendige.

Skabelonen for udformningen af den praktiske DLT starter med bestemmelse af vinklen, som de to veje krydser hinanden med. Herudfra tegnes geometrien efter samme principper som i de forrige modeller. Skabelonen fra SketchUp er vist på figur 7.3.



Figur 7.3: Skitsering af den geometriske udformning af den praktiske DLT.

På tilsvarende vis med de histidige modeller, bygges modellen i Vissim op om skabelonen. Den resulterende model er vist på figur 7.4.



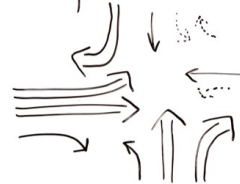
Figur 7.4: Udformning af modellen for den praktiske DLT.

Trafikintensitet for hver strøm varierer i ganske høj grad fra strøm til strøm, og er langt fra balancerede som i den teoretiske modellering - både med hensyn til antal og fordeling. Derfor startede processen omkring modellering af et signalanlæg for den praktiske DLT med at få et overblik over mængden i hver strøm, fordelingen og udving over døgnet. Der blev defineret et interval på to timer om morgenen og to timer om eftermiddagen med den højeste trafikintensitet for hele krydset. En visualisering af overblikket over fordeling af mængden af trafikanter i hver strøm for morgen og eftermiddag er vist på figur 7.5. Bemærk at to linjer med pilen symboliserer mere end 3.000 biler per time, enkelt linje med pil symboliserer mellem 1.500 og 2.999 biler per time, og en stiplet linje symboliserer mindre end 1.499 biler per time.

Herefter blev faser defineret, ud fra hvilke strømme der kunne/burde afvikles samtidig og vurdering af påkrævet grønttid sammenlignet med andre strømme. Dertil blev faserne tilpasset til at skabe mindst mulig spildtid i førkrydsene, og rækkefølgen på faserne blev defineret. Faserne blev lavet, så kun én pua- og vap-fil var nødvendig, for at undgå at lave en ny udgave for

Praktisk DLT

Morgenfordeling:

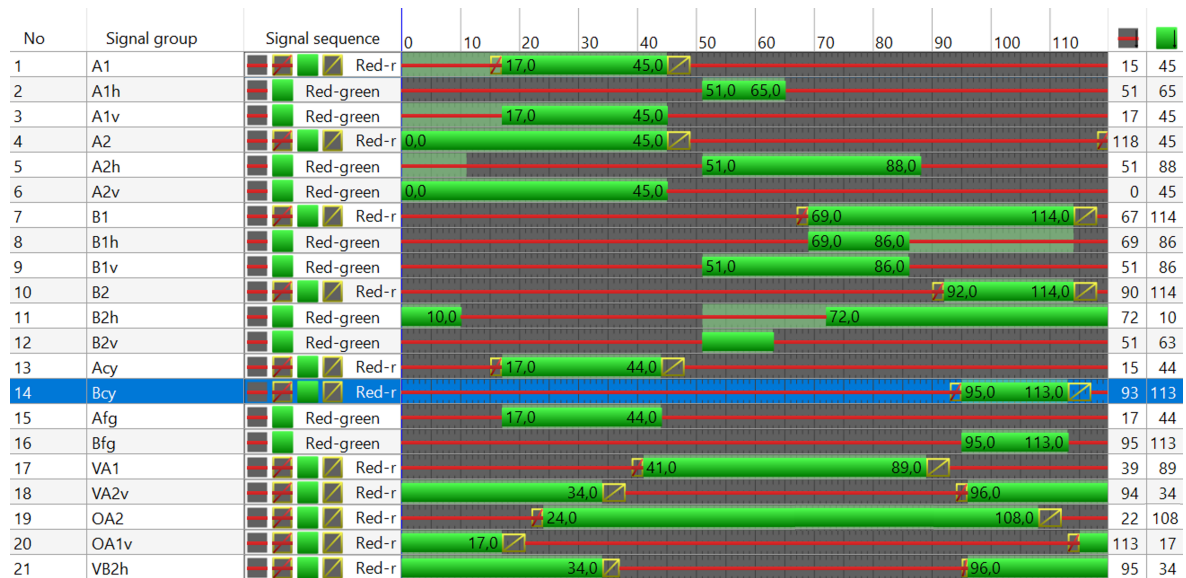


Eftermiddagsfordeling:



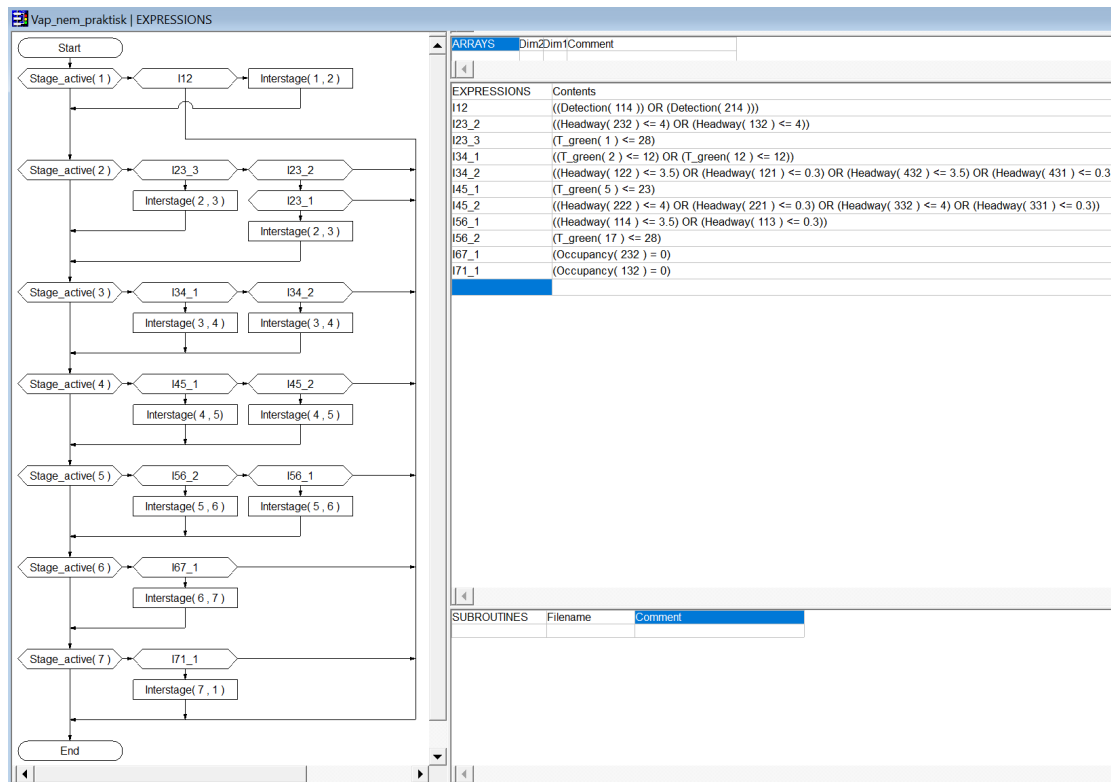
Figur 7.5: Visualisering af intensitet af strømme.

forskellige situationer af pua- og vap-filer, som med stor sandsynlighed vil have taget mere tid, end én samlet fil. Signalprogrammet genereret på baggrund visualiseringen af faser og rækkefølgen herfor fremgår af figur 7.6.



Figur 7.6: Signalprogram for den praktiske DLT.

Bemærk at der er skraverede områder for strømmene A1, A1h, A2h, B1h og B2h. Her kan grøntiden forlænges uden det konflikterer med andre strømme. Forlængelse af grøntiden, vil dog betyde, at ikke længere er teoretisk progression. Det nuværende signalprogram sikrer dermed et væsentligt lavere antal stop, selvom forsinkelsen muligvis øges eller i bedste fald forbliver konstant. Den tilsvarende vap-logik fremgår af figur 7.7.



Figur 7.7: Vap-logik for den praktiske DLT.

Herefter blev pua- og vap-filerne defineret, og der blev opnået kommunikation mellem de to. Efterfølgende blev vap-logikken tilpasset med korrekte maksimale grøntider for hver strøm, men under denne proces er der sket fejl, som har medført, det ikke er muligt at genskabe kommunikationen mellem de to filer. Der har ydermere ikke været tidsmæssige ressourcer til at fejlfinde og løse problemet. Det har derfor beklageligvist ikke været muligt at simulere scenarierne for den praktiske DLT og siddestille dette med den nuværende udformning af Chokoladekrydset. En diskussion af forventede resultater i tilfælde af simulering var mulig fremgår i kapitel 10. En oversigt over udfordringerne i forbindelse med simulering er beskrevet i 8.

## 7.4 Nuværende udformning

I det der ikke kan simuleres for den praktiske DLT, kan der ikke sammenlignes med den nuværende udformning. Den nuværende udformning simuleres dog alligevel for at undersøge, hvorvidt den simulerede kølængde når i nærheden af observerede. I modellen er der defineret 28 forskellige scenarier, men der simuleres to scenarier; basis for morgentrafikken og basis for eftermiddagen. Resultatet af disse simuleringer viser, at den maksimale kølængde ud af 10 repetitioner ikke kommer over en kølængde på 516 meter og den højeste gennemsnitlige kølængde per køretøj er 476 meter. Med 26 scenarier tilbage, kan det ikke udelukkes, at andre scenarier ser kølængder to eller tre gange så lange, men de to undersøgte, er noget fra de observerede. Dertil er der en tydeligt skæv fordeling af kølængde, hvorfor nogle få strømme står for langt hovedparten af køen, og andre strømme ser minimale kølængder. Dette stemmer ikke umiddelbart overens med de observerede kølængder fra krydset.

Den overvejende sandsynlighed for underestimering af kølængden og for hvilke strømme kølængden gælder, ville have gjort, at det ikke ville have været en fair sammenligning, i tilfælde af den praktiske DLT kunne simuleres.

## 8 | Simuleringsudfordringer

---

I dette afsnit præsenteres de fejl, der er sket under processen med etablering af trafikstyrede signaler for alle typer udformning og som har resulteret i, det ikke har været muligt at simulere alle modeller. Dette tæller også fejl mødt helt i starten af modelleringen, hvor kendskabet og erfaringen med de anvendte programmer og vissim i sig selv var begrænset. Sidenhen er der gennem omfattende problemløsning og professionel hjælp fra rådgiveren Christian Stavnsbjerg, der har udarbejdet den nuværende model og vap-logik for Chokoladekrydset, opnået nogen viden omkring hvordan signalstyringen fungerer i Vissim, VISSIG og VISVAP.

For nogle fejl beskrives løsningsmuligheder, mens der for andre fejl ikke er fundet en løsning. Udfordringerne med signalstyring har gjort, at kun den teoretiske DLT er blevet simuleret, og data er udtrækket og fortolket på. I kapitel XX beskrives de forventede resultater, i tilfælde af alle modeller blev simuleret, og resultaterne fortolket på og sammenlignes med de respektive modeller. Indeværende kapitel er delt i to dele, alt efter hvor fejlen opstår 1) Vissig og vissig-relaterede fejl, 2) VisVap og kommunikation mellem pua- og vap-filer samt dll-controlleren.

### 8.1 VISSIG

En del af fejlene der gennemgås i dette afsnit, er afledt af mindre optimal brug af VISSIG eller Vissim i sig selv eller manglende forståelse på nogle punkter. Gennem omfattende problemløsning, er der fundet en løsning på de fleste, hvis ikke alle problemer. Både problemer og løsninger gennemgås i det følgende.

#### **Intergreen matrice**

En af de første fejl, der blev mødt i VISSIG var fejlagtig udfyldning af intergreen matrice, således intet eller kun fejlbehæftede signalprogrammer og interstages kunne genereres. Fejlen bestod i udfyldning af alle felter i intergreen matricen, enten med en reel mellemtid eller et 0. En mellemtid på 0 tolkes stadig som en mellemtid, hvorfor der ikke kan laves en signal program uden fejl.

#### **Signalprogramnummer**

En anden tidlig fejl var nummeringen af signalprogrammer i forbindelse med læsning af et tidsstyret signal. I tilfælde af genereringen af flere signalprogrammer og efterfølgende sletning af de gamle, bibeholdes det oprindelige nummer for signalanlægget. Når det tidsstyrede signal skal køres, og det krævede signalprogram ikke stemmer overens signal nummeret på signalprogrammet i VISSIG kan simuleringen ikke køres.



### Brug af non-standard tegn

Æ, ø, å og andre særlige tegn som del af navne på signal groups kan forårsage fejl, når disse er defineret i dele af VISSIG eller i attributes-vinduet for signal controllere. Dette genereres der ingen fejlmeddelelse for, at antyder hvad fejlen er. Som følge af fejlen skal navnet på de respektive signal groups, ændres både i attribute-vinduet og i pua-filen. Det gælder ligeledes, signal groups ikke ændrer sig i VISSIG, når disse ændres i signal controller attribute-vinduet, og når pua-filen efterfølgende indlæses, gemmes den nye navngivning ej heller som attribute, hvilket ligeledes kan give fejl, som ikke genererer en brugbar fejlmeddelelse.

## 8.2 VISVAP

I dette afsnit beskrive mindre åbenlyse fejl, som ikke fremgår ved tjek af vap-logikken, og som dermed ikke er nem at gennemskue uden en fejlmeddelelse, der lokaliserer problemet.

### Manglende parentes

For at dll-controlleren kan læse vap-filen er det kritisk, at der er parenteser om alle udtryk der indeholder matematiske og booleanske operatorer. Derved kan betingelsen forstås, da det en isoleret og defineret enhed. En manglende parentes bemærkes ikke som en fejl ved tjek af flow og generering af vap-filen, samtidig med, at fejlmeddelelsen ikke i alle tilfælde antyder, at dette er fejlen og hvor den skal findes.

### Run-time-error

I flere tilfælde oplevedes 'run-time-error'. Dette kan opstå ved forkert definition af conditions som konflikterer med en anden condition, og dermed afslutter simuleringen når ruten i VISVAP når uoverensstemmelsen. Det er derfor muligt at køre simuleringen, indtil denne fejl indtræffer. Det er dermed rimeligt ligetil at finde fejlen, da det er kendt ved hvilken faser, fejlen sker.

### Samordning

Flere forskellige metoder blev testet for at skabe samordning mellem førkryds og hovedkryds. En af disse metoder brugen af funktionerne 'put\_marker( x , y )' og tilsvarende 'get\_marker( x , z )'. Den første funktion udsender et signal til den anden funktion gennem en defineret kommunikationskanal mellem de respektive signal controllere. Når 'put\_marker( x , y )' er aktiv, er der samordning med krydset, hvori 'get\_marker( x , z )' indgår som en del af vap-logikken. Begge funktioner kan tændes og slukkes, hvormed der kan tændes og slukkes for samordningen. Det har ikke været muligt at få samordning ved hjælp af denne funktion til at virke, trods funktionens ellers simple natur.

### Skift af signalstyringstype

Blandt de sværeste fejl at løse, var fejl opstået i forbindelse med skift af signalstyringen. Efter nogen erfaring med VISSIG og VISVAP blev opnået, kunne pua- og vap-filer defineres relativt nemt. Der opstod dog stadig fejl, som ikke genererede en brugbar fejlmeddelelse. Der blev brugt en signal controller til definitionen af pua-filen. Efterfølgende blev signal heads og detektorer relateret til denne controller, og simuleringen kunne køres. Efterfølgende skulle

en vap-logik defineres. Efter tjek og problemløsning af denne, blev signal controller-typen skiftet fra tidsstyret til trafikstyret, fra Fixed Time til VAP. Herefter kunne pua-filen og vap-filen indlæses, så controlleren var trafikstyret i stedet og signal heads og detektorer fortsat var forbundet med den rigtige controller. Når simuleringen blev forsøgt kørt med det nye trafikstyrede signal, meldes om fejl, og en fejlmeddelelse blev genereret. Denne fejlmeddelelse var ganske intetsigende, hvorfor fejlen ikke kunne findes, og både pua-filen og vap-filen var korrekte. Dertil blev fejlmeddelelsen gemt i et directory, der ikke kunne tilgås, medmindre vinduet omkring import af sig-filer i VISSIG blev åbnet, og mappen med fejlmeddelelser blev flyttet over i et andet directory. Denne fejlmeddelelse antydede dog heller ikke problemet. Under et møde med Christian Stavnsbjerg omkring problemløsning, fremhævede han skiftet af signalstyringstype som problemet. Hvis der genereres to signal controllers i stedet, én tidsstyret og en trafikstyret, kan pua-filen udarbejdes gennem VISSIG for den tidsstyrede, og indlæses i den trafikstyrede controller. I denne forbindelse skal relationen mellem controller og signal heads og detektorer dog manuelt flyttes fra den ene controller til den anden.

### **To signal controllere**

Som følge af skiftet for signal heads og detektorer til en ny controller jævnfør fejlen ovenfor, kan der dels stadig meldes om fejl og processen kan gentages. Ellers er det muligt at køre en simulering, men da der er to signal controllere aktive, og signal heads og detektorer har været forbundet til den tidsstyrede controller, kører begge signalstyringssystemer samtidig, indtil det tidsstyrede tager over. En mulig løsning på dette er at slette den tidsstyrede signal controller, hvorfor der kun er den trafikstyrede signal controller tilbage. Samtidig er der dog ingen mulighed for at rette pua-filen i VISSIG, da denne ikke længere kan tilgås, da simuleringen ikke kan køres, hvis den trafikstyrede controller skiftes til tidsstyret igen.

# IV

## Del IV - Afrunding

|                   |                                    |           |
|-------------------|------------------------------------|-----------|
| <b>Kapitel 9</b>  | <b>Anbefalinger til udformning</b> | <b>46</b> |
| 9.1               | Resultater af spørgeskema          |           |
| <b>Kapitel 10</b> | <b>Diskussion</b>                  | <b>70</b> |
| <b>Kapitel 11</b> | <b>Konklusion</b>                  | <b>72</b> |
| <b>Kapitel 12</b> | <b>Perspektivering</b>             | <b>73</b> |

## 9 |   Anbefalinger til udformning

---

I dette kapitel præsenteres anbefalinger til fortsættelse af dette projekt, hvad angår hensyn i forbindelse med projektering af et anlæg samt yderligere undersøgelser af krydset som helhed. Der præsenteres blandt andet resultaterne af en spørgeskemaundersøgelse, hvorudfra nyttige erfaringer i det videre arbejde med denne type kryds præsenteres.

### 9.1 Resultater af spørgeskema

Et spørgeskema med fokus på den oplevede tryghed ved kørsel igennem krydset samt vurderingen af betydning af forskellige typer vejudstyr er blevet udarbejdet. Formålet med dette har været at identificere konkrete steder, hvor udformningen af krydset kan forbedres. Dette gælder ligeledes hvor der skal tages hensyn til bestemte befolkningsgrupper, der kan være særligt utrygge, ukomfortable og usikre ved kørsel gennem krydset. Metoder, fremgangsmåde og spørgeskemaet som præsenteret for respondenterne er at finde i bilag B. I det følgende præsenteres resultaterne af spørgeskemaet.

Resultaterne består af fem dele:

- **Deskriptiv statistik:** Overblik over datasættet og respondenterne
- **Bortfaldsanalyse:** Hvem falder fra og hvornår samt repræsentativitet af stikprøven
- **Utryghedsanalyse:** Klyngeanalyse omkring hvem der føler sig særligt utrygge i krydset
- **Klyngeanalyse:** Gruppering af respondenter baseret på score af betydning af vejudstyr
- **Kommentaranalyse:** Analyse af brugbare kommentarer som inspiration til forbedringer

De 600 unikke besvarelser anvendes alle i mindst i én af de fem ovenstående analyser. Fordelingen af besvarelser er vist nedenfor

|     |  |
|-----|--|
| 489 | Respondenter har besvaret alle spørgsmål                                       |
| 89  | Respondenter har besvaret nogle spørgsmål, herunder respondenter uden kørekort |
| 22  | Respondenter har åbnet spørgeskemaet, men ikke besvaret et eneste spørgsmål    |

I den deskriptive statistik, utryghedsanalysen og klyngeanalysen anvendes de 489 respondenter, hvor alle spørgsmål er besvaret. I bortfaldsanalysen anvendes de 89 respondenter, der faldt fra i løbet af spørgeskemaet og de 22 som ikke svarede på spørgsmål, men udelukkende åbnede spørgeskemaet. Til kommentaranalysen anvendes 80 kommentarer fra de 489 respondenter.

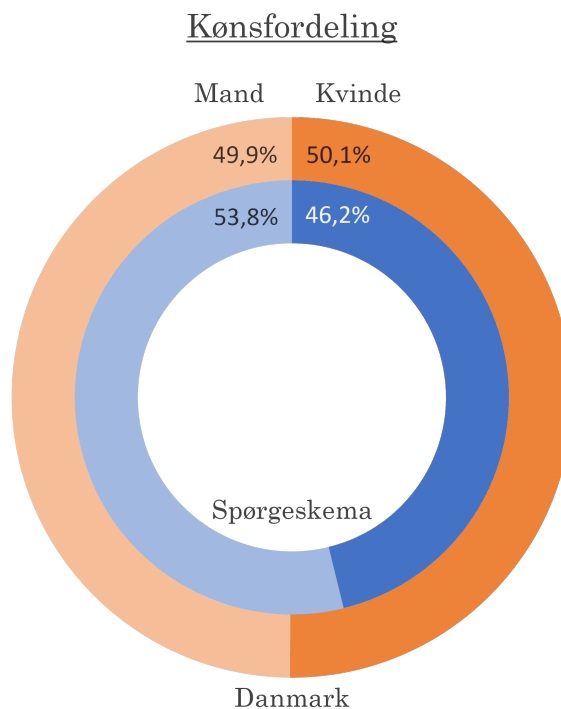
#### 9.1.1 Deskriptiv statistik

I denne del belyses resultaterne af de forklarende variable til at skabe overblik over respondenterne. Dertil belyses svarene for de fire situationer hver for sig, uden relation til de forklarende variable, for ligeledes at give overblik over den generelle manøvreforståelse og hvilken type vejudstyr, respondenterne anvender mest til deres besvarelser.

### Forklarende variable

Den første forklarende variabel er '**Køn**'. Her inkluderes svarmulighederne 'Mand' (260 besvarelser) og 'Kvinde' (223 besvarelser), mens svarmuligheden 'Ønsker ikke at angive' (6 besvarelser) ekskluderes for nu. Respondenternes kønsfordeling i spørgeskemaet sammenlignes med danskere i samme aldersgruppe som i spørgeskemaet (18 til 81 år) for at undersøge repræsentativiteten. Kønsfordelingerne er vist på figur 9.1, hvor spørgeskemaet er inderste ring, Danmark er yderst og 'Mand' er til venstre, mens 'Kvinde' er til højre.

Figur 9.1 viser, at undersøgelsen har en overvægt af mænd, mens kønsfordelingen i hele landet har en mindre overvægt af kvinder. En  $\chi^2$ -test udføres for at teste efter lighed (H1) eller forskel (H0) i kønsfordelingen mellem stikprøven og hele Danmark. Resultatet heraf er vist på tabel 9.1.



Figur 9.1: Kønsfordeling.

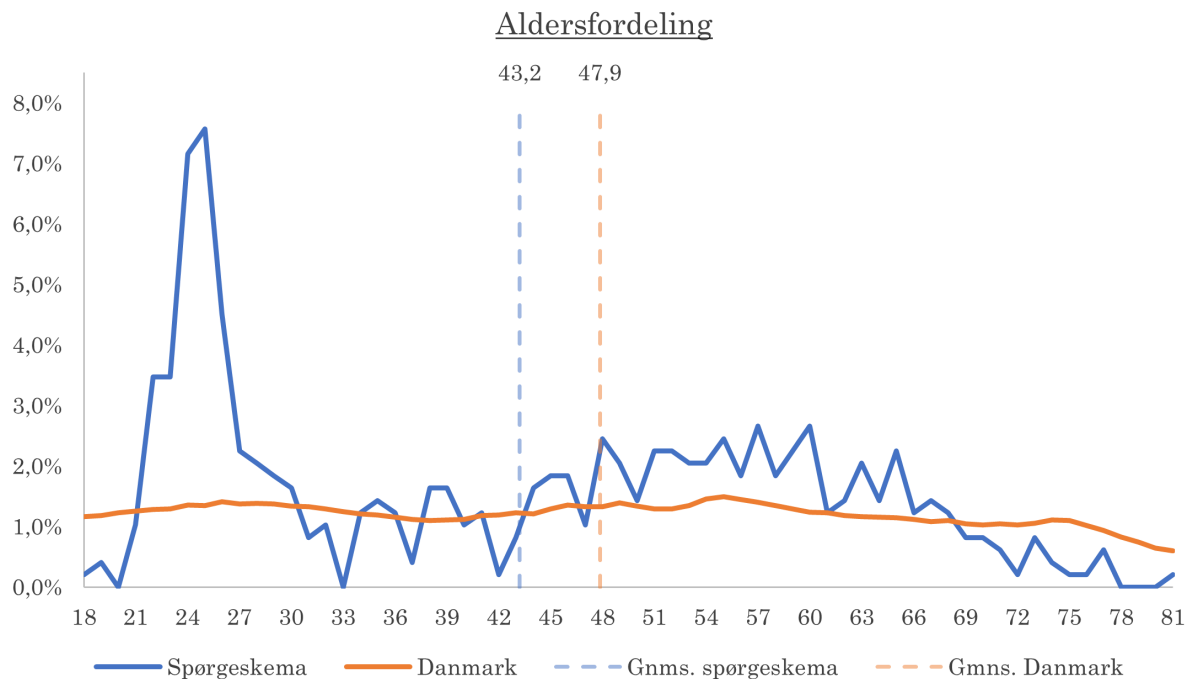
Tabel 9.1:  $\chi^2$ -test for kønsfordeling.

|        | Spørgeskema |           | Danmark   |           | $\chi^2$ -test |           |                |
|--------|-------------|-----------|-----------|-----------|----------------|-----------|----------------|
|        | Antal       | Fordeling | Antal     | Fordeling | Observeret     | Forventet | $\chi$ -bidrag |
| Mand   | 260         | 53,8%     | 2.243.877 | 49,9%     | 260            | 241       | 1,51           |
| Kvinde | 223         | 46,2%     | 2.254.134 | 50,1%     | 223            | 242       | 1,50           |
| Sum    | 483         | 100,0%    | 4.498.011 | 100,0%    | 483            | 483       | 3,01           |

Frihedsgrader: 1  
P-værdi: 0,08

Med  $p = 0,08 > 0,05$  accepteres H1 om lighed lige akkurat. Stikprøven er derfor repræsentativ for hele landet ud fra køn. En lidt større stikprøve med den samme fordeling ville dog muligvis ikke være repræsentativ.

Den anden forklarende variabel er '**Alder**'. Her inkluderes alderstrin mellem 18 og 81, som er grænserne for respondenterne i spørgeskemaet. Der sammenlignes med aldersfordelingen i dette aldersinterval med hele Danmark, for at undersøge repræsentativiteten. Der haves ikke aldersfordeling for personer med kørekort alene i Danmark, hvorfor fordelingen gælder både dem med og uden kørekort. Aldersfordelinger og gennemsnit er vist på figur 9.2.



Figur 9.2: Aldersfordeling for respondenterne og hele Danmark til sammenligning.

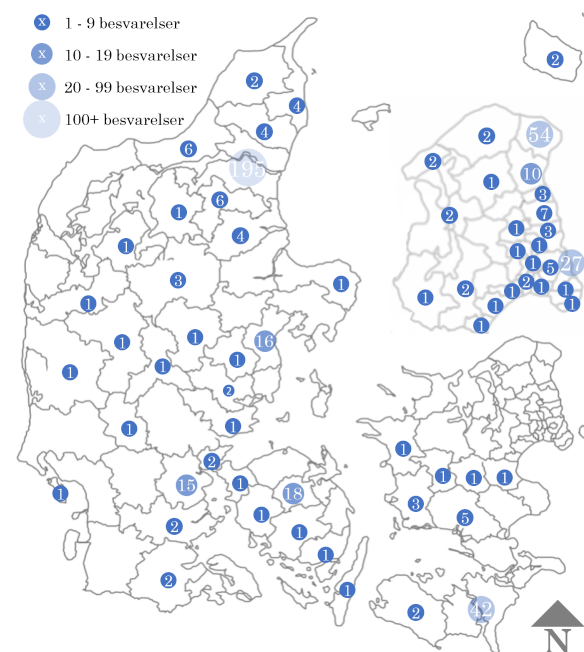
Figur 9.2 viser markante afvigelser mellem respondenternes aldersfordeling i spørgeskemaet og Danmarks. Dette er især mellem 21 og 27 år. Herefter er der en kraftig overrepræsentation i spørgeskemaet, hvor aldersfordelingen både er over og under niveauet for hele landet for de øvrige aldersgrupper. Hvert alderstrin undersøges for lighed (H1) og forskel (H0) ved en  $\chi^2$ -test. Resultatet af testen er vist på tabel 9.2.

Tabel 9.2:  $\chi^2$ -test for alder mellem respondenter i spørgeskemaet og Danmark.

| Alderstrin | Spørgeskema |           | Danmark   |           | $\chi^2$ -test |           |                |
|------------|-------------|-----------|-----------|-----------|----------------|-----------|----------------|
|            | Antal       | Fordeling | Antal     | Fordeling | Observeret     | Forventet | $\chi$ -bidrag |
| 18 - 27    | 147         | 30,1%     | 757.417   | 16,8      | 147            | 82,3      | 50,8           |
| 28 - 37    | 57          | 11,7%     | 740.466   | 16,5%     | 57             | 80,5      | 6,9            |
| 38 - 47    | 63          | 12,9%     | 710.149   | 15,8%     | 63             | 77,2      | 2,6            |
| 48 - 57    | 105         | 21,5%     | 809.629   | 18,0%     | 105            | 88,0      | 3,3            |
| 58 - 67    | 87          | 17,8%     | 701.570   | 15,6%     | 87             | 76,3      | 1,5            |
| 68+        | 30          | 6,1%      | 778.780   | 17,3%     | 30             | 84,7      | 35,3           |
| Sum        | 489         | 100%      | 4.498.011 | 100%      | 489            | 489       | 100,3          |

Frihedsgrader: 5  
P-værdi:  $\approx 0,0$

Som forventet ud fra figur 9.2 accepteres H1 om forskellighed, da p-værdi  $\approx 0,00 < 0,05$ .



Figur 9.3: Respondenter ud fra bopælskommune.

Den fjerde forklarende variable er **'Tid med kørekort'**. Her indgår 506 respondenter, hvoraf 489 har kørekort og har gennemført hele spørgeskemaet og 17 som ikke har kørekort, og på den baggrund er frasorteret. Fordelingerne af svar på dette spørgsmål fremgår af figur 9.4.

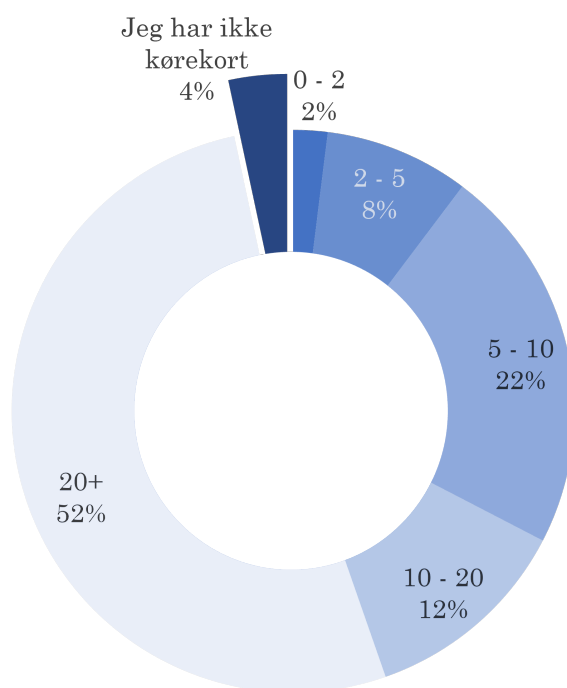
Over halvdelen af respondenterne har haft kørekort i over 20 år. Dette kan skyldes antallet af midaldrende og ældre personer i undersøgelsen. Den næstestørste gruppe er 5-10 år, hvilket formodes primært at være unge. De øvrige grupper er mindre, men stemmer nogenlunde overens med aldersfordelingen i spørgeskemaet. Dette kunne tyde på, at respondenterne generelt set har taget kørekort, så snart det er blevet muligt fra 17- eller 18 års alderen. Dette bakkes op af, at kun 2% har svaret 0-2 år, hvilket ligeledes er ensstemmende med få helt unge respondenter.

Antal frasorterede svar er relativt lille. Dette kan skyldes, at hovedsageligt personer med kørekort er interesseret i at svare på spørgeskemaet. En anden årsag kunne være den geografiske udstrækning af spørgeskemaet; hvor færre i de store byer har kørekort. Sidst kan det skyldes overvægten af unge, hvor en mindre andel har kørekort end gennemsnittet.

Den tredje forklarende variabel er **'Bopælskommune'**. Her indgår 489 respondenter. Fordelingen af respondenter ud fra kommuner er vist på figur 9.3.

Som forventet blev langt det fleste svar opnået i Aalborg, hvilket øjensynligt skyldes de valgte kanaler til distribueringen af spørgeskemaet. Derudover er en væsentlig del af respondenterne fra Helsingør, Guldborgsund, København, Odense og Kolding kommuner, som forfatterne hver især har en relation til. Dette til trods dækker respondenternes bopælskommuner generelt bredt landet over, med 59 ud af 98 kommuner repræsenteret, svarende til over 60%. Indvirkningen på spørgeskemaets resultater som følge af den skæve fordeling af bopælskommune diskuteres i afsnit B.4.

#### Tid med kørekort (år)

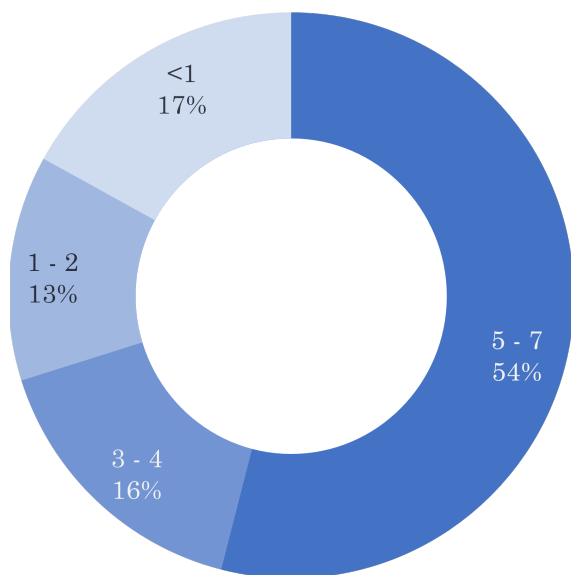


Figur 9.4: Fordeling af tid med kørekort.

Den femte forklarende variable er '**By-/landkørsel**'. Resultaterne heraf er vist i figur 9.5. Figur 9.5 viser, at en overvægt af respondenterne mest kører 'I byen', mens cirka halvt så mange mest kører 'På landet'. En ikke uvæsentlig del af respondenterne har svaret 'Ved ikke', hvilket forventes med opdelingen med kun to andre valgmuligheder. Respondenter, der har svaret 'Ved ikke' inkluderes fortsat i behandlingen af svar. Grunden til det store antal 'ved ikke'-besvarelser kan der være en diffus fortolkning af, hvad 'land' og 'by' opfattes som for den enkelte respondent. Betydningen af dette, såvel som en mulig forbedring til spørgsmålet diskuteres i afsnit B.4.

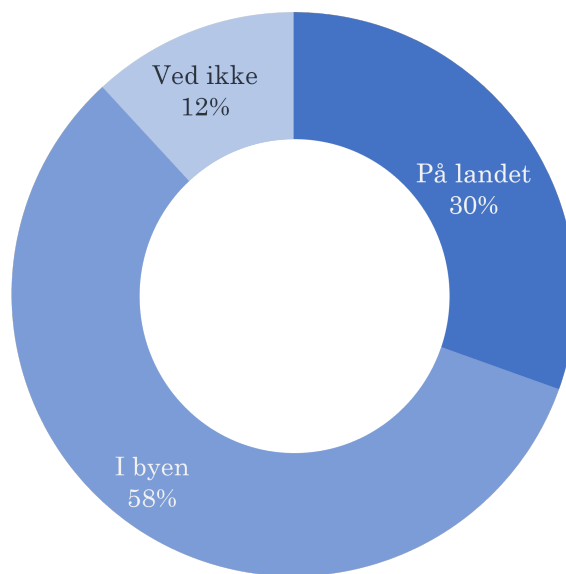
Den sjette og syvende forklarende variabel omhandler '**Køreerfaring**' delt på to parametre: Førerhyppighed og kørselsbehov. Resultatet heraf fremgår af figur 9.6 og 9.7.

#### Kørselshyppighed (dage per uge)



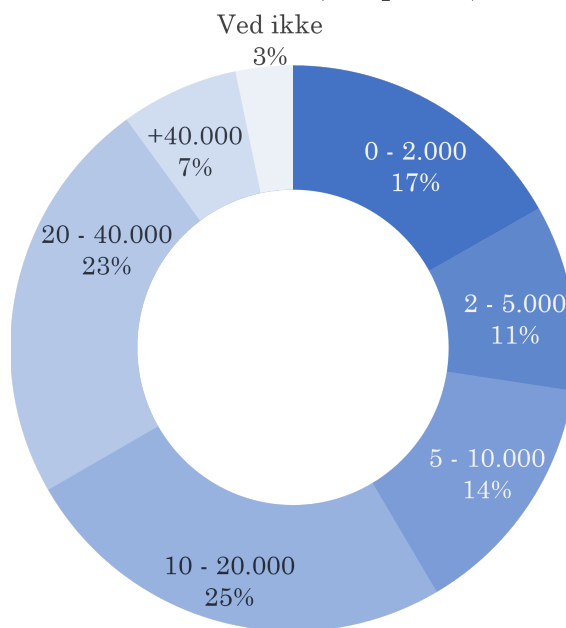
Figur 9.6: Resultat af kørselshyppighed.

#### By-/landkørsel



Figur 9.5: Resultat af by/landkørsel

#### Kørselsbehov (km per år)



Figur 9.7: Resultat af kørselsbehov.

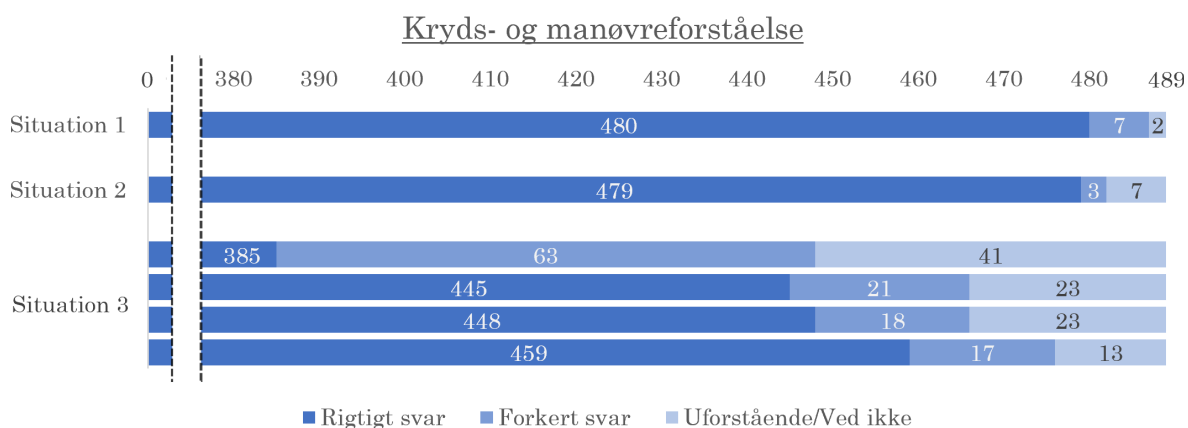
Figur 9.6 viser, at over halvdelen kører bil 5-7 dage om ugen. Samtidig er de øvrige kategorier jævnt fordelte, hvor '<1 dag om ugen' er næststørste kategori. Dette kan skyldes antallet af unge, som har kørekort, men i mindre grad har bil eller kører ofte. Et mere repræsentativt udsnit af befolkning ud fra alder, ville sandsynligvis resultere i færre respondenter i denne kategori.



Figur 9.7 viser et variende kørselsbehov for respondenterne, hvor 10 - 20.000 km og 20 - 40.000 km er de største intervaller med omkring halvdelen af alle besvarelser. En overvejende lille del svarer 'Ved ikke'. Dertil er '0 - 2.000 km' tredjestørste kategori, hvilket bekræfter antagelsen om en overvægt af unge respondenter i undersøgelsen.

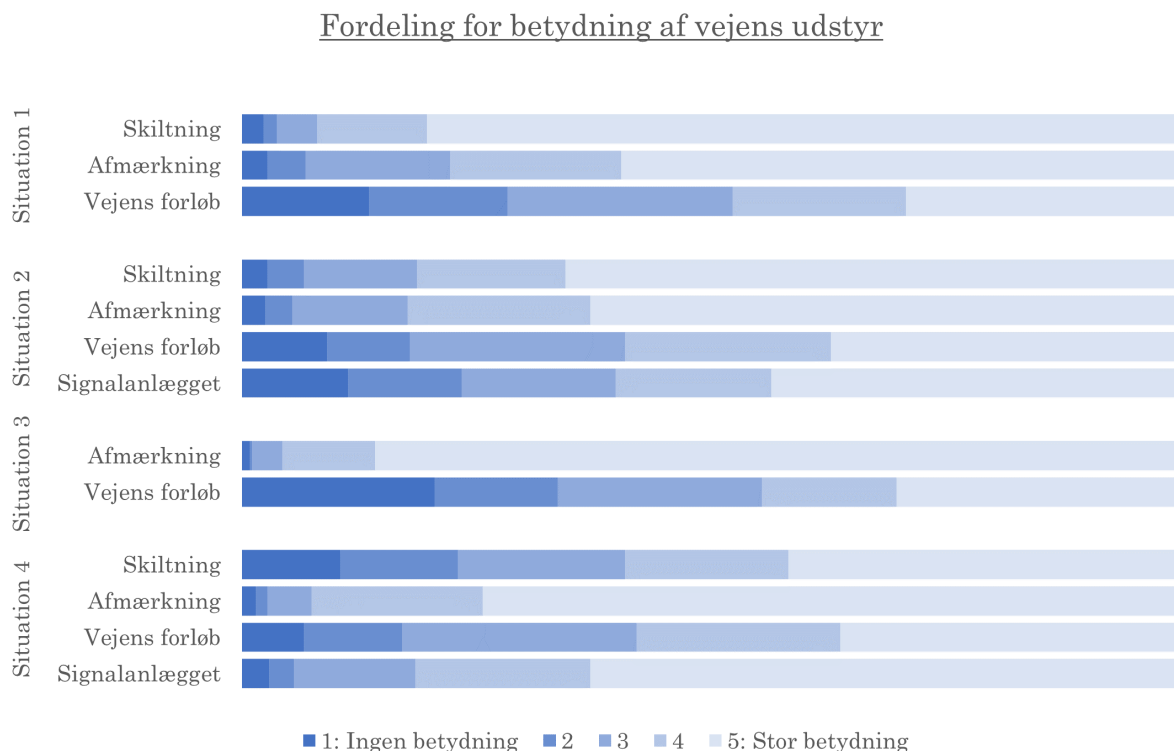
### Manøvreforståelse og betydning af vejudstyr

Til at belyse respondenternes kryds- og manøvreforståelse i situation 1, 2 og 3, samt deres vurdering af betydningen af de enkelte typer vejudstyr for deres valg i hver situation, opstilles figur 9.8 og 9.9. Et 'forkert' svar udgøres af valget af en forkert manøvre, mens rigtigt svar udgøres af valget af den tiltænkte manøvre i situationen.



Figur 9.8: Resultat af kryds- og manøvreforståelse for situation 1, 2 og 3.

Figur 9.8 viser 'enden' af fordelingen for korrekt, forkerte og uforstående svar hvad angår kryds- og manøvreforståelse. Generelt er der høj forståelse på ikke under 78,7%. Dette er ved det første spørgsmål i situation 3, som omhandler hvorvidt der skal være trafik på begge sider. Det er ligeledes i dette spørgsmål, der opnås det største antal uforstående/ved ikke-svar med omkring 8,3%. Dette er en ikke uvæsentlig andel, hvorfor der kan og bør arbejdes med dette og situation 3 generelt, for at komme på niveau med resultaterne for situation 1 og 2, hvor forståelsen er langt højere.



Figur 9.9: Fordeling af score for betydning af vejudstyr for situation 1 til 4.

Figur 9.9 viser generelt set flest besvarelser med scoren '5: stor betydning'. Dog er det tydeligt, at der for 'vejens forløb' - ved alle situationer - er mere blandede besvarelser. Dette er til dels også tilfældet ved 'signalanlægget', som dog kun optræder i situation 2 og 4. Besvarelsen '5: stor betydning' er valgt af over halvdelen for 'Afmærkning' i alle situationer. Dette er også gældende for 'Skiltning' på nær i situation 4, hvor det dog er tæt på. Dette indikerer, at disse to hjælpemidler er mest i fokus, når respondenterne befærder sig gennem krydset.

At 'vejens forløb' ikke spiller en større rolle kan være et problem i dårligt vejr eller om natten. Her kan afmærkning og skilte være mindre tydelige end i dagslys, og det kan dermed være sværere at manøvrere gennem og forstå krydset.

Generelt virker det til at alle situationer er nogenlunde lige forståelige. Dette undersøges nærmere ved at beregne gennemsnit (gnms.) og konfidensintervaller (KI) for resultaterne fra figur 9.9. Disse resultater er vist på tabel 9.3.

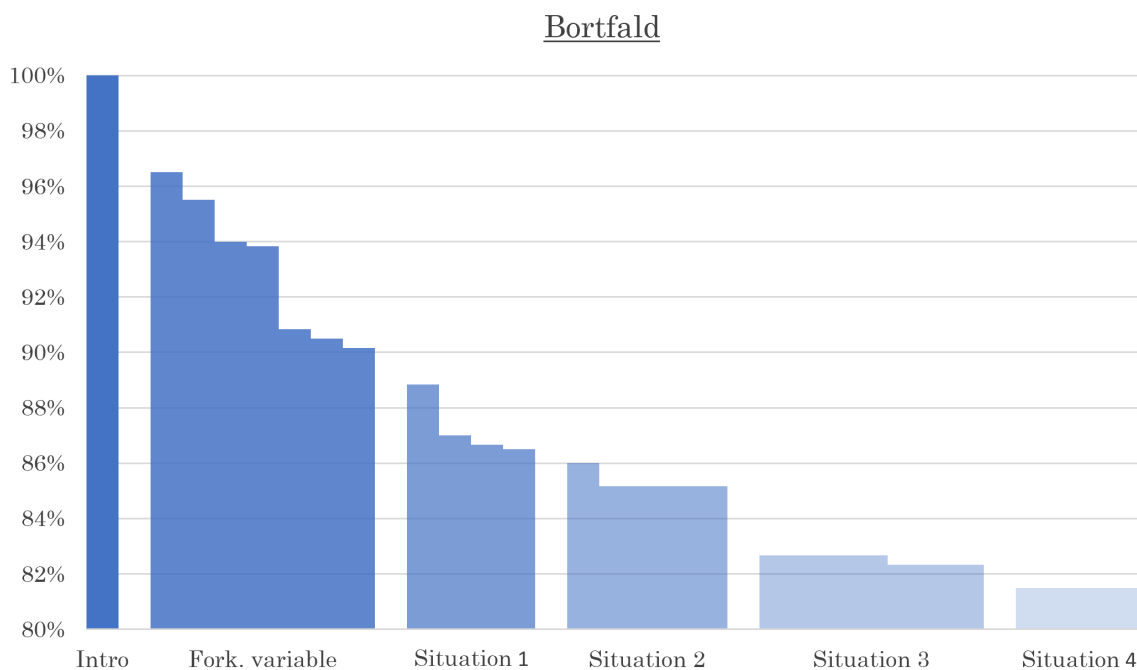
Tabel 9.3: Statistik over score af betydning af vejudstyr for hver situation og vejudstyrstype.

|             | Skiltning |        | Afmærkning |        | Vejens forløb |        | Signalanlægget |        | Gnms. |
|-------------|-----------|--------|------------|--------|---------------|--------|----------------|--------|-------|
|             | Gnms.     | KI.    | Gnms.      | KI.    | Gnms.         | KI.    | Gnms.          | KI.    |       |
| Situation 1 | 4,66      | ± 0,07 | 4,28       | ± 0,09 | 3,36          | ± 0,12 |                |        | 4,10  |
| Situation 2 | 4,38      | ± 0,09 | 4,38       | ± 0,09 | 3,70          | ± 0,12 | 3,70           | ± 0,13 | 4,04  |
| Situation 3 |           |        | 4,80       | ± 0,05 | 3,21          | ± 0,13 |                |        | 4,01  |
| Situation 4 | 3,68      | ± 0,12 | 4,63       | ± 0,07 | 3,71          | ± 0,11 | 4,36           | ± 0,09 | 4,10  |
| Gnms.       | 4,24      | -      | 4,52       | -      | 3,49          | -      | 4,03           | -      | 4,06  |

Tabel 9.3 understøtter i tolkningen af figur 9.9. 'Afmærkning' scorer højest, efterfulgt af 'Skiltning', 'Signalanlægget' og 'Vejens forløb'. Gennemsnitsscoren for hver situation er næsten ens, som figur 9.9 også antyder. Derudover ses en sammenhæng mellem score og bredden af konfidensintervaller, der er smallere ved en højere score og bredere ved en lavere score.

### 9.1.2 Frafaldsanalyse

I dette afsnit analyseres de respondenter, som er frafaldet i løbet af spørgeskemaet; enten ved ikke at svare på et eneste spørgsmål (22 personer) eller ved at svare på nogle, men ikke alle spørgsmål (72 respondenter). 17 respondenter uden kørekort regnes ikke med som frafald, men fremgår dog i analysen. Det gradvise frafald i løbet af spørgeskemaet er vist på figur 9.10.



Figur 9.10: Gradvist bortfald igennem spørgeskemaet.

Figur 9.10 viser et frafald på omkring 18,5%. Det største frafald sker i starten mellem 'Intro' og 'Fork. variable', hvor 22 personer åbner og lukker spørgeskemaet uden at svare. Det næstestørste frafald er frasortering af 17 respondenter uden kørekort mellem fjerde og femte søjle i 'Fork. variable'. Efter frafaldene i starten flader højden på søjlerne mere ud, for at have ingen frafald i 'situation 4'. Der er større frafald efter første spørgsmål i 'Situation 1' og 'Situation 2'. Dette kan skyldes for store krav til vurderingen af valget for besvarelsen. Frafald efter første spørgsmål udebliver i 'Situation 3' og 'Situation 4'. Dette kan tolkes som beslutsomhed i forhold til at færdiggøre spørgeskemaet, og de, som var tilbøjelige til at falde fra i løbet af spørgeskemaet, har gjort det. Alt dette til trods, vurderes gennemførselsprocenten på cirka 81,5% at være høj med henblik på spørgeskemaet længde, kompleksitet og teoretiske karakter.

Via en  $\chi^2$ -test undersøges, hvorvidt der er lighed ( $H_0$ ) eller forskel ( $H_1$ ) i kønsfordelingen i spørgeskemaet og frafaldet. I testen inkluderes de 89 respondenter, der har besvaret spørgsmålet om 'Køn', men som sidenhen er faldet fra.

Resultaterne af testen er vist på tabel 9.4.

Tabel 9.4: Resultat af  $\chi^2$ -test for kønsfordeling i spørgeskemaet og i frafaldet.

|        | Spørgeskema |           | Frafald |           | $\chi^2$ -test |           |            |
|--------|-------------|-----------|---------|-----------|----------------|-----------|------------|
|        | Antal       | Fordeling | Antal   | Fordeling | Observeret     | Forventet | Chi-bidrag |
| Mand   | 260         | 53,8%     | 50      | 56,2%     | 50             | 48        | 0,11       |
| Kvinde | 223         | 46,2%     | 39      | 43,8%     | 39             | 41        | 0,09       |
| Sum    | 483         | 100,0%    | 89      | 100,0%    | 89             | 89        | 0,20       |

Frihedsgrader: 1

P-værdi: 0,66

Der opnås en høj p-værdi og dermed er kønsfordelingen af frafaldet og den generelle i spørgeskemaet ens. Det hører dog med, at det absolutte antal fra frafaldede er forholdsvist begrænset, hvilket giver usikkerheder omkring p-værdien, men det vurderes, at den er tilpas høj til, at konklusionen er den samme, selv hvis fordelingen blev ændret en smule.

### 9.1.3 Kommentaranalyse

Af de 489 respondenter, der har gennemført spørgeskemaet, har 80 heraf skrevet en kommentar. Disse 80 kommentarer behandles i dette afsnit. Kommentarerne sorteres efter fire kategorier med tilhørende 11 forskellige inddelinger:

- **Relevans**
  - Relevante: Kommentarer med meningsfyldt indhold som anvendes til analysen.
  - Irrelevant: Kommentarer uden meningsfyldt indhold, som ikke anvendes til analysen.
- **Relation**
  - Spørgeskemarelateret: Kommentarer der udelukkende omhandler spørgeskemaet.
  - Krydsrelateret: Kommentarer der udelukkende omhandler krydstypen.
  - Uklart: Kommentarer med uklarhed omkring relation.
- **Opfattelse**
  - Positiv: Kommentarer med positiv ordlyd.
  - Negativ: Kommentarer med negativ ordlyd.
  - Neutral: Kommentarer med neutral ordlyd.
- **Anbefalinger**
  - Forbedringsmuliger: Kommentarer med forslag til forbedringer
  - Andre krydstyper: Kommentarer, der nævner andre krydstyper
  - Andet: Kommentarer som falder under kategorien med de ovenstående to muligheder.

Der ses i analysen både på den generelle holdning til spørgeskemaet og krydstypen samt hvilke forbedringsmuligheder respondenterne har bemærket.

*Relevans:* Der blev sorteret 14 kommentarer fra som værende irrelevante. Dette tæller kommentarer som: 'Nej' eller versioner heraf (5 kommentarer), tegnsætning eller smileys (3 kommentarer) og andre kommentarer uden anvendeligt indhold af forskellig art. Dermed anvendes 66 relevante kommentarer i den videre analyse.

*Relation:* Størstedelen af de 66 kommentarer i analysen, nemlig 49 omhandler krydstypen, mens 10 kommentarer omhandler selve spørgeskemaet. For 9 kommentarer er det ikke klart præcist hvad der bliver omtalt. Dette summerer til mere end 66 kommentarer, hvilket skyldes at to kommentarer både omhandler selve spørgeskemaet og krydstypen. De 10 kommentarer omkring spørgeskemaet handler i særdeleshed om billederne og deres kvalitet, manglende svarmuligheder og tolkning af vejudstyr. De 49 kommentarer omkring krydstypen omhandler:

- Utryghed og afhjælpning heraf (10 kommentarer)
- Uoverskuelighed i udformning og manøvrering (8 kommentarer)
- Manøvrering i situationer med sværere vilkår for god orientering (8 kommentarer)
- Betænkeligheder om arealkrav (5 kommentarer)
- Placering af vejudstyr (3 kommentarer)
- Andre krydstyper (3 kommentarer)

*Opfattelse:* Blandt kommentarerne var der flest med en negativ ordlyd (33 kommentarer), dernæst flest med neutral (29 kommentarer) og færrest positive (14 kommentarer). Dette summerer til mere end 66 kommentarer, hvilket skyldes kombinationer af opfattelser. Overvægten af negative kommentarer skyldes primært, at krydstypen er ny og uvant og det må antages at respondenter med en negativ opfattelse er mere tilbøjelige til at give deres holdning til kende. Det høje antal neutrale opfattelser kommer mest til udtryk gennem interesse og forbedringer til krydstypen eller påpegning af andre krydstyper. Kommentarer med positiv ordlyd omfatter påskønnelser, lykkeønskninger samt at krydset virker spændende.

*Anbefalinger:* En del kommentarer kommer med anbefalinger til krydstypen (19 kommentarer). Dette er hovedsageligt omkring forbedringer af krydset (14 kommentarer), mens nogle få henviser til andre krydstyper (3 kommentarer), for eksempel det dynamiske rudelanlæg ved TSA 52 sydvest for Odense. Det er disse 14 kommentarer med forslag til forbedringer, som der tages særligt hensyn til i denne analyse. Forslagene omkring forbedringer omhandler især:

- Afskærmning og god separation mod modkørende til højre i situation 3 (7 kommentarer)
- Placering af vejudstyr, primært afmærkning (4 kommentarer)

Flere kommentarer nævner, at afskærmning vil kunne afhjælpe den oplevede utryghed i situation 3, da det vil kunne bidrage til abstrahering fra den uvante oplevelse. Derudover nævnes en risiko for blanding af trafikanter på den forskudte venstresvingsbane, da forlygterne på nogle biler er asymmetriske. Dertil nævnes, at separation af kørebanerne skal være tydeligere og/eller hævet, så trafikanterne ikke tvivler om det tiltænkte forløb gennem krydset.

Placering af vejafmærkning udpeges som forbedringspotentiale flere gange. Det sker især ved venstresvinget i situation 4 samt krydsningen i situation 2, hvor der dog er høj forståelse af den påkrævede manøvre. Ovenstående kan indgå, hvis eller når krydset skal projekteres.

#### 9.1.4 Klyngeanalyse

I dette afsnit præsenteres to klyngeanalyser udarbejdet med k-means-metoden. Kun respondenter, der har svaret på alle spørgsmål, indgår i analyserne. De to klyngeanalyser omhandler variablene *tryghed* og *betydningen af vejudstyr*. Formålet med begge klyngeanalyser er at gruppere respondenterne og undersøge, hvilke faktorer der har indflydelse på henholdsvis trygheden ved modkørende trafik på både højre og venstre side og scoren for betydningen af

forskellige typer vejudstyr i de enkelte situationer. Herudfra kan relevante grupper inddrages i projekteringsprocessen og derigennem øge trygheden, forståelsen af krydstypen yderligere og yderligere medføre et mere trafiksikkert anlæg.

Til begge klyngeanalyser anvendes seks uafhængige variable til inddelingen af respondenter. I spørgeskemaet fremstår disse enten på ordinal- eller intervallskala, men i klyngeanalysen anvendes et udtræk af svarene, hvor alle svar er på intervallskala. Dog er afstandene mellem svarmulighederne ikke den samme, hvorfor variable til analysen defineres som kategoriske variable - på nær alder, som er på ratio skala og defineres som en numerisk variabel. De afhængige variable er også alle kategoriske variable i analysen.

## Metoder

Der findes flere typer klyngeanalyser til grupperingen af respondenter, blandt andet hierarkisk klyngeanalyse, latent klasseanalyse og k-means klyngeanalyse. I hierarkisk klyngeanalyse, starter hver respondent som sin egen klynge, og baseret på ligheden mellem andre respondenter kobles respondenter sammen i større klynger indtil alle respondenter tilhører én samlet klynge, men mere eller mindre tydelige undergrupper. Den resulterende inddeling af klynger kan illustreres i et dendrogram, hvorudfra antallet af klynger kan vurderes. Herefter kan der tolkes på de enkelte klynger med relevans for den givne problemstilling. [Morten Frederiksen, 2017]

Latent klasseanalyse er en anden udbredt metode til gruppering af data. Her etableres en forbindelse mellem manifesterede variable - svarene fra et spørgeskema eksempelvis - og latente variable - respondentens grundholdning, som er ukendt. Latente variable kan fungere som forklaring eller årsagssammenhæng for de manifesterede variable. Antallet af klynger bestemmes ud fra den lavest værdi af 'Baysiansk informationskriterie' (BIC) for det antal klynger, der er konvergeret. Analysen er modelbaseret, og kræver ikke subjektive valg, som kan gøre resultaterne mindre troværdige eller indeholder forbehold, som tilfældet er ved hierarkisk klyngeanalyse. Det kan dog være besværligt at inddrage data på intervallskala i latent klasseanalyse, hvilket kan begrænse anvendelsesmulighederne. [Morten Frederiksen, 2017]

Netop grundet skalaen for de variable i spørgeskemaet anvendes k-means-metoden. I k-means-metoden bestemmes antallet af klynger,  $k$ , på forhånd. Gennem en afstandsmetode genereres det valgte antal klynger ud fra observationer, der er mest enslydende. Herefter følger en iterativ proces, hvor centrum af hver klynge forsøges bestemt, indtil der opnås konvergens. Gennem software kan k-means-metoden udføres relativt nemt og ligetil, såfremt en afstandsmetode og typen af variable er defineret. Ulempen ved k-means er, at  $k$  skal kendes på forhånd, før metoden kan udføres. [Morten Frederiksen, 2017]

Det mest hensigtsmæssige antal klynger kan dog bestemmes ved den såkaldte 'albue-metode', hvor der vælges det antal klynger, der giver det største 'knæk' ud fra 'within sum of squares' (wss), som beskriver afvigelsen internt i klyngerne. Derudover kan k-means-metoden ikke håndtere støj/outliers, som derfor kommer til at indgå i klyngerne og øger wss.

Statistikprogrammet R anvendes i klyngeanalysen. Inden respondenterne inddeles i grupper, defineres fem datasæt med de seks uafhængige, forklarende variable og besvarelserne angående henholdsvis tryghed og vigtigheden af vejudstyr i situation 1, 2, 3 og 4. Klyngeanalysen for hvert datasæt udføres separat efter samme fremgangsmåde. Først klassificeres alder som numerisk variable og data skales, da ikke alle variable har lige mange valgmuligheder. Ved

skalering undgås at variable med få svarmuligheder får mindre indflydelse i inddelingen. Der anvendes afstandsmetoden 'Gower' i denne klyngeanalyse, mens det optimale antal klynger bestemmes ud fra albueplots. I det følge gennemgås resultaterne fra klyngeanalysen.

Muige sammenhænge mellem grupper fra klyngeanalysen undersøges ligeledes gennem en variansanalyse, hvor hver variabel sammenlignes på tværs af grupper og samlet set både angående tryghed og hver situation. Variansanalysen anvendes til at undersøge ligheder og forskelle mellem grupperne, for derigennem be- eller afkræfte, om grupperne ligner hinanden eller er forskellige. Der sammenlignes tryghed og hver situation for sig, da det antages, at opfattelse og deraf svar kan variere alt efter situation for den samme respondent. Derudover kan det samtidig vise interessante forskelle i den enkelte situation, som ikke nødvendigvis er til stede i andre situationer. Der anvendes enkeltfaktor-anova til at teste hver variabel, på baggrund af karakteristika af hver gruppe.

Der anvendes fire farver til identificering af niveauet af p-værdien: rød er p-værdier under 0,01, orange er p-værdier mellem 0,01 og 0,05, lys grøn er p-værdier mellem 0,05 og 0,10 og sidst er mørk grøn p-værdier over eller lig 0,10. Bemærk at variable er skrevet på forkortet form. De er forkortet som følger: *ALD* er *Alder*, *TML* er *Tid med kørekort*, *BLK* er *By-/landkørsel*, *FH* er *førerhyppighed*, *KB* er *kørselsbehov*, *TH* er *Tryghed*, *SK* er *skiltning*, *AF* er *afmærkning*, *VF* er *vejens forløb*, *SA* er *signalanlægget*. Variable omkring alder og tid med kørekort er udeladt, da disse i tolkning af karakteristika viste sig ikke at være udslagsgivende.

## Tryghed

En  $\chi^2$ -test udføres for at give en indikation af, hvilke uafhængige variable i klyngeanalysen forventes at være udslagsgivende. Til  $\chi^2$ -testen er tryghed en 0/1-variabel, opdelt i utrygge (meget utryg, lidt utryg) og ikke utrygge (hverken tryg eller utryg, lidt tryg, meget tryg). Der testes for ligheder ( $H_0$ ) og forskelle ( $H_1$ ) mellem de seks forklarende variable. Resultaterne af  $\chi^2$ -testen fremgår af tabel 9.5.

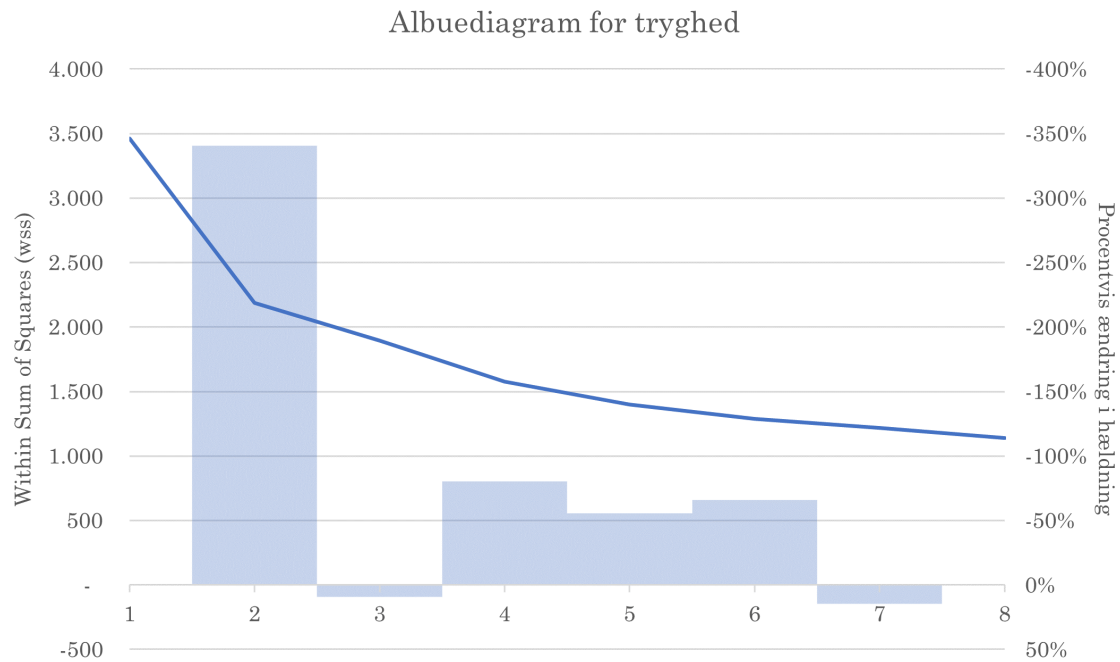
Tabel 9.5: Resultat af  $\chi^2$ -test for tryghed. Forskelle er markeret med grå.

|                  | Obs. | DF | P-værdi | H0 | H1 |
|------------------|------|----|---------|----|----|
| Køn              | 483  | 1  | 0,001   |    | x  |
| Alder*           | 489  | 3  | 0,98    | x  |    |
| Tid med kørekort | 489  | 4  | 0,08    | x  |    |
| By-/landkørsel   | 431  | 1  | 0,12    | x  |    |
| Førerhyppighed   | 489  | 4  | 0,005   |    | x  |
| Kørselsbehov     | 473  | 5  | 0,012   |    | x  |

\*Alder er delt i intervaller á 10 år startende fra 18 år, som ved  $\chi^2$ -testen i tabel 9.2.

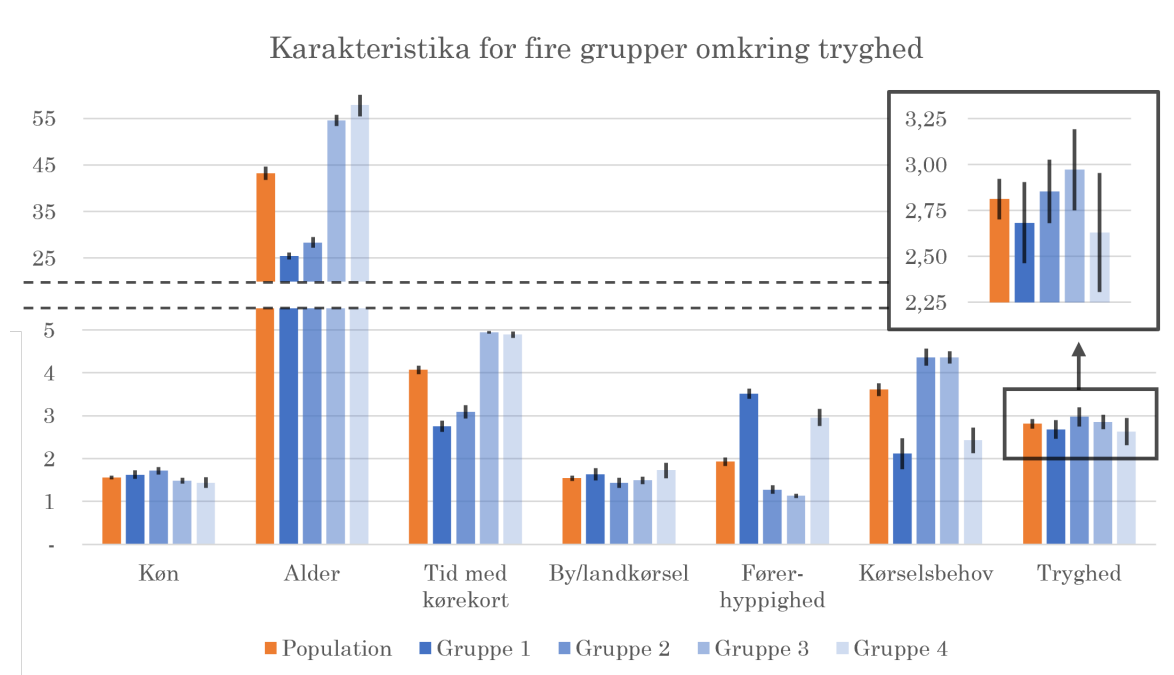
Tabel 9.5 indikerer, at køn og køreerfaring er udslagsgivende for den oplevede utryghed. Dertil er tid med kørekort i nærheden af at indikere forskel. Ved en mere jævn og repræsentativ aldersfordeling ville dette sandsynligvis også være udslagsgivende, til trods for netop alder ingen indflydelse har. By-/landkørsel er også tilnærmelsesvist tæt på at indikere en forskel.

Antallet af klynger bestemmes i R ved at køre k-means-metoden med to til otte klynger. Plottet af wss, (kurve knyttet til venstre, lodrette akse) og den procentvise ændring i hældning (søjler, knyttet til højre, lodrette akse) er vist på figur 9.11.



Figur 9.11: Albuediagram for datasættet om tryghed. Bemærk at aksens til højre har negative værdier opad, hvorfor en højere søjle markerer et kraftigere knæk.

Der ses det tydeligste knæk ved to klynger. Analyse af de to klynger viser dog ikke entydige forskelle klyngerne imellem og ligeledes markant intern afvigelse. Dette vanskeliggør fortolkning og udledning af interessante pointer. Derfor anvendes fire klynger, hvor det næststørste knæk ses. Metoden og resultaterne fra klyngeanalysen diskuteres i afsnit B.4. Karakteristika for de fire klynger er vist på figur ref 9.12.



Figur 9.12: Karakteristika og konfidensinterval for hver af de fire grupper samt populationen (alle 489 anvendte besvarelser) i datasættet om tryghed.



På figur 9.12 ses fordelingen af de forklarende variable og tryghed. I flere af de forklarende variable ses en klar opdeling, hvor grupperne danner par. Dette ses med to yngre og ældre grupper, to grupper med kørekort i kortere og længere tid, samt to grupper med mere og mindre køreerfaring. Der er dog ingen tydelig opdeling for køn, som  $\chi^2$ -testen ellers viste havde væsentlig indflydelse på den oplevede tryghed. På trods af den parvise opdeling i grupperne ses ingen større forskel i den oplevede tryghed. Derudover overlapper 5%-konfidensintervaller for alle grupper gennemsnittet for hele populationen.

Tabel 9.6: Resultat af variansanalyse for tryghed.

| Tryghed |      |      |      |      |      |      |      |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|
|         | Køn  | ALD  | TK   | BLK  | FH   | KB   | TH   |
| 1-2     | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 0,25 |
| 1-3     | 0,18 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,07 |
| 1-4     | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,43 | 0,00 | 0,23 | 0,78 |
| 2-3     | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,44 | 0,00 | 0,95 | 0,42 |
| 2-4     | 0,56 | 0,01 | 0,09 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,21 |
| 3-4     | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,08 |
| Alle    | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,20 |

Figur 9.6 giver mulighed for mere overskuelig tolkning af klyngenganalysen, idet der undersøges forskelle og ligheder, dels parvist og mellem alle fire grupper samlet. På baggrund af tabel 9.6 bekræftes det, at niveauet af tryghed, både når der sammenlignes parvist og for alle grupper, er ens grupperne i mellem, som figur 9.12 antydede. Det fremgår ligeledes, for alle grupper, at der ikke fremstår én variabel, som er særligt udslagsgivende i forhold til hvorvidt der er lighed mellem niveauet af tryghed grupperne i mellem eller ej. Dog kan det tolkes med udgangspunkt i de parvise sammenligninger, at ligheder i niveau af by-/landkørsel og kørselsbehov resulterer en høj grad af lighed af tryghedsniveau. Dertil virker køn til at spille en mindre, men ikke uvæsentlig rolle for sammenligning mellem grupper 1 og 3 samt 2 og 4, mens førerhyppighed ikke påvirker niveauet af tryghed.

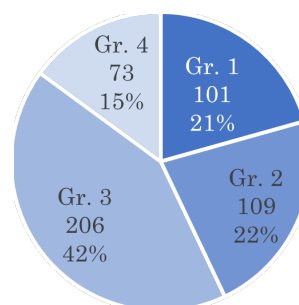
Der er dog afvigelser i tolkningen af vigtigheden af kørselsbehov og by-/landkørsel for niveauet af tryghed. For sammenligning mellem gruppe 2 og 3 findes en høj lighed mellem by-/landkørsel og kørselsbehov, hvilket medfører en forventning om et højt niveau af lighed af tryghed mellem de to grupper. Ligheden eksisterer, men i mindre grad end forventet. Ligeledes findes en større lighed af tryghedsniveau for sammenligning af gruppe 1 og 4, mens ligheden af kørselsbehov mellem gruppe 1 og 4 er væsentligt lavere end mellem gruppe 2 og 3. Af tabel 9.6 fremgår scoren for ikke for grupperne, hvilket kan være en forklaring på ovenstående afvigelser.

Dog hører der til tolkningen, at der ligeledes er forbehold at tage for både data og metoden. Dette ses blandt andet ved sammenligningen mellem gruppe 1 og 2, hvor der er en marginal sammenhæng for by-/landkørsel, samtidig med at ligheden i tryghedsniveauet er højere. Der er dermed uforklarlige sammenhænge og/eller afvigelser, som ikke kan forklares alene ved variansanalyse eller klynganalyse generelt.

På baggrund af de enkelte gruppers karakteristika navngives de nedenfor, mens fordelingen af

grupper er vist på figur 9.13.

- Gruppe 1: De uerfarne unge
- Gruppe 2: De erfarne unge
- Gruppe 3: De erfarne voksne
- Gruppe 4: De uerfarne voksne



Figur 9.13: Fordeling på grupper.

Gruppe 1 navngives '*De uerfarne unge*'. Gruppen har den laveste gennemsnitsalder og samtidig den mindste køreerfaring og tid med kørekort. Gruppen består både af mænd og kvinder, med en marginal overvægt af mænd i forhold til populationen. Gruppen kører overvejende uden for byerne. Gruppen har en oplevet tryghed under gennemsnittet for hele populationen, men konfidensintervallet overlapper niveauet for hele populationen samt gruppe 2 og 4. Dette taler for, at mindre køreerfaring og en ung alder i noget omfang spiller en rolle, men ikke giver et markant udsving for den oplevede tryghed.

Gruppe 2 navngives '*De erfarne unge*'. Gruppen har en lav gennemsnitsalder og tid med kørekort, men har samtidig et større kørebehov og kører oftere bil. Gruppen har nogen overvægt af mænd og bykørsel i forhold til populationen. Den oplevede tryghed er på niveau med populationen og noget over niveauet for gruppe 1. Konfidensintervallet er ligeledes det smalleste af alle grupper og overlapper gennemsnittet for populationen og gruppe 3. Gruppens karakteristika indikerer, at hverken en overvægt af mænd eller meget køreerfaring nødvendigvis medfører høj tryghed.

Gruppe 3 navngives '*De erfarne voksne*'. Gruppen består af omtrent lige mange midalderende mænd og kvinder og er den mest erfarne af alle grupper med hensyn til både tid med kørekort, førerhyppighed og kørselsbehov. Der opnås samtidig det laveste konfidensinterval for disse tre parametre, hvilket indikerer en mindre afvigelse internt i gruppen. Gruppen kører både i byen og landet. Samtidig har gruppen den højeste oplevede tryghed af krydset, hvor konfidensintervallet dog overlapper niveauet for populationen og gruppe 2. Gruppens karakteristika indikerer, at enten alder eller marginalt mere køreerfaring eller tid med kørekort end hos de erfarne unge kan medføre øget tryghed.

Gruppe 4 navngives '*De uerfarne voksne*'. Gruppen har den højeste gennemsnitsalder og består af en overvægt af kvinder, der har haft kørekort i lang tid, men hverken kører langt eller tit i bil. Landkørsel er ligeledes mest udbredt i denne gruppe. Der opnås derudover den laveste oplevede tryghed af alle grupper, dog med et bredt konfidensinterval, der overlapper både populationen og gruppe 1 og 2. Gruppens karakteristika indikerer, at køn og førerhyppighed især kan medføre en lavere oplevet tryghed i krydset.

På baggrund af fortolkningen af karakteristika for klyngeanalysens fire grupper fremgår en oversigt over udledte pointer:

- Mindre erfaring giver lavere tryghed.
- Unge mænd med mere køreerfaring, føler sig ikke nødvendigvis mere trygge.
- Midaldrende mænd med meget køreerfaring, lang tid med kørekort og overvejende

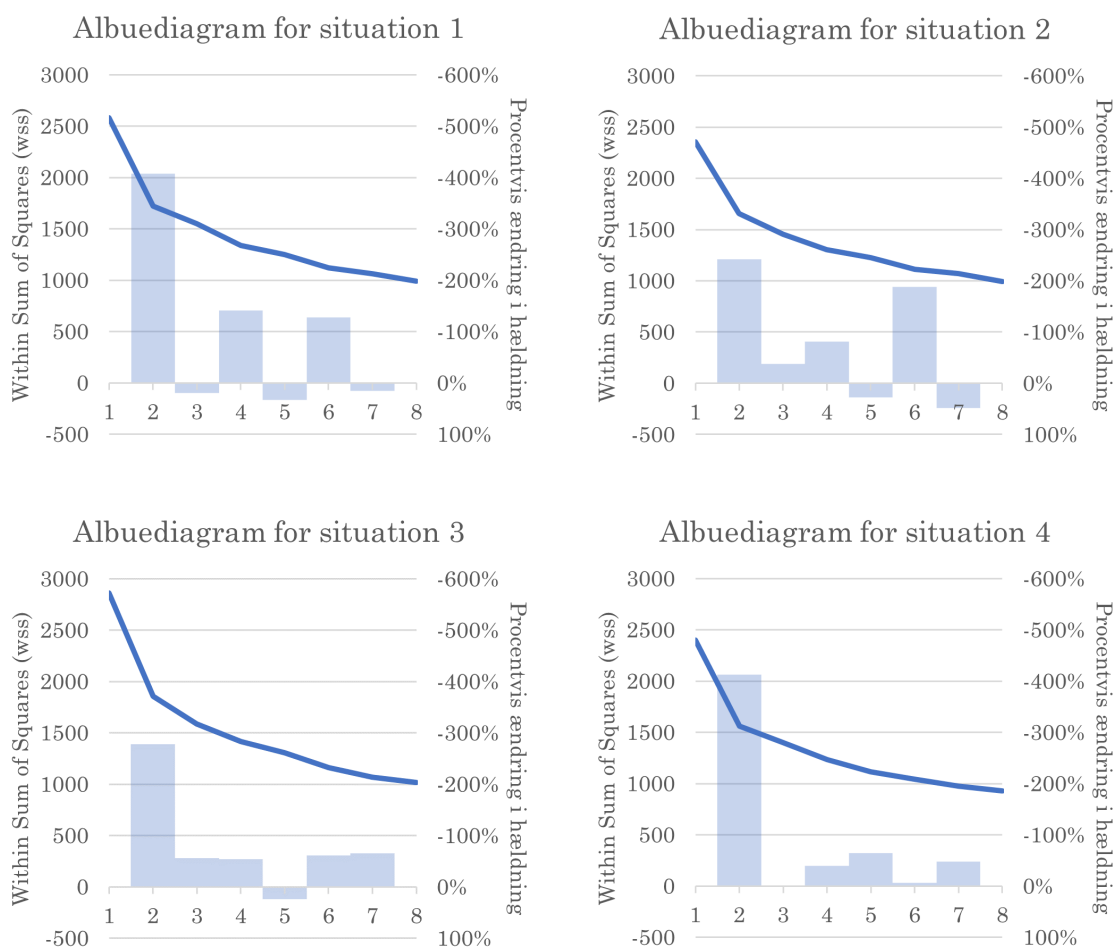
bykørsel oplever højere tryghed.

- Midaldrende kvinder med lavere førerhyppighed og kørsel på landet oplever mindre tryghed.

Af oversigten ovenfor fremgår nogen relation mellem køn, køreerfaring og by-/landkørsel, uden det dog indikerer ligeså markante konklusioner som  $\chi^2$ -testen viste. Dette kan dels skyldes data, metoden eller andre faktorer, som alle diskuteres i afsnit B.4.

### Situationer

Da de fire situationer omhandler det samme - betydning af vejudstyr - undersøges albueplot for hver, med det formål at fastslå ét antal klynger, der anvendes for klyngeanalyserne i alle fire situationer. De fire albueplot er vist på figur 9.14.

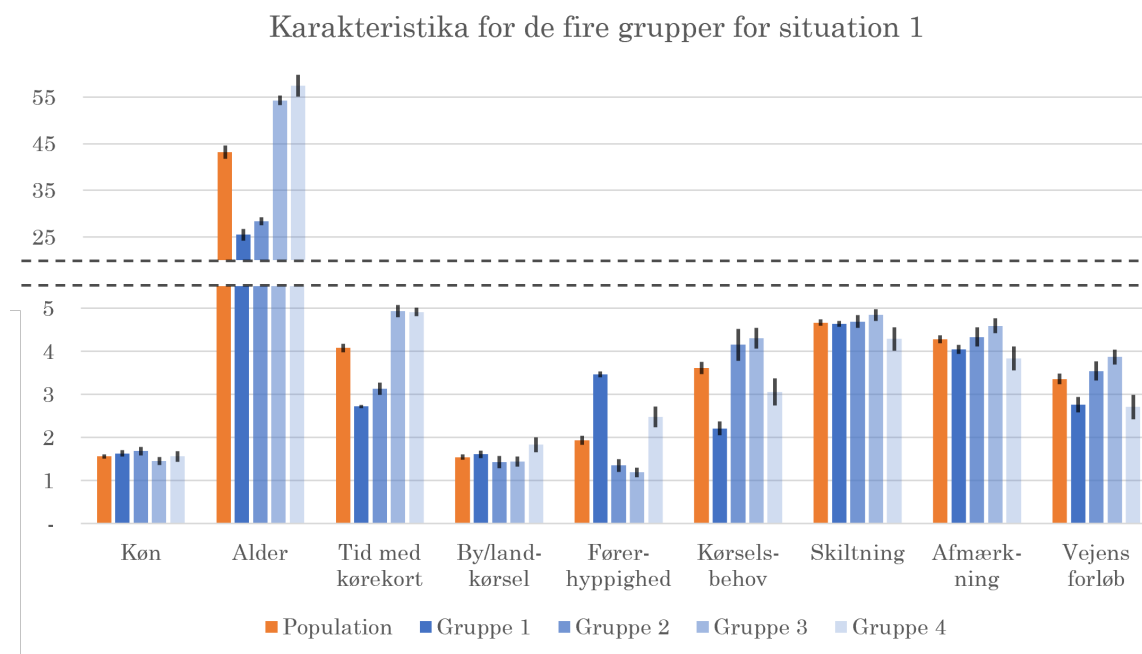


Figur 9.14: Albueplot for klyngeanalyser for situation 1 til 4.

I alle situationer ses det største knæk ved to klynger. Dette antal fravælges dog ud fra de samme betragtninger som ved albueplottet for tryghed. Den største ændring i hældning af de resterende muligheder ses ved fire og seks klynger. Da der ikke fremgår et knæk i negativ retning ved seks klynger i situation 4, mens der er knæk i alle situationer ved fire klynger, anvendes fire klynger i analysen. Karakteristika for fire grupper i hver situation er vist på figur 9.15 til 9.18.

### Situation 1

I situation 1 orienterer trafikanten sig mod og placerer sig i venstresvingsbanen i behørig afstand til hovedkrydset, som vist på figur C.1 på side 115. Karakteristika for de fire grupper i situation 1 er vist på figur 9.15.



Figur 9.15: Karakteristika og konfidensinterval for hver af de fire grupper samt populationen (alle 489 anvendte besvarelser) i datasættet for situation 1.

På figur 9.15 ses, som tilfældet også var ved de fire grupper i klyngeanalysen omkring tryghed, at der for en række forklarende variable ses en opdeling i par. Dette gælder alder, med to yngre og ældre grupper og afledt heraf to grupper med længere tid med kørekort end de to andre grupper. Den parvise opdeling gælder i mindre omfang angående køreerfaring, hvor to grupper har lav førerhyppighed og kørselsbehov, mens der er forskelle i de to resterende grupper. Hvad angår køn, har gruppe 1 og 2 en overvægt af mænd, mens gruppe 3 har overvægt af kvinder og sidst har gruppe fire en mere jævn fordeling. Derudover ses, at skiltning især vægtes højt af alle grupper, mens vejens forløb vægtes lavest af alle grupper. Generelt scorer gruppe 4 lavest angående vigtigheden af de tre typer vejudstyr, efterfulgt af gruppe 1, 2 og 3.

Figur 9.15 indikerer, hvad angår relation mellem de uafhængige og afhængige variable, at mere køreerfaring medfører højere scores. Dette ses med gruppe 2 og 3, der begge har høj førerhyppighed og kørselsbehov og scorer højest af betydningen for alle typer vejudstyr. Samtidig ses at gruppe 1, der har laveste køreerfaring, scorer lavt, men dog ikke lavere end gruppe 4, der har lidt mere køreerfaring. Forskellen på gruppe 1 og 4 er dels en lille afvigelse i fordelingen af køn, men især forskellen i alder og tid med kørekort. Dette må derfor i nogen udstrækning spille en rolle i vurderingen af vigtigheden af vejudstyr i situation 1.

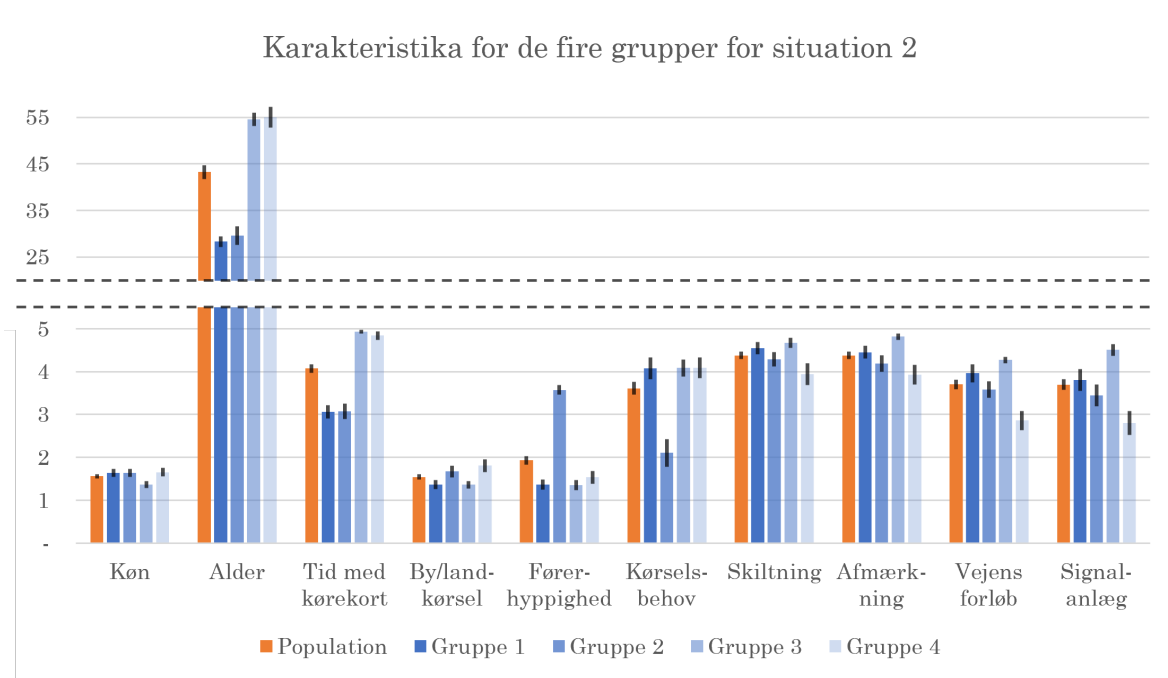
Tabel 9.7: Resultat af variansanalyse for situation 1.

| Situation 1 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|             | Køn  | ALD  | TMK  | BLK  | FH   | KB   | SK   | AF   | VF   |
| 1-2         | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 |
| 1-3         | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,83 | 0,01 | 0,28 | 0,03 | 0,01 | 0,03 |
| 1-4         | 0,13 | 0,01 | 0,68 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 2-3         | 0,43 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,61 | 0,04 | 0,00 |
| 2-4         | 0,37 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,25 | 0,76 |
| 3-4         | 0,11 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 |
| Alle        | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

På tabel 9.7, hvor resultaterne for situation 1 er vist, fremgår det, at der flere steder er ligheder mellem uafhængige variable, hvor der samtidig er lighed mellem afhængige variable. Dette ses ved sammenligning af gruppe 2 og 3 samt 2 og 4, at lighed i kønsfordeling tilsvarende giver lighed for henholdsvis skiltning samt afmærkning og vejens forløb. Altså medfører kønsfordelingen ej heller definitiv sammenhæng mellem scores. Dette kan skyldes, at disse parametre ikke er udslagsgivende eller ophæver hinanden. Sammenligning af gruppe 4 med gruppe 1, 2 og 3 antyder samtidig at kønsfordelingen skal have mere ujævn fordeling, for at være udslagsgivende for de afhængige variable, selvom dette som sagt ikke er tilfældet ved sammenligning af gruppe 2 og 3. Når gruppe 1 sammenlignes med de øvrige grupper, ses en lighed mellem gruppe 1 og 3.

## Situation 2

I situation 2 kører trafikanten gennem førkrydset, fra venstresvingsbanen fra situation 1 til den forskudte venstresvingsbane. Manøvren er illustreret på figur C.2 på side 115. Karakteristika for de fire grupper i situation 2 er vist på figur 9.16.



Figur 9.16: Karakteristika og konfidensinterval for hver af de fire grupper samt populationen (alle 489 anvendte besvarelser) i datasættet for situation 2.

På figur 9.16 ses samme mønster med parvis inddeling af grupper for alder, tid med kørekort og by-/landkørsel. Dette gælder dog ikke for køreerfaring, hvor gruppe 1, 3 og 4 alle scorer både ganske ens og væsentligt højere end gruppe 2. Hvad angår køn, ses der overvægt af mænd i gruppe 1, 2 og 4 og flest kvinder i gruppe 3. Der scores generelt højt for betydningen af vejudstyr i situation 2, skiltning og afmærkning er dog højest, efterfulgt af vejens forløb og signalanlægget. Ved alle typer ses den samme trinmæssige fordeling; gruppe 3 scorer højest, efterfulgt af gruppe 1, 2 og 4 til sidst.

En del af forklaringen på forskellen mellem grupperne, kan ligge i køn. Kun gruppe 3 har en overvægt af kvinder, men matcher grupper 1 og 2 på køreerfaring. Dette indikerer at kvinder vægter vejens udstyr højere end mænd - uanset erfaring, alder og tid med kørekort.

Hvad angår den indbyrdes forskel mellem gruppe 1, 2 og 4 har gruppe 2 en højere andel af landkørsel end gruppe 1. Dette kan være en indikation, da kønsfordelingen er nogenlunde ens mellem de tre grupper, og samtidig adskiller gruppe 1 og 2 sig ikke på alder, mens gruppe 4 er langt højere. Derudover har gruppe 2 mindre erfaring end gruppe 1 og 4, hvilket heller ikke virker til at have en effekt på gruppens scores. I situation 2, hvor trafikanterne skal manøvrere igennem førkrydset, indikerer klyngeanalysen derfor, at køn og by-/landkørsel spiller den væsentligste rolle.

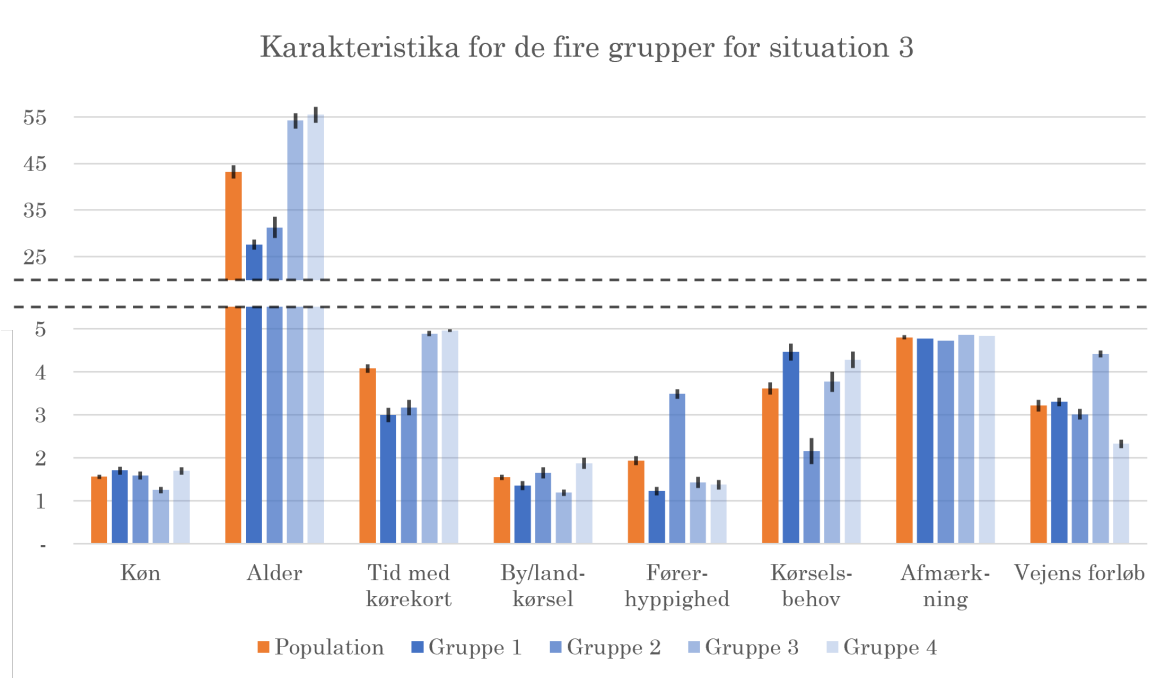
Tabel 9.8: Resultat af variansanalyse for situation 2.

| Situation 2 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|             | Køn  | ALD  | TMK  | BLK  | FH   | KB   | SK   | AF   | VF   | SA   |
| 1-2         | 0,96 | 0,29 | 0,94 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,04 | 0,02 | 0,05 |
| 1-3         | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,99 | 0,87 | 0,97 | 0,19 | 0,00 | 0,03 | 0,00 |
| 1-4         | 0,82 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,09 | 0,97 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 2-3         | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 2-4         | 0,87 | 0,00 | 0,00 | 0,18 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,09 | 0,00 | 0,00 |
| 3-4         | 0,00 | 0,72 | 0,07 | 0,00 | 0,05 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Alle        | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

Resultaterne for situation 2, vist i tabel 9.8, viser lighed mellem flere uafhængige variable samtidig med, at der er ligheder mellem afhængige variable. Dette er tilfældet ved sammenligning af gruppe 1 og 3, hvor der er meget stor lighed mellem både by-/landkørsel og køreerfaring og lighed mellem skiltning. Dette antyder, at en eller flere af disse tre variable, har en indflydelse på vigtigheden af skiltning. Ved sammenligning af gruppe 1 og 4 ses, at der er høj lighed mellem køn, kørebehov og i mindre grad by-/landkørsel. Dette antyder, at enten ophæver lighed i køn ligheder i skiltning, eller også er førerhyppighed udslagsgivende for skiltningen. Sammenligning af gruppe 2 og 4 viser lighed mellem køn og by-/landkørsel, men heller ingen lighed i skiltning.

### Situation 3

I situation 3 kører trafikanten fra situation 2 videre i den forskudte venstresvingsbane frem mod hovedkrydset. Manøvren er vist på figur C.3 på side 116. Karakteristika for de fire grupper i situation 3 er vist på figur 9.17.



Figur 9.17: Karakteristika og konfidensinterval for hver af de fire grupper samt populationen (alle 489 anvendte besvarelser) i datasættet for situation 3.

Mønstret omkring parvis fordeling af grupper gentager sig på figur 9.17. Her er det dog begrænset til alder og tid med kørekort. Der ses dog en noget nær tilsvarende fordeling omkring køn, by-/landkørsel og køreerfaring som i situation 2.

Det ses, at afmærkning spiller en altoverskyggende rolle for alle grupper i situation 3, mens vejens forløb er mindre vigtigt for gruppe 1, 2 og 4. Gruppe 3 har en overvægt af kvinder, hvilket kan være en medvirkende faktor til, at denne gruppe også vurderer vejens forløb som værende vigtigere end de øvrige grupper. Samtidig kører gruppe 3 i stort omfang i byen, hvilket gælder i lidt mindre omfang for gruppe 2. Gruppe 2 har dog næsthøjeste score for betydning af vejens forløb, hvorfor by-/landkørsel - som i situation 2 - vurderes til at have en indvirkning. Dog har gruppe 2 den mindste køreerfaring, hvilket ligeledes kan anspore til, at vægte vejens forløb højere. Alder og tid med kørekort vurderes til ikke at spille en rolle.

Tabel 9.9: Resultat af variansanalyse for situation 3.

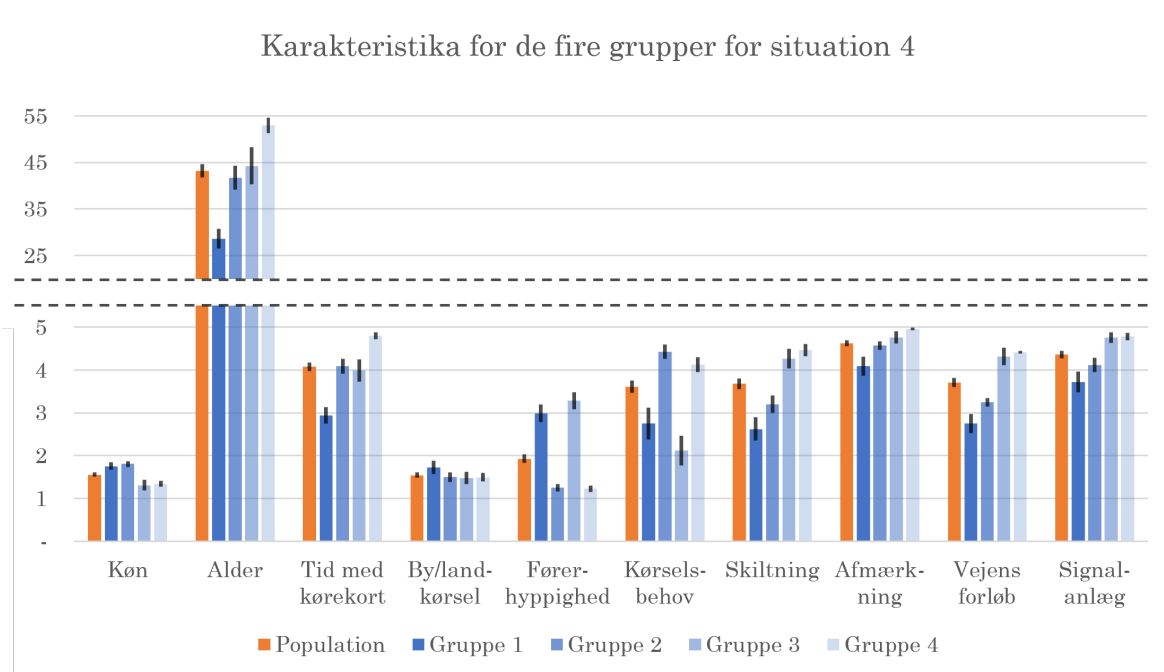
| Situation 3 |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|             | Køn  | ALD  | TMK  | BLK  | FH   | KB   | AF   | VF   |
| 1-2         | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,07 | 0,00 |
| 1-3         | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,15 | 0,00 |
| 1-4         | 0,09 | 0,01 | 0,17 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,61 | 0,14 |
| 2-3         | 0,00 | 0,30 | 0,03 | 0,00 | 0,55 | 0,00 | 0,73 | 0,00 |
| 2-4         | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,00 | 0,14 | 0,00 |
| 3-4         | 0,91 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,08 | 0,22 | 0,34 | 0,00 |
| Alle        | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,21 | 0,00 |



Resultaterne for situation 3, vist på tabel 9.9, viser ligheder for sammenligning af variable, men ikke samtidig mellem de samme grupper. Blandt andet findes ligheder for afmærkning, når alle fire grupper sammenlignes samt for sammenligning af gruppe 2 og 4. Lighed af scoren for afmærkning kan dermed ikke relateres til en eller flere uafhængige variable. Dette antyder, at der svares mindre varieret og/eller smalt omkring gennemsnittet, som understøtter, at respondenterne generelt anser vigtigheden af afmærkningen på samme måde, uanset respondentens karakteristika eller gruppe. De ligheder, der fås ved parvis sammenligning mellem alle grupper af de uafhængige variable, har derfor ingen indflydelse på ligheden af afhængige variable - det modsatte er i noget omfang gældende.

#### Situation 4

I situation 4 er trafikanten ved hovedkrydset og skal foretage et venstresving, som vist på figur C.4 på side 116. Karakteristika for de fire grupper i situation 4 er vist på figur 9.18.



Figur 9.18: Karakteristika og konfidensinterval for hver af de fire grupper samt populationen (alle 489 anvendte besvarelser) i datasættet for situation 4.

Modsat klyngeanalyserne i de tre forrige situationer ses der ikke den samme parvise inddeling af grupper for alder og tid med kørekort. Den ses derimod for køn, med to grupper med overvægt af mænd og to med overvægt af kvinder. Det ses samtidig, at gruppe 1 og 3 har væsentligt mere køreerfaring end 2 og 4.

Angående betydningen af vejudstyr ses de højeste scores for afmærkning og signalanlægget, efterfulgt af skiltning og vejens forløb der opnår samme scores.

Gruppe 3 og 4 scorer højest på alle typer vejudstyr, hvor gruppe 4 dog har marginalt højere scores end gruppe 3. Gruppe 2 har generelt lavere scores, og gruppe 1 har endnu lavere scores endnu. Fordelingen af scores og køn stemmer ganske fint overens, men de indbyrdes forskelle mellem gruppe 1 og 2 samt 3 og 4, hvad angår scores, kan forklares ved køreerfaring eller mangel på samme. Her scorer gruppe 2 og 4 højest, hvilket også er tilfældet ved scores, dog i

mindre tydeligt omfang som forskellen i køreerfaring. Klyngeanalysen for situation 4 indikerer dermed, at køn og køreerfaring spiller en rolle angående vigtigheden af scores.

Tabel 9.10: Resultat af variansanalysen for situation 4.

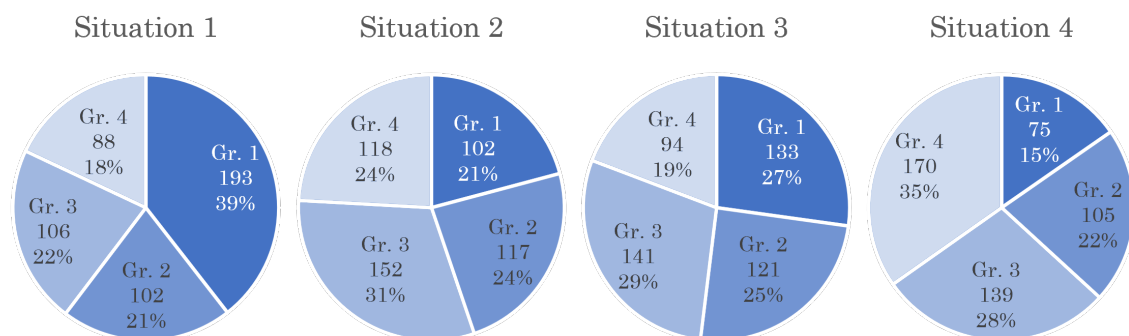
| Situation 4 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|             | Køn  | ALD  | TMK  | BLK  | FH   | KB   | SK   | AF   | VF   | SA   |
| 1-2         | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,06 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1-3         | 0,00 | 0,28 | 0,52 | 0,86 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,00 |
| 1-4         | 0,62 | 0,00 | 0,00 | 0,88 | 0,00 | 0,00 | 0,15 | 0,00 | 0,47 | 0,78 |
| 2-3         | 0,34 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| 2-4         | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 3-4         | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,98 | 0,69 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Alle        | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

Resultater for situation 4, vist på tabel 9.10, viser flere sammenligninger med lighed mellem grupper, både for uafhængige og afhængige variable. Dette ses ved sammenligningen mellem gruppe 1 og 4, hvor både køn, by-/landkørsel, afmærkning, vejens forløb og signalanlægget alle opnår lighed.

Ved sammenligning mellem gruppe 1 og 3, samt 3 og 2, hvor der ligeledes er lighed mellem henholdsvis køn og by-/landkørsel, ses ingen ligheder mellem afhængige variable. Dette kan betyde, at både lighed mellem køn og by-/landkørsel er forudsætning for lighed mellem scores for vejens forløb og signalanlægget. Samtidig er der lighed mellem by-/landkørsel og førerhyppighed ved sammenligning af gruppe 3 og 4, men der ses ingen ligheder mellem de afhængige variable.

### Opsummering af situationer

På baggrund af klyngeanalyserne for hver situation og fortolkningen af resultaterne på figur 9.15 til 9.18, er det ikke muligt at opstille fire eller flere forskellige grupper med forskellige karakteristika, der kan forklare fordelingen af scores. Dette er til trods for, at klyngeanalyserne indikerer flere sammenhænge mellem variable. Det skyldes derimod, at fordelingen af respondenter er forskellig for de fire klyngeanalyser. Dette er vist på figur 9.19.



Figur 9.19: Fordelingen af respondenter i fire grupper for hver af de fire situationer

Bemærk at grupperne på figur 9.15 til 9.18 er ordnet efter alder, så gruppen med lavest alder, kommer først (mørkeste blå), og gruppen med højeste gennemsnitsalder er sidst (lyseste blå).

Derimod kan der fra de enkelte klyngeanalyser udledes, hvilke uafhængige variable der påvirker de afhængige variable og i hvor høj grad. Ved fortolkning ud fra figur 9.15 til 9.18 alene, følgende vurderes generelt for alle typer vejudstyr:

- Kvinder scorer højere i betydning af vejudstyr end mænd
- Bykørsel scorer højere end landkørsel
- Mindre køreerfaring scorer højere eller er uvæsentlig
- Alder er uvæsentlig
- Tid med kørekort er uvæsentlig

Grupper med en overvægt af kvinder giver de største udslag i scores for alle typer vejudstyr i alle situationer uanset fordelingen af de øvrige uafhængige variable. Køn er dermed den mest dominerende parameter for betydningen af vejudstyr. Bykørsel giver højere scores end landkørsel. Dette gælder ligeledes for alle typer vejudstyr men især vejens forløb og signalanlæg. Inflydelsen af køreerfaring af marginal, hvis tilstede overhovedet. Den potentielle marginelle forskel giver højere scores i alle situationer, men det kan samtidig være de mindre forskelle i den øvrige uafhængige variable, der medfører den højere score. Alder såvel som tid med kørekort vurderes uvæsentlig, da det ikke er muligt at se sammenhænge mellem disse parametre og scores.

Som opsummering af resultaterne fra variansanalysen i tabel 9.6 til 9.10, kan det vurderes, at konklusionerne er noget mere utydelige end først antaget på baggrund af karakteristika for hver gruppe i de fire situationer og analyse heraf. Flere af sammenhængene kan ikke bekræftes mellem de to metoder. Dog kan det vurderes, at der først og fremmest findes afvigelser mellem sammenhængene mellem de uafhængige og afhængige variable alt efter, hvilken situation, der undersøges. Dette var dig forventeligt, men samtidig forventedes flere og tydeligere sammenhænge mellem uafhængige og afhængige variable dog. Metoden til variansanalysen og resultaterne heraf samt de ovenstående vurderinger diskuteres i afsnit B.4.

## 10 | Diskussion

---

I dette kapitel findes den samlede diskussion for rapporten. Den omhandler i udpræget omfang fremgangsmåden til opbygning af modeller, simuleringen samt de udfordringer det har givet. Dertil diskuteres, hvilke resultater, der forventes at have blevet opnået, såfremt alle modeller kunne simuleres, og resultaterne heraf blev fortolket. Sidst diskuteres anvendelsen af Vissim i sig selv.

Et udbredt kendskab til anvendelsen og forståelsen af vissim var ikke til stede i starten af denne del af projektet. Forståelsen omkring korrekt anvendelse og læring omkring programmet skete dermed i høj grad igennem brugen af programmet. Blandt andet gennem 'trial and error' og fremsøgning af viden og ressourcer til at øge forståelsen af programmet og - næsten - uden professionel indblanding. Dette havde de naturlige følger, at processen fra start til slut i lang udstrækning blev forsinket af udfordringsfulde udfordringer undervejs, og resulterede ligeledes i, at det ikke er muligt at lave meningsfulde fortolkninger på de tre udviklede modeller i specialet.

Kvaliteten af de udviklede modeller, både hvad angår opbygningen og signalstyring vurderes som værende lavere end andre undersøgelser omkring effektiviteten af DLT-anlæg. Dette skyldes litteraturens generelle fokus på udvikling af matematiske modeller, sammenhænge, udtryk eller andet, der kan anvendes til at forbedre afviklingen og forklare hvorfor, dette er tilfældet. Dette medvirker ligeledes til at forklare, hvilke parametre der spiller ind på hvilken måde. Forskellen i kvalitet vurderes ligeledes at skyldes forskelle i erfaringsgrad og know-how omkring modellering og signalstyring. Med mere (professionel) erfaring kan der modelleres mere præcist og kontrolleret efter ønsket, i stedet for trial-and-error og forsøg på tilpasningen uden velbegrundede argumenter for det, som har præget dette speciale.

I det tilfælde at simulering var mulig og data kunne genereres for de enkelte modeller, vurderes det, at afviklingen umiddelbart ikke vil være hverken optimeret eller retvisende. Dog vil der være en mulighed for at tilpasse og forbedre vap-logikken og pua-filen om nødvendigt gennem en iterativ proces, indtil resultaterne konvergerede eller på anden vis ikke bliver bedre. Til trods for, der ville være denne mulighed for optimering på denne måde, vurderes det, at der stadig vil være en usikkerhed omkring den præcise og minutløse styring af vap logikken.

Resultaterne omkring de teoretiske DLT viste umiddelbart høj forsinkelse og antal stop i modelleringen, allerede fra en mellemhøj belastning. Dette taler enten for, at krydset i sig selv, kan have svært ved at håndtere denne mængde trafik, eller at der er yderligere potentiale for at optimere signalstyringen. Det må derfor vurderes, at resultaterne fra den teoretiske DLT samt den potentielle resultater, som kunne være opnået ved en lavere grad af udfordringer med signalstyringen, næppe ville have været sammenlignelige med andre undersøgelser.

Til større og komplicerede krydstyper som DLT-anlæg, er vissim ideelt. Ovenstående til trods, er det bevist at DLT-anlæg kan modelleres og simuleres i Vissim og der kan tolkes på resultaterne. Indlæringskurven kan være stejl, men programmet er samtidigt ganske brugervenligt - måske

lige bortset fra hjælp til fejlsøgning. Det må vurderes, at andre typer mikrosimuleringsværktøjer i ikke har mulighed for så stor variation af parametre og programmet et markant antal måder, samtidig med at ikke kræver særlige evner - andet en viden omkring programmet. Derudover er det industristandarden i Danmark, hvorfor eneste, men dog ret markante, barriere er udvikling af kompetencerne til at udvikle en optimeret model og signalstyring og opmærksomheden omkring de potentielle fordele.

## 11 | Konklusion

---

Litteraturstudiet vist, at der på flere områder var behov for yderligere undersøgelser, for at kunne tilpasse DLT-anlæg som koncept til andre dele af verden, hvor trafikmønster og trafikkultur er en anden end i USA. Disse mangler blev forsøgt løst, men grundet manglende kendskab og forståelse af hovedsageligt signalstyringen - især i starten af projektet, blev det ikke muligt at undersøge disse mangler og områder. Dog må det konkluderes, at der på trods af den fraværende opfyldelse af det umiddelbare formål, er potentiale for krydstypen, da spørgeskemaundersøgelsen viste god forståelse og en overvejende positiv tilgang til krydset.

## 12 | Perspektivering

---

Dette projekt bør, baseret betragtningerne gennemgået i diskussion ses som en tydeliggørelse af et behov for nye, forbedrede undersøgelser/modeller/signalstyring for DLT-anlæg. Dertil kan projektet udgøre et samtaleemne, som kan øge interessen for denne krydstype såvel som for alternative krydstyper generelt. Det blev bevist, at førere i vid udstrækning forstår krydset og dets påkrævede manøvre, hvilket alt andet lige antyder et uudnyttet potentiale, såfremt mere effektiv afvikling kan bekræftes - også på dansk jord.

Helt konkret kan der udvikles mere robuste modeller af højere kvalitet, der sikrer fordele, som DLT-anlæg giver mulighed for at udnytte. Med et uudnyttet potentiale kan det være nødvendigt at kvantificere størrelsen af mulige besparelser på en troværdig måde, og definere under hvilke forudsætninger en DLT-kan være en god og gavnlig løsning - som det oprindelige formål ligeledes var med denne rapport.

Etableringen af DLT-anlæg medfører ligeledes ulemper, som skal håndteres. Hvis eksempelvis arealkrav og andre ulemper for forskellige typer udformninger defineres, og de afviklingsmæssige effekter samtidig er tilgængelige, er der dannet et sagligt grundlag for, hvornår en DLT kan være en god løsning.

# Litteratur

---

- Abdel-Aty et al., 2020.** Mohamed A. Abdel-Aty, Jaeyoung Lee, Jinghui Yuan, Lishengsa Yue Ma'en Al-Omari og Ahmed Abdelrahman. *Evaluation of Innovative Alternative Intersection Designs in the Development of Safety Performance Functions and Crash Modification Factors*, University of Central Florida, 2020.
- Abdelrahman et al., 2020.** Ahmed Abdelrahman, Mohamed Abdel-Aty, Jaeyoung Lee, Lishengsha Yue og Ma'en Mohammad Ali Al-Omari. *Evaluation of displaced left-turn intersections*. *Transportation Engineering*, 2020. Besøgt: 16.12.2021.
- Abou-Senna og Radwan, 2016.** Hatem Abou-Senna og Essam Radwan. *Operational Evaluation of Partial Crossover Displaced Left-turn (XDL) versus Full XDL Intersections*. *Advances in Transportation Studies an International Journal*, 2016. Besøgt: 16.12.2021.
- Andrea Bedini, Lele Zhang og Timothy M. Garoni, 2017.** Andrea Bedini, Lele Zhang og Timothy M. Garoni. *A Case Study of a Continuous Flow Intersection and Its Impact on Public Transport*. In *2017 IEEE 20th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)*, <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8317892>, 2017. Besøgt: 16.12.2021.
- Carroll og Lahausen, 2013.** Diego H. Carroll og Derek Lahausen. *Operational Effects of Continuous Flow Intersection Geometrics: A Deterministic Model*. *Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board*, 2013. Besøgt: 16.12.2021.
- Chery, 2010.** Steve Chery. *A Comparison of Non-traditional Intersection Designs Using Microscopic Simulation*, Florida Atlantic University, 2010.
- Coates et al., 2014.** Angela Coates, Ping Yi, Peng Liu og Xinlu Ma. *Geometric and Operational Improvements at Continuous Flow Intersections to Enhance Pedestrian Safety*. *Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board*, 2014. Besøgt: 16.12.2021.
- Danmarks Nationalbank, 2022.** Danmarks Nationalbank. *DNVALA: Valutakurser efter valuta, kurstype og opgørelsesmetode (årsobservationer)*, 2022. Besøgt: 27.01.2022.
- Danmarks Statistik, 2022.** Danmarks Statistik. *UHELD8*, 2022. Besøgt: 27.01.2022.
- DTU Transport, 2021.** DTU Transport. *Transportøkonomiske enhedspriser*, 2021. Besøgt: 27.01.2022.
- Esawey og Sayed, 2007.** Mohamed El Esawey og Tarek Sayed. *Comparison of Two Unconventional Intersection Schemes*. *Journal of the Transport Research Board*, 2007. Besøgt: 16.12.2021.
- Esawey og Sayed, 2013.** Mohamed El Esawey og Tarek Sayed. *Operational Performance of Four Unconventional Intersections Designs using Micro-simulation*. *Journal of Advanced Transportation*, 2013. Besøgt: 16.12.2021.



**FHWA, 2018.** FHWA. *Crash Costs for Highway Safety Analysis, Federal Highway Administration, 2018.*

**FN, 2022.** FN. *Verdensmålene, 2022. Besøgt: 25.02.2022.*

Michael D. Fontaine, 2009. Michael D. Fontaine. *Operational Comparison of a Continuous Flow Intersection to Conventional Alternatives. In 2009 ITE Annual Meeting, [https://www.researchgate.net/publication/305720807\\_Operational\\_Comparison\\_of\\_a\\_Continuous\\_Flow\\_Intersection\\_to\\_Conventional\\_Alternatives](https://www.researchgate.net/publication/305720807_Operational_Comparison_of_a_Continuous_Flow_Intersection_to_Conventional_Alternatives), 2009. Besøgt: 16.12.2021.*

**Gao et al., 2020.** Xing Gao, Jing Zhao og Meng Wang. *Modelling the Saturation Flow Rate for Continuous Flow Intersections based on Field Collected Data. PLOS ONE, 2020. Besøgt: 16.12.2021.*

**Gyawali et al., 2015.** Sunil Gyawali, Anuj Sharma, Aemal J. Khattak og Edward Smaglik. *Use of Decision Assistance Curves in Advanced Warrant Analysis for Indirect Left-Turn Intersections. Journal of the Transport Research Board, 2015. Besøgt: 16.12.2021.*

**Hughes et al., 2010.** Warren Hughes, Ram Jagannathan, Dibu Sengupta og Joe Hummer. *Alternative Intersections/Interchanges: Informational Report (AIIR), FHWA, 2010.*

**IMF, 2022.** IMF. *GDP, current prices, 2022. Besøgt: 27.01.2022.*

**Jagannathan og Bared, 2004.** Ramanujan Jagannathan og Joe G. Bared. *Design and Operational Performance of Crossover Displaced Left-Turn Intersections. Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board, 2004. Besøgt: 16.12.2021.*

**Jagannathan et al., 2009.** Ramanujan Jagannathan, Warren Hughes og Joe G. Bared. *A New Left Turn. Public Roads, 2009. Besøgt: 16.12.2021.*

**Jagannathan og Bared, 2005.** Ramanujan Jagannathan og Joe G. Bared. *Design and Performance Analysis of Pedestrian Crossing Facilities for Continuous Flow Intersections. Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board, 2005. Besøgt: 16.12.2021.*

**Jiang og Gao, 2020.** Xiancai Jiang og Su Gao. *Signal control method and performance evaluation of an improved displaced left-turn intersection design in unsaturated traffic conditions. Transportmetrica B: Transport Dynamics, 2020. Besøgt: 16.12.2021.*

**Jørgensen et al., 2018.** Annette Jørgensen, Ole Svendsen og Jonas H. Olesen. *TSA 52, Odense SV - Evaluering af dynamisk rudelanlæg, 2018. besøgt: 25.02.2022.*

**Mier et al., 1996.** Francisco Mier, Carl Berkowitz og Clifford Bragdon. *Continuous Flow Intersection: A Public Private Partnership, 1996. Besøgt: 16.12.2021.*

**Morten Frederiksen, 2017.** Peter Gundelach Morten Frederiksen, Rikke Skovgaard Nielsen. *Survey: design, stikprøve, spørgeskema og analyse. Hens Reitzels Forlag, 2017. ISBN: 978-87-4126-465-3.*

**NHTSA, 2019a.** NHTSA. *Traffic Safety Facts - Bicyclists and other cyclists, 2019a. Besøgt: 27.01.2022.*

- NHTSA, 2019b. NHTSA. *Traffic Safety Facts - Pedestrians, 2019b*. Besøgt: 27.01.2022.
- Pan et al., 2021a. Binghong Pan, Shasha Luo, Zhenjiang Xie, Yang Shao, Xiang Li og Ruicheng Ge. *Evaluating Operational Features of Three Unconventional Intersections under Heavy Traffic Based on CRITIC Method*. *Sustainability*, 2021a. Besøgt: 16.12.2021.
- Pan et al., 2021b. Binghong Pan, Shasha Luo, Zhenjiang Xie, Yang Shao, Xiang Li, Jinfeng Ying og Shangru Liu. *Evaluation and Analysis Model of the Length of Added Displaced Left-Turn Lane Based on Entropy Evaluation Method*. *Journal of Advanced Transportation*, 2021b. Besøgt: 16.12.2021.
- Pan et al., 2021c. Binghong Pan, Shasha Luo, Jinfeng Ying, Yang Shao, Shangru Liu, Xiang Li og Jiaqi Lei. *Evaluation and Analysis of CFI Schemes with Different Length of Displaced Left-Turn Lanes with Entropy Method*. *Sustainability*, 2021c. Besøgt: 16.12.2021.
- Sangjung Park og Hesham Rakha, 2010. Sangjung Park og Hesham Rakha. *Continuous Flow Intersections: A Safety and Environmental Perspective*. In *2010 13th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems*, <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5625038>, 2010. Besøgt: 16.12.2021.
- Pishue, 2020. Bob Pishue. *2020 INRIX Global Traffic Scorecard*, INRIX, [https://www.boston.com/wp-content/uploads/2021/03/2020\\_INRIX\\_Scorecard\\_-6046893ec91f4.pdf](https://www.boston.com/wp-content/uploads/2021/03/2020_INRIX_Scorecard_-6046893ec91f4.pdf), 2020. besøgt: 25.02.2022.
- Qi et al., 2018. Yi Qi, Qun Zhao, Mehdi Azimi, Qiao Sun og Sahil Shah. *Use of Innovative Intersection Designs for Improving Mobility and Reducing Roadway Traffic Congestion*, Center for Advanced Multimodal Mobility Solutions and Education, 2018.
- Qi et al., 2020. Yi Qi, Qun Zhao, Shaojie Liu og Mehdi Azimi. *Signal Timing Strategy for Displaced Left Turn Intersections*. Center for Advanced Multimodal Mobility Solutions and Education, <https://rosap.nhtl.bts.gov/view/dot/57032>, 2020. Besøgt: 16.12.2021.
- Qu et al., 2020. Wenrui Qu, Qiao Sun, Qun Zhao, Tao Tao og Yi Qi. *Statistical Analysis of Safety Performance of Displaced Left-Turn Intersections: Case Studies in San Marcos, Texas*. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2020. Besøgt: 16.12.2021.
- Qu et al., 2021. Wenrui Qu, Shaojie Liu, Qun Zhao og Yi Qi. *Development of a Progression-Based Signal-Timing Strategy for Continuous-Flow Intersections*. *Transport Engineering Part A: Systems*, 2021. Besøgt: 16.12.2021.
- Reid og Hummer, 2001. Jonathan D. Reid og Joseph E. Hummer. *Travel Time Comparisons Between Seven Unconventional Arterial Intersection Designs*. *Transport Research Record*, 2001. Besøgt: 16.12.2021.
- Rodgers et al., 2020. Michael O. Rodgers, Franklin Gbologah og Kameraia E. Abdella. *Public Involvement/Education on Alternative Intersection/Interchange Designs*, FHWA, 2020.

- Rouphail et al., 2020.** Nagui M. Rouphail, Chris Cunningham, William J. Davis, Shannon Warchol og Ishtiak Ahmed. *Integrated Implementation of Innovative Intersection Design. North Carolina State University, <https://rosap.nrl.bts.gov/view/dot/56910>, 2020. Besøgt: 16.12.2021.*
- Rouphail et al., 2021.** Nagui M. Rouphail, Chris Cunningham, Shannon Warchol og Ishtiak Ahmed. *Mobility Assessment of Pedestrian and Bicycle Treatments at Complex Continuous Flow Intersections. Journal of Transportation Engineering, Part A: Systems, 2021. Besøgt: 16.12.2021.*
- Steyn et al., 2014.** Herman Steyn, Zachary Bugg, Brian Ray, Andy Daleiden, Pete Junior, Julia Knudsen og Kittelson & Associates Inc. *Displaced Left Turn Informational Guide, FHWA, 2014.*
- Suh og Hunter, 2014.** Wonho Suh og Michael P. Hunter. *Signal design for displaced left-turn intersection using Monte Carlo method. KSCE Journal of Civil Engineering, 2014. Besøgt: 16.12.2021.*
- Sun et al., 2015.** Weili Sun, Xinkai Wu, Yunpeng Wang og Guizhen Yu. *A Continuous-Flow-Intersection-Lite Design and Traffic Control for Oversaturated Bottleneck Intersections. Transport Research Part C: Emerging Technologies, 2015. Besøgt: 16.12.2021.*
- Tarko et al., 2008.** Andrew P. Tarko, Mike Inerowicz og Brandon Lang. *Safety and Operational Impacts of Alternative Intersections, FHWA, 2008.*
- The World Bank, 2022.** The World Bank. *Mortality caused by road traffic injury (per 100,000 population) - United States, Denmark, 2022. Besøgt: 27.01.2022.*
- Transportministeriet, 2021a.** Transportministeriet. *Bilag til aftaletekst - Projektoversigt, Transportministeriet, <https://www.trm.dk/media/ofdn4hel/bilag-til-aftaletekst-projektoversigtmm3006-final-a.pdf>, 2021a. besøgt: 25.04.2022.*
- Transportministeriet, 2021b.** Transportministeriet. *Tid til at vende tilbage til den kollektive transport, 2021b. Besøgt: 25.02.2022.*
- Vejdirektoratet, 2020.** Vejdirektoratet. *Statsvejnettet 2020, Vejdirektoratet, [https://www.vejdirektoratet.dk/sites/default/files/2020-08/Statsvejnettet%202020\\_web.pdf](https://www.vejdirektoratet.dk/sites/default/files/2020-08/Statsvejnettet%202020_web.pdf), 2020. besøgt: 25.02.2022.*
- Vejdirektoratet, 2018.** Vejdirektoratet. *Opdatering af VVM-undersøgelse af Frederikssundmotorvejen - trafikale effekter, Vejdirektoratet, [https://api.vejdirektoratet.dk/sites/default/files/2021-01/20-07722-5%20Opdatering%20af%20VVM%20Frederikssundmotorvejen%20-%20trafikale%20effekter%206887983\\_1\\_1.PDF](https://api.vejdirektoratet.dk/sites/default/files/2021-01/20-07722-5%20Opdatering%20af%20VVM%20Frederikssundmotorvejen%20-%20trafikale%20effekter%206887983_1_1.PDF), 2018. besøgt: 25.04.2022.*
- Vejdirektoratet, 2021.** Vejdirektoratet. *Nøgletal om vejtransport, 2021.*
- Vejdirektoratet, 2019.** Vejdirektoratet. *Det nye trafikanlæg på Fynske Motorvej syd for Odense hjælper trafikanterne hurtigere frem. <https://www.vejdirektoratet.dk/nyhed/2019/det-nye-trafikanlaeg-paa-fynske-motorvej-syd-odense-hjaelper-trafikanterne-hurtigere-0>, 2019. besøgt: 25.02.2022.*

- Vejdirektoratet, 2022.** Vejdirektoratet. *Uheldsdata, 2022*.
- Via Trafik, 2018a.** Via Trafik. *Frederikssundsruuten Evaluering, Supercykelstier, 2018a*.
- Via Trafik, 2018b.** Via Trafik. *Ring 4-ruten Evaluering, Supercykelstier, 2018b*.
- Wang et al., 2019.** Tao Wang, Jing Zhao og Chaoying Li. *Pedestrian Delay Model for Continuous Flow Intersections under Three Design Patterns. Mathematical Problems in Engineering, 2019. Besøgt: 16.12.2021*.
- WSP Canada, 2020.** WSP Canada. *St. Peters Road Intersection: An Innovative Design Approach, 2020*.
- Xiaoming You, 2013.** Wanjing Ma Xiaoming You, Li Li. *Coordinated Optimization Model for Signal Timings of Full Continuous Flow Intersections. Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board, 2013. Besøgt: 16.12.2021*.
- Xu et al., 2014.** Bo Xu, Matei Strolia og Jane Macfarlane. *A Before and After Study for Travel Time of Unconventional Intersections Using Probe Data. SIGSPATIAL, 2014. Besøgt: 16.12.2021*.
- Yang og Cheng, 2016.** Xianfeng Yang og Yao Cheng. *Development of Signal Optimization Models for Asymmetric Two-Leg Continuous Flow Intersections. Transport Research Part C: Emerging Technologies, 2016. Besøgt: 16.12.2021*.
- Yang og Lu, 2011.** Xianfeng Yang og Yang Lu. *An Integrated Computer System for Analysis, Selection and Evaluation of Unconventional Intersections. State Highway Administration, [https://www.roads.maryland.gov/OPR\\_Research/MD-11-SP909B4H-An-Integrated-Computer-System-for-Analysis-Selection-and-Evaluation-of-Unconventional-Intersections-Report.pdf](https://www.roads.maryland.gov/OPR_Research/MD-11-SP909B4H-An-Integrated-Computer-System-for-Analysis-Selection-and-Evaluation-of-Unconventional-Intersections-Report.pdf), 2011. Besøgt: 16.12.2021*.
- Yang et al., 2013.** Xianfeng Yang, Gang-Len Chang, Saed Rahwanji og Yang Lu. *Development of Planning-Stage Models for Analyzing Continuous-Flow Intersections. Journal of Transportation Engineering, 2013. Besøgt: 16.12.2021*.
- Yang et al., 2016.** Xianfeng Yang, Yao Cheng og Gang-Len Chang. *Operational Analysis and Signal Design for Asymmetric Two-legged Continuous-Flow Intersection. Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board, 2016. Besøgt: 16.12.2021*.
- Zhao et al., 2010.** Jing Zhao, Wanjing Ma, K. Larry Head og Xiaogang Yang. *Performance Analysis of Parallel Flow Intersection and Displaced Left-Turn Intersection Designs. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 2010. Besøgt: 16.12.2021*.
- Zhao et al., 2015.** Jing Zhao, Wanjing Ma, K. Larry Head og Xiaogang Yang. *Optimal operation of displaced left-turn intersections: A lane-based approach. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 2015. Besøgt: 16.12.2021*.
- Zhao et al., 2019.** Jing Zhao, Xing Gai og Victor L. Knoop. *An Innovative Design for Left Turn Bicycles at Continuous Flow Intersections. Transportmetrica B: Transport Dynamics, 2019. Besøgt: 16.12.2021*.

**Zhimiao et al., 2019.** Shi Zhimiao, Luo Qingyu og Zhang Shiyin. *Delay Estimation and Application Conditions of Two-legged Continuous Flow Intersection. 4th International Conference on Electromechanical Control Technology and Transportation, 2019. Besøgt: 16.12.2021.*

**Zlatkovic, 2015.** Milan Zlatkovic. *Development of Performance Matrices for Evaluating Innovative Intersections and Interchanges, Utah Department of Transportation, 2015.*





# Del V - Bilag

|                  |                              |            |
|------------------|------------------------------|------------|
| <b>Kapitel A</b> | <b>Litteraturstudie</b>      | <b>82</b>  |
| A.1              | Fremgangsmåde og opbygning   |            |
| A.2              | Søgning og filtrering        |            |
| A.3              | Resultater                   |            |
| A.4              | Diskussion                   |            |
| <b>Kapitel B</b> | <b>Spørgeskema</b>           | <b>96</b>  |
| B.1              | Udarbejdelse af spørgeskema  |            |
| B.2              | Præsentation af spørgeskema  |            |
| B.3              | Distribuering af spørgeskema |            |
| B.4              | Diskussion                   |            |
| <b>Kapitel C</b> | <b>Situationsbilleder</b>    | <b>115</b> |

# A | Litteraturstudie

---

I forbindelse med rapporten er der udført et litteraturstudie. Formålet er at undersøge tidligere arbejde, analyser og erfaringer med krydstypen og dertilhørende muligt forbedringspotentiale og udfordringer. Dette gælder på alle tænkelige punkter for krydstypen i sig selv for at opnå så bredt et vidensgrundlag som muligt.

Ophavet til DLT-designet tilhører Francisco Mier, der i 1991 tog patent på designet. I den forbindelse blev der udgivet en rapport, som fremhæver de operationelle fordele – på teoretisk plan - og ulemper og udfordringer ved løsningen [Mier et al., 1996]. Nogle år efter patenteringen, i 1996, lykkedes det Mier at få anlagt det første DLT-anlæg i verden, en T-DLT i krydset mellem William Floyd Parkway og Norwood Drive ved National Aviation and Transportation Center under Dowling College i Shirley, New York. Siden er der bygget DLT-anlæg i Nord- og Mellemamerika, Europa, Kina og Australien. Fokus i litteraturstudiet er udelukkende på Nordamerika, hvor der er klart flest anlæg, samtidig med at trafikforhold og adfærd er nogenlunde sammenligneligt med danske forhold. Dertil antages det, at der her findes en tilstrækkelig mængde litteratur, som kan danne baggrund for et litteraturstudie.

## A.1 Fremgangsmåde og opbygning

Der anvendes seks trin til filtreringen af kilder i litteraturstudiet. Første trin er at indsamle samtlige kilder fra de udvalgte databaser. Disse samles i hvert sit projekt i kildehåndteringsprogrammet Refworks. Alle kilder fra de enkelte projekter samles dernæst i ét projekt. Her fjernes dubletter, således kun unikke kilder er tilbage. I næste trin frasorteres kilder der på baggrund af titel, abstract og format ikke er relevante for dette litteraturstudie. Herunder indgår kilder, der omhandler andre fagområder og kilder, der intet har med DLT-anlæg eller lignende alternative krydstyper at gøre blandt andet. For de tilbageværende kilder undersøges tilgængeligheden af disse. Utilgængelige kilder og kilder på et andet sprog end engelsk, sorteres fra. Herfra skimmes de tilgængelige kilder. Af disse kilder differentieres der mellem to typer i litteraturstudiet:

- **Direkte anvendelige kilder** belyser selve anlæggets enkelte dele, herunder optimering af signalanlæg og geometri, håndteringen af bløde trafikanter og den operationelle ydeevne af DLT-anlægget. Med andre ord *hvordan* krydset laves bedst. Kilderne i denne kategori belyses yderligere i de følgende afsnit.
- **Indirekte anvendelige kilder** belyser sikkerhed, overordnet beskrivelse og sammenligninger med andre krydstyper. Med andre ord, hvor *hvorfor* krydset anlægges. Kilderne i denne kategori anvendes i indledningen af rapporten som introduktion til krydstypen.

Efter delingen af direkte og indirekte anvendelige kilder, gennemlæses de direkte relevante kilder og kategoriseres ud fra en række områder, som kilden behandler. Herefter følger en præsentation af resultaterne fra litteraturstudiet, ordnet efter den omtalte kategorisering. Sidst følger en diskussion af litteraturstudiet, som blandt andet omhandler forskelle mellem Danmark og USA, og hvordan der kan drages inspiration af metoder og erfaringer.



## A.2 Søgning og filtrering

DLT-anlæg som koncept er relativt nyt og ej heller implementeret i større omfang, hvorfor søgningen ikke afgrænses i forhold til tidsperiode eller dokumenttype, ligesom der anvendes en lang række søgeord. Alle søgeordskombinationer undersøges i fire databaser, som hver især dækker flere områder inden for ingeniørvidenskab og transport generelt, både fra USA og resten af verden. De fire databaser og søgeordskombinationer gennemgås nedenfor.

- IEEE Xplore, referet til som IEEE
- ScienceDirect, referet til som SD
- Scopus
- Transport Research Information Documentation, referet til som TRID

I forbindelse med litteraturstudiet blev en pre-screening udført. Denne afslørede alternative betegnelser for DLT-anlæg: 'Crossover Displaced Left-turn' (XDL) og 'Continuous Flow Intersection' (CFI). De tre navne bruges omskifteligt, hvorfor alle anvendes i søgningen. I pre-screeningen blev forkortelser anvendt, hvilke gav flere irrelevante resultater, hvorfor forkortelse blev fjernet i søgningen. Få kilder omhandlede sikkerhed, hvorfor flere søgeord omkring sikkerhed og bløde trafikanter blev tilføjet. Pre-screeningen viste, at en del fremsøgte kilder gik igen i litteraturstudier i en lang række kilder. Af denne årsag og grundet manglende tidsmæssige ressourcer er snow-balling ikke en del af søgningsmetoderne i dette litteraturstudie. De anvendte søgetermer og resultaterne heraf fremgår af tabel A.1.

Tabel A.1: Resultater af søgning. (-) angiver de faste søgeord; ("Continuous Flow Intersection" OR "Displaced Left Turn" OR "Crossover Displaced Left-turn")

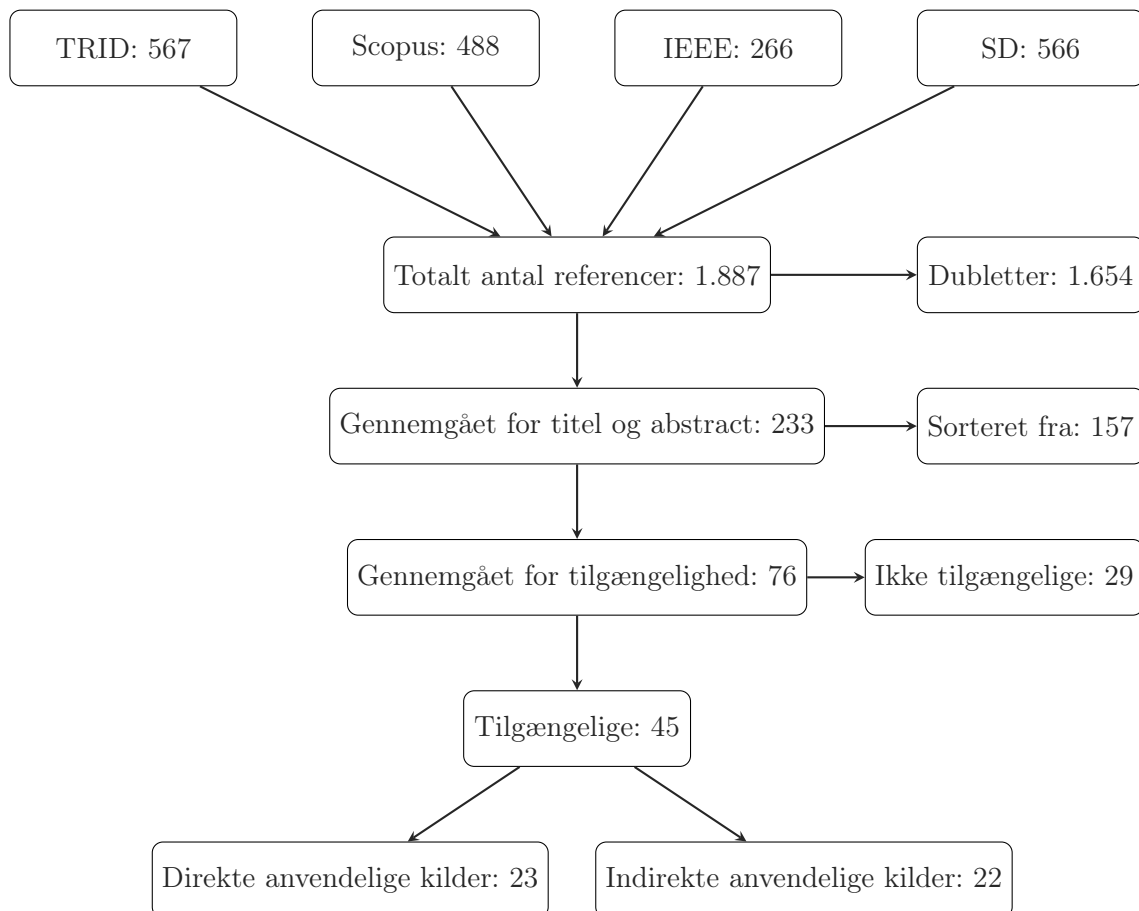
|                                  | IEEE | SD* | Scopus | TRID |
|----------------------------------|------|-----|--------|------|
| (-)                              | 66   | 47  | 73     | 96   |
| (-) AND (Accidents OR Incidents) | 3    | 11  | 3      | 7    |
| (-) AND Analysis                 | 26   | 43  | 39     | 37   |
| (-) AND (Bike* OR Bicycl*)       | 1    | 14  | 3      | 1    |
| (-) AND Capacity                 | 14   | 44  | 38     | 43   |
| (-) AND Conflicts                | 9    | 42  | 32     | 25   |
| (-) AND (Congest* OR Saturat*)   | 18   | 41  | 30     | 32   |
| (-) AND Construct*               | 8    | 25  | 15     | 21   |
| (-) AND Design*                  | 22   | 47  | 60     | 88   |
| (-) AND Geometr*                 | 5    | 38  | 18     | 33   |
| (-) AND Optimiz*                 | 26   | 38  | 28     | 21   |
| (-) AND Pedestrians              | 4    | 28  | 11     | 17   |
| (-) AND Safety                   | 12   | 36  | 24     | 50   |
| (-) AND Sensitivity              | 0    | 18  | 7      | 1    |
| (-) AND Simulat*                 | 32   | 36  | 39     | 34   |
| (-) AND ("Travel time" OR Delay) | 20   | 42  | 46     | 37   |
| (-) AND Vissim                   | 0    | 16  | 22     | 15   |
| Sum                              | 266  | 566 | 488    | 567  |

\* ScienceDirect kan ikke håndtere \* i søgninger. I stedet anvendes:

- (-) AND (Bikes OR Bicycle OR Bicyclist), (-) AND (Congestion OR Saturation),
- (-) AND (Constructing OR Construction), (-) AND (Designing OR Design),
- (-) AND (Geometry OR Geometrics), (-) AND (Optimizing OR Optimization),
- (-) AND (Simulating OR Simulation)

På baggrund af fremgangsmåden beskrevet i afsnit A.1, er filtreringsprocessen præsenteret i figur A.1.

Figur A.1: Filtrering af resultater fra søgning i databaser til anvendelige kilder.



De 23 direkte anvendelige kilder belyser tilsammen bredt omkring tilgange i forbindelse med især modellering af signaler og geometri af DLT-anlæg. Der er derfor opstillet en række områder med tilhørende som kilderne hver især behandler inden for modellering. Andre hensyn i forbindelse med DLT-anlæg, eksempelvis uheldsanalyser, sammenligning med andre krydstyper og generelle beskrivelser og definitioner er inkluderet i de indirekte anvendelige kilder.

### A.3 Resultater

I dette afsnit præsenteres resultaterne fra litteraturstudiet opdelt efter direkte anvendelige kilder og indirekte anvendelige kilder, som blev udledt gennem filtreringen af kilderne. For begge gruppe kilder opstilles en tabel med hvilke områder, der enkelte kilder berører, en gennemgang af hver kilde samt udfordringer eller mangler for den nuværende forskning.

#### A.3.1 Direkte anvendelige kilder

Temaer og tilhørende faktorer udledt af de direkte anvendelige kilder fremgår af tabel A.2.

Tabel A.2: Tilgang for de direkte anvendelige kilder. Intet 'x' angiver intet svar/ikke tydeligt.

| Kategori \ Kilde         | [Sun et al., 2015] | [Zhao et al., 2019] | [Yang og Lu, 2011] | [Wang et al., 2019] | [Xiaoming You, 2013] | [Zhimiao et al., 2019] | [Jagannathan og Bared, 2004] | [Jagannathan og Bared, 2005] | [Qu et al., 2021] | [Yang et al., 2013] | [Yang og Cheng, 2016] | [Coates et al., 2014] | [Rouphail et al., 2020] | [Rouphail et al., 2021] | [Yang et al., 2016] | [Carroll og Lahausen, 2013] | [Zhao et al., 2015] | [Zhao et al., 2010] | [Jiang og Gao, 2020] | [Suh og Hunter, 2014] | [Qi et al., 2020] | [Pan et al., 2021b] | [Pan et al., 2021c] |
|--------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|----------------------|------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------|-----------------------------|---------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|-------------------|---------------------|---------------------|
| <b>Konfiguration</b>     |                    |                     |                    |                     |                      |                        |                              |                              |                   |                     |                       |                       |                         |                         |                     |                             |                     |                     |                      |                       |                   |                     |                     |
| Fuld DLT                 | x                  | x                   | x                  | x                   | x                    |                        | x                            | x                            | x                 | x                   |                       | x                     | x                       |                         |                     | x                           | x                   | x                   |                      | x                     | x                 |                     |                     |
| Partiel                  |                    |                     | x                  |                     |                      | x                      | x                            | x                            |                   |                     |                       |                       | x                       | x                       |                     | x                           | x                   | x                   |                      |                       | x                 | x                   |                     |
| Asymmetrisk              |                    |                     | x                  |                     |                      |                        |                              |                              |                   |                     | x                     |                       |                         |                         | x                   |                             |                     |                     |                      |                       | x                 |                     |                     |
| T-kryds                  |                    |                     | x                  |                     |                      |                        | x                            | x                            |                   |                     |                       |                       |                         |                         |                     |                             |                     |                     |                      |                       |                   |                     |                     |
| Et-benet                 |                    |                     |                    |                     |                      |                        |                              |                              |                   |                     |                       |                       |                         |                         |                     |                             |                     |                     |                      |                       |                   |                     |                     |
| <b>Simulering</b>        |                    |                     |                    |                     |                      |                        |                              |                              |                   |                     |                       |                       |                         |                         |                     |                             |                     |                     |                      |                       |                   |                     |                     |
| Vissim                   |                    |                     | x                  | x                   |                      | x                      | x                            | x                            | x                 | x                   | x                     |                       | x                       | x                       | x                   |                             | x                   | x                   | x                    | x                     | x                 | x                   | x                   |
| Andet                    |                    |                     |                    |                     |                      |                        |                              |                              |                   |                     |                       |                       | x                       | x                       |                     |                             |                     |                     | x                    | x                     |                   |                     |                     |
| Ingen                    |                    | x                   |                    |                     | x                    |                        |                              |                              |                   |                     |                       | x                     |                         |                         |                     | x                           |                     |                     |                      |                       |                   |                     |                     |
| <b>Signaloptimering</b>  |                    |                     |                    |                     |                      |                        |                              |                              |                   |                     |                       |                       |                         |                         |                     |                             |                     |                     |                      |                       |                   |                     |                     |
| Egen model               | x                  | x                   | x                  | x                   |                      |                        |                              |                              | x                 | x                   | x                     |                       |                         |                         | x                   | x                           | x                   |                     |                      |                       |                   |                     |                     |
| Software                 |                    |                     |                    |                     |                      |                        |                              |                              |                   |                     |                       |                       |                         |                         |                     |                             |                     |                     |                      |                       |                   |                     |                     |
| Andet                    |                    |                     |                    |                     |                      |                        |                              | x                            | x                 |                     | x                     |                       | x                       | x                       |                     |                             |                     | x                   | x                    |                       | x                 |                     |                     |
| Ingen                    |                    |                     |                    |                     |                      | x                      | x                            |                              |                   |                     |                       | x                     |                         |                         |                     |                             |                     |                     |                      |                       |                   |                     |                     |
| <b>Signalmodel</b>       |                    |                     |                    |                     |                      |                        |                              |                              |                   |                     |                       |                       |                         |                         |                     |                             |                     |                     |                      |                       |                   |                     |                     |
| Grøntid                  |                    |                     |                    |                     |                      |                        |                              |                              |                   |                     |                       |                       |                         | x                       | x                   | x                           |                     |                     |                      |                       | x                 |                     |                     |
| Køtlængde                | x                  | x                   | x                  |                     | x                    |                        | x                            |                              |                   | x                   | x                     |                       |                         |                         |                     |                             |                     |                     |                      |                       |                   |                     |                     |
| Progression              |                    |                     |                    |                     |                      |                        |                              |                              |                   |                     |                       |                       |                         |                         |                     |                             |                     |                     |                      |                       |                   |                     |                     |
| Forsinkelse              |                    |                     |                    | x                   | x                    | x                      | x                            |                              |                   |                     |                       |                       |                         |                         |                     |                             |                     |                     |                      |                       |                   |                     |                     |
| <b>Følsomhedsanalyse</b> |                    |                     |                    |                     |                      |                        |                              |                              |                   |                     |                       |                       |                         |                         |                     |                             |                     |                     |                      |                       |                   |                     |                     |
| Var. trafik              |                    | x                   | x                  | x                   | x                    | x                      | x                            |                              | x                 | x                   |                       | x                     |                         |                         |                     |                             | x                   | x                   |                      | x                     | x                 | x                   | x                   |
| Var. sving%              |                    |                     | x                  | x                   | x                    | x                      | x                            |                              |                   |                     |                       |                       |                         |                         |                     |                             | x                   | x                   |                      | x                     | x                 |                     |                     |
| Ingen                    | x                  |                     |                    |                     |                      |                        |                              |                              |                   |                     | x                     |                       |                         | x                       | x                   | x                           |                     |                     | x                    |                       |                   |                     |                     |
| <b>Spidsintensitet</b>   |                    |                     |                    |                     |                      |                        |                              |                              |                   |                     |                       |                       |                         |                         |                     |                             |                     |                     |                      |                       |                   |                     |                     |
| Ja                       | x                  | x                   | x                  | x                   | x                    | x                      | x                            |                              |                   | x                   |                       |                       | x                       | x                       | x                   |                             | x                   | x                   |                      | x                     |                   | x                   | x                   |
| Nej                      |                    | x                   |                    |                     |                      |                        |                              |                              |                   |                     |                       |                       |                         |                         |                     |                             |                     |                     | x                    |                       |                   | x                   | x                   |
| <b>Trafikinput</b>       |                    |                     |                    |                     |                      |                        |                              |                              |                   |                     |                       |                       |                         |                         |                     |                             |                     |                     |                      |                       |                   |                     |                     |
| Balanceret               |                    |                     | x                  | x                   |                      |                        |                              |                              |                   |                     |                       | x                     |                         | x                       |                     |                             | x                   | x                   |                      | x                     | x                 |                     |                     |
| Ubalanceret              | x                  | x                   | x                  |                     |                      | x                      | x                            |                              |                   | x                   |                       |                       | x                       | x                       | x                   |                             |                     |                     |                      |                       |                   | x                   | x                   |
| <b>Geometri</b>          |                    |                     |                    |                     |                      |                        |                              |                              |                   |                     |                       |                       |                         |                         |                     |                             |                     |                     |                      |                       |                   |                     |                     |
| Konstant                 |                    | x                   |                    | x                   | x                    | x                      | x                            | x                            |                   |                     | x                     |                       | x                       | x                       | x                   |                             | x                   | x                   |                      | x                     | x                 |                     |                     |
| Variabel                 |                    |                     |                    |                     |                      |                        |                              |                              |                   |                     |                       |                       |                         |                         |                     |                             |                     |                     |                      |                       |                   |                     |                     |
| Beregnet                 | x                  |                     | x                  |                     |                      |                        |                              |                              | x                 | x                   |                       | x                     |                         |                         |                     | x                           |                     |                     | x                    |                       |                   | x                   | x                   |
| <b>Bløde trafikanter</b> |                    |                     |                    |                     |                      |                        |                              |                              |                   |                     |                       |                       |                         |                         |                     |                             |                     |                     |                      |                       |                   |                     |                     |
| Fodgængere               |                    |                     |                    | x                   |                      |                        |                              | x                            |                   |                     |                       | x                     | x                       | x                       |                     |                             |                     |                     |                      |                       |                   |                     |                     |
| Cyklister                |                    | x                   |                    |                     |                      |                        |                              |                              |                   |                     |                       |                       | x                       | x                       |                     |                             |                     |                     |                      |                       |                   |                     |                     |
| Ingen                    | x                  |                     | x                  |                     | x                    | x                      | x                            |                              | x                 | x                   | x                     |                       |                         |                         | x                   | x                           | x                   | x                   | x                    | x                     | x                 | x                   | x                   |
| <b>Implementering</b>    |                    |                     |                    |                     |                      |                        |                              |                              |                   |                     |                       |                       |                         |                         |                     |                             |                     |                     |                      |                       |                   |                     |                     |
| Ja                       | x                  | x                   |                    |                     |                      |                        |                              |                              |                   | x                   | x                     |                       |                         |                         | x                   |                             |                     |                     | x                    |                       |                   | x                   | x                   |
| Nej                      |                    |                     | x                  | x                   | x                    | x                      | x                            | x                            | x                 |                     |                       | x                     | x                       | x                       |                     | x                           | x                   | x                   |                      | x                     |                   |                     |                     |
| <b>Måleparameter</b>     |                    |                     |                    |                     |                      |                        |                              |                              |                   |                     |                       |                       |                         |                         |                     |                             |                     |                     |                      |                       |                   |                     |                     |
| Kapacitet                | x                  |                     |                    |                     |                      |                        |                              |                              |                   |                     |                       |                       |                         |                         |                     |                             |                     |                     |                      |                       |                   |                     |                     |
| Afvikling                |                    |                     |                    |                     | x                    |                        |                              |                              |                   |                     |                       | x                     |                         |                         |                     |                             | x                   | x                   | x                    | x                     |                   | x                   |                     |
| Forsinkelse              |                    | x                   | x                  | x                   | x                    | x                      |                              | x                            | x                 | x                   | x                     | x                     | x                       | x                       |                     |                             | x                   | x                   | x                    | x                     | x                 |                     |                     |
| Køtlængde                |                    | x                   | x                  |                     | x                    |                        |                              |                              | x                 | x                   | x                     |                       |                         |                         | x                   |                             |                     |                     |                      |                       | x                 |                     |                     |
| Antal stop               |                    |                     |                    |                     |                      |                        |                              | x                            |                   |                     | x                     |                       | x                       | x                       |                     |                             | x                   | x                   |                      |                       |                   |                     |                     |

De direkte anvendelige kilder kan hovedsageligt opdeles i tre grupper.

- Én gruppe med fokus på udarbejdelsen af en teoretisk model til signaloptimering og samordning mellem signalet i det primære og det/de sekundære kryds.
- Én gruppe, hvor det primære fokus er på afvikling af bløde trafikanter.
- Én gruppe med fokus på implementeringen af løsningen på en reel lokation - med varierende teoretisk analyse forinden.

Alle kilder i ovenstående rækkefølge beskrive én for én i de følgende afsnit.

### **Gennemgang af direkte anvendelige kilder**

Et af de tidligste forsøg på at modellere en optimeringsproces for en DLT, og som danner baggrunden for modeller fremadrettet, kom fra FHWA selv i 2004. Her blev den operationelle effektivitet af en fuld-, partiel- og T-DLT undersøgt og sammenlignet med et konventionelt kryds. Der anvendtes non-lineære regressionsmodeller til estimering af kø og forsinkelser, og en omfattende følsomhedsanalyse blev udført. I modelleringen blev fodgængere dimensionsgivende for den mindst tilladte grøntid for hver retning, og signal blev optimeret ved hjælp af programmet WINQSB, da hverken programmet Synchro, som ellers er bredt anvendt, og Transyt7f ikke gav tilfredsstillende resultater. Projektet havde dermed karakter af undersøgende karakter, snarere end optimering. [1086]

Formålet i [1040] kan ligeledes beskrives som undersøgende, da kapaciteten af hvert spor i både en fuld- og partiel DLT samt PFI analyseres og simuleres i vissim. Der anvendes i den forbindelse fastlagt geometri og følsomhedsanalysen dækker tre scenarier med gradvist forøget og mere ubalancerede trafikinput. Signalanlægget i alle scenarier optimeres gennem 'trial and error'. DLT-anlæggene har generelt bedre afvikling og lavere forsinkelse for venstresvingende og færre stops i det hele taget.

Præcis hvad der ligger til grund for, at den operationelle effektivitet i en DLT ofte er højere end konventionelle anlæg undersøges i [1036]. Her varieres længden af svingbaner og DLTL i en række scenarier, og 600 arbitrære datasæt med trafikinput anvendes. Forsinkelse bestemmes for hvert spor ud fra en kø-model og vurderes ud fra den observerede trafikvolumen, den kritiske trafikvolumen og ratioen mellem de to for hvert spor. Sammenlignet med simuleringresultater opnås en forklaringsgrad på ikke under 0,8 for de tre parametre. Modellen anvendes på et virkeligt eksempel med trafikdata både morgen og aften med en umiddelbar længde af de enkelte svingbaner og geometri i øvrigt, hvor der dog opstår behov forlængelse af flere svingbaner for at overholde begrænsningerne givet i modellen. I eksemplet opnås forbedringer for både forsinkelse, rejsetid og antallet af stop.

I [31] præsenteres et softwareprogram (Maryland Unconventional Intersection Design tool, MUID) udviklet til at estimere kølængde og forsinkelse på baggrund af input om trafikmængden på hvert ben og geometri, i alle DLT-konfigurationer såvel som DDI-anlæg. Der kan manuelt vælges mellem forskellig længde af svingbaner, herunder DLTL, mens signalet optimeres med Transyt7f. Desuden antages højresving som værende shunt og indgår derfor ikke. Programmet baseres på både en kø- og forsinkelsesmodel for hver enkelt strøm i hvert anlæg. Disse modeller opnår en forklaringsgrad på ikke under 0,9, når der sammenlignes med simuleringer i vissim. Der gøres opmærksom på, at programmet bør anvendes til screening af løsninger, og skal derfor ses i henhold til andre mulige krydstyper.

I [1077] introduceres progression mellem før- og hovedkryds som en betingelse for signaloptimeringen foruden en kømodel. Formålet er her at have så lav en omløbstid som muligt, og derudfra beregnes forsinkelse kriterie. Signalet optimeres manuelt ud fra modellerne i en fuld DLT, men dog uden hensyn til fodgængere eller højresvingene. En følsomhedsanalyse afslører, at der afvikles flest køretøjer med en venstresvingsprocent mellem 30-40% af den ligeudkørende intensitet.

I [1116] udvikles en forsinkelsesmodel for en partiel DLT, som bygger på en kømodel og med markant vægt på progression og mindre på signaloptimering i sig selv. Modellerne simuleres og sammenlignes med vissim og et konventionelt anlæg, hvor der anvendes konstant geometri og balancerede trafikinput. I sammenligningen opnås de største forsinkelsesmæssige gevinster ved en venstresvingsprocent mellem 25-30% af den ligeudkørende trafik. Resultaterne kan dog være misvisende grundet forsimplede antagelser og en smal følsomhedsanalyse med lave trafikinput, hvorfor krydset altid rømmes under hvert omløb.

Modsat tidligere modeller, hvor geometrien har lagt helt eller delvist fast, bliver længden af DLT i en fuld DLT beregnet i [56]. Fordelingen af grøntid bestemmes ud fra trafikintensiteten i hovedkrydset, hvorefter førkrydsene optimeres efter både en progression- og kømodel, der sikrer så få stop som muligt og ingen blokering af før-krydset. Der opnås i en følsomhedsanalyse, med ubalancerede trafikinput, væsentligt mere jævn og generelt lavere forsinkelse, kølængde og rejsetid end både et standard og optimeret signalprogram i Synchro. En kortere gennemgang af resultaterne fra rapporten beskrives i [1055].

I [1031] anvendes programmering i form af 'Mixed Integer non-Linear Programming' (MILP)-metode til optimering af signalanlægget for hvert spor og bestemme længden af DLT. Som i [56] fordeles grøntiden efter trafikintensitet i hovedkrydset, dog maksimeres den vægtede grøntid for hver retning, hvormed mere trafik har højere vægt. Der undersøges både for fuld- og partiel DLT som for PFI. Progression såvel som kapacitet af hvert spor indgår som betingelser, og følsomhedsanalysen gælder alle typer af førnævnte kryds med balancerede trafikinput og fast omløbstid. Resultaterne viser, at DLT generelt er bedre end PFI, især ved en højere venstresvingsprocent og alle testede scenarier er bedre end en konventionel løsning.

MILP-metoden anvendes ligeledes som én af to til modellering af signaloptimering i [1069], der omhandler en asymmetrisk DLT. I den udviklede model tildeles hver retning grøntid ud fra en række kriterier, men der anvendes en maksimering af 'multiplier' for alle strømme, for at opnå det mest optimale signalprogram og fordeling af grøntid. Derefter sikres tilfredsstillende progression for hver strøm og længden af DLT bestemmes ud fra manuel løsning af ligningerne. I den anden model løses ligningerne med MILP ud fra maksimering af et 'Performance Index' for hver strøm. Modellen testes på et virkeligt kryds, hvor resultaterne fra de to modeller er relativt enslydende, med model 2, som værende den bedste. Der sammenlignes ligeledes med et optimeret signalprogram i Synchro, som er væsentligt ringere og ujævne end de to udviklede modeller. De samme forfattere tester og udvikler modellen yderligere i [20], hvor der fortsat ses på en asymmetrisk DLT. Der udvikles en begrænsning angående kølængde og omløbstid, men maksimeringskriterierne forbliver de samme. Den nye model (alle begrænsninger) sammenlignes i det samme kryds som i [1069] med den gamle (progression for én retning) samt en model uden begrænsningen om kølængde (omløbstid og progression). Resultaterne viser, at den nye model med alle begrænsninger giver lavere forsinkelse og færre stop end de to andre, men den gamle model er næstbedst.

En lignende programmeringsmetode anvendes i [1032], kaldet 'Multi-Objective Mixed Integer Programming', (MO-MIP), hvor et helt andet setup undersøges, nemlig 'DLT-lite'. Her integreres før-krydset i et allerede eksisterende konventionelt kryds i en urban sammenhæng, hvorfor længden af DLT er fast. Signalprogrammet i før-krydset ændres og indstilles efter integrationen uden megen mistet afvikling til følge, og hele systemet optimeres gennem 'pareto'-princippet. Modellen undersøges på en strækning i Los Angeles, med fire kryds i umiddelbar nærhed af hinanden, hvor der opnås forbedrede grøntider for 98,3% af 400 testede faser.

Et performance index anvendes ligeledes i [1019] hvor udgangspunktet for signaloptimeringen sker ud fra minimumsgrøntider for bløde trafikanter. Af denne årsag indgår en 'Right Bypass Lane' (RBL), altså en højreshunt i modelleringen, da det kan øge grøntiden for fodgængere betragteligt. Længden af DLT bestemmes på baggrund af en kølængde-model, antal spor, spidsvolumen samt antallet af omløb per time, som dermed skal være kendt. Modellen testes med i et virkeligt kryds med ubalancerede trafiktal og varierende antal spor samt med og uden RBL, hvor der opnås en forklaringsgrad på ikke under 0,79, for det enkelte køretøj og ikke under 0,89 for alle køretøjer. Signalanlægget sammenlignes med to tidligere optimerede metoder, der ikke indeholder DLT-anlæg, hvor den udviklede metode klarer sig bedst.

I [1020] er der yderligere fokus på bløde trafikanter, især cykler, som forsøges integreret i en fuld DLT. Der undersøges en række design med venstresvingende cyklister, hvor det med færrest konflikter og som medfører mindst forøget rejsetid og antal stop for motorkøretøjer udvælges. Krydset optimeres herefter ud fra den maksimale kapacitet af hvert spor, og der anvendes en varierende omløbstid, med afvikling af cykler som minimumsgrænsen for grøntid. Der udvikles derfor både en kømodel for biler og cykler, og kapaciteten af venstresvingende motorkøretøjer tilpasses. Modellen sammenlignes med et kryds, med både trafiktal i og uden for spidstimen, og med en høj andel cykler og fodgængere. Resultaterne viser, at den udviklede model giver den bedste afvikling og kapacitet for kombinationen af motorkøretøjer og cykler.

Interessen for fodgængere i DLT-anlæg startede igen med FHWA og næsten samtidigt med de første undersøgelser af DLT-anlæg. Undersøgelsen var af udforskende karakter, hvor krydsning af fodgængere skete i en fuld, partiel og T-DLT, med konstant udformningen af fodgængerkrydsningen. Minimumsgrøntiden bestemmes ud fra fodgængernes hastighed og tværsnitbredde, hvor krydsning i maksimalt to faser blev sikret. Dog optimeres signalet derudover for motorkøretøjer. I vissim-simuleringerne opnås tilfredsstillende serviceniveau for fodgængere, uden den operationelle effektivitet for biler undersøges. [1045]

I [25] fokuseres og optimeres motortrafikken ligeledes, dog med et relativt lavt antal fodgængere i en fuld DLT. Der testes tre forskellige krydsningsdesign, to eksisterende og et forslået tredje design, med fire forskellige balancerede trafikinput. Ud fra en udarbejdet forsinkelsesmodel, vurderes de tre design ud fra, hvilken der forøger forsinkelsen for motortrafik mindst. En af de allerede udviklede design klarer sig bedst, mens fodgængere i det udviklede design er mindre eksponerede, krydser kortere afstande og ikke er betinget af længden af omløbet.

I [1024] udvikles et krydsningsdesign for fodgængere, og to andre designs, med et reduceret antal konfliktpunkter undersøges. Disse sammenlignes med et konventionelt anlæg og DLT-kryds med separat fase til fodgængere. Der udarbejdes en forsinkelsesmodel for fodgængere, som valideres gennem en følsomhedsanalyse med balancerede trafikinput og fastlagt geometri. Det udviklede design er bedst under flest betingelser, mens en separat fase er mere fleksibel og mindre volatil for ændringer i trafikforhold, såfremt kun fodgængeres forsinkelse vurderes.

I [48] undersøges tre eksisterende krydsdesign med fodgængerfaciliteter ligeledes, i både en fuld- og partiel DLT og hvor cyklister indgår. Der undersøges foruden de tre design også betydningen af RBL – med og uden signal - og hvorvidt fodgængere og cyklister deler sti eller ej. Alle scenarier simuleres for diagonalt krydsende fodgængere og cyklister i spidstimen med balanceret trafikinput i vissim. Signalprogrammet blev fastlagt ud fra en øvre grænse på forholdet mellem volumen og kapacitet og med minimering af omløbstiden. Separerede faciliteter giver generelt mindst forsinkelse, kortest rejsetid og færrest stop for alle tre design. Designet af typen 'offset', som er blandt de mest anvendte, klarer sig bedst generelt, dog med flest stop generelt, men mindst forsinkelse og kortest rejsetid. Dette gælder både i fuld- og partiel DLT med og uden signaleret RBL. En gennemgang af rapporten blev efterfølgende bragt i en artikel [1047].

Foruden matematiske modeller og løsning heraf, drages der i litteraturen også inspiration fra andre typer metoder til bestemmelse af længden af DLTL især. Dette kommer blandt andet til udtryk i [28], hvor der udarbejdes en almenyldig, deterministisk model til bestemmelse af længden af DLTL i partielle anlæg, uden behov for efterfølgende simulering. Her anvendes tre kontrolsituationer til styring det kontinuerede flow og deraf signalanlægget, hvor der udledes udtryk for hver. Følsomhedsanalysen inddrager varierende bredder, hastighed og grøntider samt effekten af RBL eller ej.

Dette kommer blandt andet til udtryk i [1138], der udvikler to typer modeller; 1) hvor grøntid maksimeres og progression indgår som betingelse samt 2) hvor forsinkelse og antallet af stop minimeres. I 1) anvendes programmering til at finde de mest optimale kombinationer af signalstyring ud fra en række kriterier. Ved 2) anvendes Monte Carlo iterationer for en række parametre. Disse parametre har intern indflydelse på hinanden og sammenhængene mellem dem er fundet og defineret gennem forskellige modeller. I begge metoder simuleres to scenarier i vissim - begge med lave og balancerede trafikinput, fast omløbstid og fast geometri. Monte Carlo-simuleringerne er bedre ved identisk trafikinput fra hver retning og lavere trafikvolumen generelt, mens begge metoder giver ens resultater ved lidt højere og mindre identiske trafikinput.

I både [1010 og 1013] anvendes en entropi-metode til at vurdere den mest hensigtsmæssige længde af DLTL ud fra en 'Multiple Attribute Decision Making' (MADM)-metode. I MADM-metoden i [1010] anvendes både operationel effektivitet såvel som miljøpåvirkning og sikkerhed – gennem Surrogate Safety Assessment Method (SSAM). I [1013] udvides dette med udledningen af bestemme typer potente drivhusgasser. I begge projekter samles data fra et eksisterende, anlagt kryds med ubalanceret trafik for både morgen- og eftermiddagsspidstime såvel som midt på dagen med lavere trafikbelastning. I [1010] undersøges seks scenarier med varierende længde af DLTL, fra 50 til 200 meter - som er den hidtil mest omfattende - og tilhørende resultat fra SSAM. Operationelt er forbedringerne ved en DLT og resultaterne fra SSAM-simuleringer i det givne kryds ganske ens, men en længde af DLTL på 200 meter, har den bredeste anvendelse ved mellemhøje og høje ratios for kapacitet og trafikvolumen. I [1013] undersøges fem scenarier med længder af DLTL fra 45 til 145 meter. Med flere kriterier i udvælgelsen er den mest hensigtsmæssige længde af DLTL 120 meter, der kan anvendes både til lave, mellemhøje og høje trafikintensiteter, men i mindre grad ved en kombination af høje trafikintensitet i alle retninger.

I flere kilder - på tværs af de tre grupper - sammenlignes der med et konventionelt kryds, hvor DLT-anlæg i langt de fleste tilfælde har bedre afvikling, mindre forsinkelse og kortere kø, men dog risiko for flere stop. Dette er som oftest et teoretisk kryds, hvor signalprogrammet ikke er optimeret, og sammenligningen derfor ikke nødvendigvis giver retvisende resultater. Dette medfører spænd og uklarhed om forbedringspotentialen af DLT-anlæg. Derudover er der markante overlap mellem tilgang og metoder, som også fremgår af tabel A.2.

Der er dog en række områder, som de enkelte kilder ikke belyser i større omfang.

- Effektivitet i og tilpasning af signal udenfor spidstimen i alle fire typer design.
- En samlet, almengyldig model eller algoritme, der er testet og fungerer på de fire krydsdesign.
- Evaluering af flere måleparametre samtidig og inkludering af udledningstal.
- Optimeret symbiose mellem afviklingen af bløde trafikanter og biltrafikken.

De opstillede kilder vil derfor anvendes som inspiration til løsningen i denne rapport. I den forbindelse, er det primært fokus på kilder, hvor der undersøges flere forskellige typer krydsdesign og anvendes ubalancerede og varierende trafikmængder, da det besværliggør signaloptimeringsprocessen, og i højere grad afspejler virkeligheden.

### A.3.2 Indirekte anvendelige kilder

Temaerne som er en del af de enkelte indirekte anvendelige kilder fremgår af figur A.3.

Tabel A.3: Tilgang for de indirekte anvendelige kilder. Intet 'x' angiver intet svar/ikke tydeligt.

| Kategori \ Kilde            | [Abdel-Aty et al., 2020] | [WSP Canada, 2020] | [Qi et al., 2018] | [Chery, 2010] | [Tarko et al., 2008] | [Hughes et al., 2010] | [Zlatkovic, 2015] | [Rodgers et al., 2020] | [Gao et al., 2020] | [Steyn et al., 2014] | [Qu et al., 2020] | [Pan et al., 2021a] | [Abdelrahman et al., 2020] | [Gyawali et al., 2015] | [Xu et al., 2014] | [Park og Rakha, 2010] | [Fontaine, 2009] | [Esawey og Sayed, 2007] | [Esawey og Sayed, 2013] | [Mier et al., 1996] | [Jagannathan et al., 2009] | [Reid og Hummer, 2001] |
|-----------------------------|--------------------------|--------------------|-------------------|---------------|----------------------|-----------------------|-------------------|------------------------|--------------------|----------------------|-------------------|---------------------|----------------------------|------------------------|-------------------|-----------------------|------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------|----------------------------|------------------------|
| <b>Sammenligning</b>        |                          |                    |                   |               |                      |                       |                   |                        |                    |                      |                   |                     |                            |                        |                   |                       |                  |                         |                         |                     |                            |                        |
| Ja                          |                          |                    | x                 | x             | x                    |                       |                   |                        |                    |                      |                   | x                   | x                          | x                      |                   | x                     | x                | x                       | x                       |                     |                            | x                      |
| Nej                         |                          |                    |                   |               |                      |                       |                   |                        |                    |                      |                   |                     |                            |                        |                   |                       |                  |                         |                         |                     |                            |                        |
| <b>Sikkerhed</b>            |                          |                    |                   |               |                      |                       |                   |                        |                    |                      |                   |                     |                            |                        |                   |                       |                  |                         |                         |                     |                            |                        |
| Konfliktpunkter             |                          |                    | x                 |               |                      | x                     | x                 |                        |                    | x                    | x                 |                     |                            |                        |                   |                       |                  |                         |                         |                     |                            |                        |
| Før-efter-studier           | x                        |                    | x                 |               |                      |                       | x                 |                        |                    | x                    | x                 |                     | x                          |                        | x                 | x                     |                  |                         |                         |                     | x                          |                        |
| Kollisionsdiagram           |                          |                    | x                 |               |                      |                       |                   |                        | x                  |                      | x                 |                     |                            |                        |                   |                       |                  |                         |                         |                     |                            |                        |
| <b>Beslutningsproces</b>    |                          |                    |                   |               |                      |                       |                   |                        |                    |                      |                   |                     |                            |                        |                   |                       |                  |                         |                         |                     |                            |                        |
| Operationel effekt          |                          | x                  |                   |               | x                    |                       |                   |                        |                    |                      |                   | x                   | x                          | x                      |                   | x                     | x                | x                       | x                       | x                   | x                          | x                      |
| Miljø                       |                          |                    |                   |               |                      |                       |                   |                        |                    |                      |                   | x                   | x                          |                        | x                 |                       |                  |                         |                         |                     |                            |                        |
| Sikkerhed                   |                          |                    |                   |               |                      |                       |                   |                        |                    |                      |                   | x                   | x                          |                        |                   |                       |                  |                         |                         |                     |                            |                        |
| <b>Simulering</b>           |                          |                    |                   |               |                      |                       |                   |                        |                    |                      |                   |                     |                            |                        |                   |                       |                  |                         |                         |                     |                            |                        |
| Vissim                      |                          |                    |                   | x             | x                    | x                     | x                 |                        |                    |                      |                   | x                   |                            |                        | x                 | x                     | x                | x                       | x                       |                     |                            |                        |
| Andet simulering            |                          |                    |                   | x             |                      |                       |                   |                        |                    |                      |                   |                     |                            |                        | x                 |                       |                  |                         |                         | x                   |                            | x                      |
| HCM                         |                          |                    |                   |               |                      |                       | x                 |                        | x                  |                      |                   |                     |                            | x                      |                   |                       |                  |                         |                         |                     |                            |                        |
| Synchro                     |                          |                    |                   | x             | x                    | x                     | x                 |                        |                    |                      |                   | x                   |                            |                        |                   |                       | x                | x                       | x                       |                     |                            |                        |
| <b>Overblik/beskrivelse</b> |                          |                    |                   |               |                      |                       |                   |                        |                    |                      |                   |                     |                            |                        |                   |                       |                  |                         |                         |                     |                            |                        |
|                             |                          |                    | x                 |               | x                    | x                     | x                 |                        |                    | x                    |                   |                     |                            |                        |                   |                       |                  |                         |                         | x                   | x                          |                        |



Med anlæggelsen af det første anlæg i 1996 og en enkelt rapport med et teoretisk løfte om bedre afvikling, var der i starten begrænset viden om potentialet af alternative krydstyper og forståelsen af de enkelte anvendelsesbetingelser. Interessen var derfor centreret omkring muligheden for afhjælpning af presset på infrastrukturen og begrænsede midler til at håndtere trængselsproblemerne. Derfor blev en række alternative krydstyper - herunder DLT-anlæg - i første omgang sammenlignet og vurderet ud fra en række effektivitetsmæssige parametre gennem simuleringer – både i forhold til hinanden og konventionelle signalanlæg.

Dette sker i [1158], hvor syv alternative krydstyper sammenlignes med en konventionel løsning i simuleringsprogrammet Corsim. Med nogle realistiske trafiktal fra syv konventionelle kryds med varierende summeret intensitet og venstresvingsprocent undersøges en række effektivitetsparametre. Resultaterne viser, at flere alternativer klarer sig bedre end den konventionelle løsning, men de sammenlignes ikke indbyrdes. De alternative krydstyper undersøges også uden arealmæssige eller geometrisk hensigtsmæssige hensyn eller signaloptimering, hvorfor resultaterne skal ses med forbehold.

I [1043] sammenlignes to alternative krydstyper, DLT og USC, i forhold til hinanden og en konventionel løsning gennem simulering i VISSIM. Der anvendes varierende, arbitrære trafikinput og venstresvingsprocent, men ufravigelig geometrisk opbygning. Signalerne i krydsene optimeres ved anvendelse af Synchro, som er udviklet til netop at optimere signalstyring – men primært i konventionelle udformninger. Her klarer DLT-krydset sig bedst, til trods for at signalprogrammet ikke nødvendigvis er optimeret. Efterfølgende anvender [1079] resultaterne herfra, og kigger på yderligere to alternative krydstyper, DXI og MUT, som ligeledes simuleres i VISSIM. Der anvendes samme vurderingsmetoder og effektivitetsparametre, og DLT-anlæg giver fortsat de bedste resultater ved højere trafikintensiteter.

DLT-anlæg kan forbedre afviklingen i en sådan grad, at det kan sammenlignes med tilslutningsanlæg med en motorvej ude af niveau, hvilket undersøges i [1041]. Der undersøges i dette kryds en konventionel løsning, et DLT-anlæg og en 'Single Point Urban Interchange' (SPUI), hvilket er en udbredt type tilslutningsanlæg i USA. Krydsning ude af niveau giver de største rejsemæssige besparelser, men et DLT-anlæg giver bedst afvikling for pengene, da det er væsentligt billigere at anlægge.

Sammenligning af krydstyper sker på baggrund af simulering, uden hensyntagen til de usikkerheder eller variationer som forskellige programmer kan give alt efter hvilket kryds, der simuleres. Denne problematik undersøges i [33] ved at modellere en DLT, PFI, tosporet rundkørsel med og uden signal samt et konventionelt kryds i både VISSIM og AIMSUN. Der anvendes varierende trafikmængder, venstresvingsprocent og både balancerede og ubalancerede trafikmængder fra primær- og sekundærretningen og signalerne optimeres i Synchro. Mængden af scenarier i følsomhedsanalysen til trods, er der ikke signifikant forskel mellem resultaterne fra de to simuleringsprogrammer, selvom den absolutte forskel mellem resultaterne er tydelig. Endeligt konkluderes, at VISSIM giver de mest troværdige resultater.

Indtil nu er sammenligningen mellem de alternative og konventionelle krydstyper sket gennem vurdering og tolkning af operationelle parametre, som er resultatet af en række simulerede scenarier med varierende input. Disse scenarier er dog et engangsbillede af resultatet med netop disse betingelser, hvorfor [1033] udvikler beslutningskurver for MUT, DLT og Jughandle-anlæg til vurderingen af, hvornår den enkelte alternative krydstype er bedre end andre. Dette er baseret på en model (Highway Capacity Manual (HCM-modellen)), der forudsiger operationelle

parametre ud fra omfangsrig simulering, og dermed ikke kræver en ny simulering til hver screening. Det er dermed lettere at lave en bredere analyse med varierende input, uden hvert scenarie skal simuleres. Modellen gør det nemmere at vurdere, hvorvidt eller hvornår en DLT eller andre alternative krydstyper har sin berettigelse, hvilket er sket i [11].

Kapaciteten for hvert spor og svingbevægelser antages i HCM-modellen at være den samme som for konventionelle kryds, hvilket [114] afkræfter gennem optagelser og efterfølgende statistisk analyse af adfærd i en partiel DLT. Der beregnes på den baggrund en revideret kapacitet af krydstypen, som anbefales implementeret i HCM-modellen.

Den omfangsrige simulering af scenarier stammer fra en gennemgang af eksisterende viden om alternative krydstyper udarbejdet af 'Federal Highway Administration', (FHWA). I rapporten samles de hidtidige erfaringer omkring fordele, ulemper, udformning af kritiske områder og sikkerhed for en række alternative krydstyper – herunder flere typer rundkørsler. Dertil gennemføres en følsomhedsanalyse af fem alternative krydstyper - deriblandt DLT - og en konventionel løsning. I følsomhedsanalysen optimeres signalanlæg i Synchro, mens der anvendes konstante længder af svingspor, men antallet af spor varierer, såvel som trafikvolumen, svingprocenter, hastighed og lastbilprocent blandt andet. [38]

Efterfølgende udarbejdes der en ny rapport [52], hvor der for fire alternative krydstyper og to motorvejestilslutningsanlægstyper opstilles anbefalinger til udformningen i forbindelse med implementeringen af bløde trafikanter og offentlig transport, sikkerhedshensyn og pladskrav. Dertil simuleres de enkelte typer kryds med varierende antal spor og trafikinput, hvilke sammenlignes med konventionelle kryds for hver.

Ovenstående rapport danner baggrund for en informationsguide for DLT-anlæg [142]. Heri indgår planlægnings- og designmæssige beslutningsteknikker og -hensyn, når en DLT er valgt som løsning, blandt andet hvad angår bløde trafikanter og offentlig transport samt struktur til evaluering af sikkerhed og operationel effektivitet af forskellige konfigurationer. Dette indebærer ligeledes vejledning til placering af skilte, afmærkning og lysmaster blandt meget andet.

Indtil videre har sikkerhedsbetragtninger i forbindelse med DLT-anlæg været begrænset til antagelsen om, at færre konfliktpunkter, der giver anledning til de mest alvorlige skader, forbedrer sikkerheden. Efter anlægningen af en DLT i Baton Rouge blev krydset overvåget for at undersøge adfærden og mængden af u hensigtsmæssige hændelser. Det første år blev der observeret klart flere af sådanne hændelser end i de to undersøgte år inden anlægget stod færdigt, men allerede året efter ombygningen var niveauet under udgangspunktet. Udviklingen i brændstofforbrug og udledningen af drivhusgasser blev simuleret i krydset både med og uden ombygning. Disse simuleringer blev lavet med simuleringsværktøjerne vissim og INTEGRATION, der begge viste en klar reduktion til trods for en øget mængde trafik som følge af ombygningen. [1039]

Efterfølgende før-efter-studier af DLT-anlægget i Baton Rouge, præsenteret i [1151], har ligeledes vist en klar nedgang i både antallet af uheld og risici for uheld med den nye udformning.

I nyere forskning er beslutningsprocessen udbygget, så også miljø-, sociale- og arealanvendelseshensyn inddrages i valget om, hvilken alternativ krydstype, der er passende i hvilke situationer. Dette kommer til udtryk i [1012], hvor en bredere 'Multi-Criteria Decision Making'-model (MCDA-model), kaldet CRITIC anvendes, hvor trafikmængden og sikkerhed især blev anvendt til sammenligning mellem en DLT, PFI og USC. Sikkerhedsaspektet blev evalueret

gennem 'Surrogate Safety Assessment Model'-software, som behandler konflikter på baggrund af simuleringer i blandt andet VISSIM. Resultaterne viste, DLT og PFI-anlæg havde flest anvendelsesmuligheder, mens USC var mindre relevant.

I [75] er beslutningsgrundlaget ligeledes bredere, og en 'Multiple Attribute Decision Making'-model (MADM-model) anvendes. Der udvikles en DLT-specifik tilføjelse til HCM-modellen, der skal gøre resultaterne mere retvisende. Resultaterne fra modellen med tilføjelsen viser en smule højere kølængde og forsinkelse, men stemmer generelt godt overens med VISSIM-simuleringer. Samtidig udvikles der CMF for otte DLT-anlæg i Salt Lake City i Utah, både hver for sig og kombineret. Dette sker på baggrund af SPF for signalerede kryds generelt i USA. Der opnås varierende resultater, men dog en nedgang i antal uheld generelt, primært grundet en høj modifikationsfaktor grundet usikkerheden ved den anvendte SPF.

De samme otte DLT-anlæg i Utah såvel som to andre i staten samt én i henholdsvis Colorado, Ohio og Louisiana analyseres i forhold til SPF og CMF og valideres med tværsnitsundersøgelser. De 13 anlæg sammenlignes derudover med 26 konventionelle kryds, hvor antal spor og trafikmængde er sammenlignelig med DLT-anlæggene. Der sker signifikant flere uheld i de 13 DLT-anlæg, men med varierende konfidensinterval for uheldstypen alt efter metoden. Desuden viser en cost-benefit-analyse, at det ændrede uheldsbillede til trods for operationelle besparelser, med stor sandsynlighed vil resultere i flere omkostninger for samfundet. [1017]

De samme 13 DLT-anlæg indgår også i [1] foruden tre i Texas og yderligere én i Louisiana. Her blev der samlet data for over 8.000 uheld og sammenlignet med 34 konventionelle kryds. På baggrund af både simple og mere avancerede SPF, blev CMF beregnet ved tværsnitsundersøgelser. Her blev risikoen for alle typer uheld øget med ud fra 90% eller 95%-konfidensinterval på nær uheld hvor bløde trafikanter var involveret. Ligeledes blev der beregnet CMF ud fra før-efter-studier – hvor 13 DLT og 26 konventionelle anlæg indgik. Her viste resultaterne betragteligt forøgede risici for alle typer uheld med 99% konfidensinterval på nær flerpartsuheld, som udgør 94% af alle uheld i både konventionelle og DLT-anlæg.

I evalueringen af enkelte anlæg ses dog en nedgang i CMF. Dette illustreres i [15], hvor der analyseres kollisionsdiagrammer og der udarbejdes før-efter-studier af to ombyggede kryds i Texas. Resultaterne viste, at der lige efter anlæggelsen var flere uheld, men året efter var niveauet det samme som før ombygningen. Samtidig var antallet af de mest udtalte typer uheld inden ombygningen reduceret væsentligt og alvorlighedsgraden af uheldene efter ombygningen var generelt mindre. Der var dog stadig behov for uddannelse af trafikanter og fokus på kørsel i mørke. Senere blev de to kryds analyseret igen, hvor effekter af udviklingen af det generelle trafik- og uheldsniveau blev inddraget. Her blev opnået et signifikant fald i uheldsfrekvens, hvilket ikke blev observeret i den tidligere analyse. [1005]

I [1034] undersøges rejsetiden før og efter et kryds ombygges til en DLT ved hjælp af gps-data. Dertil sammenlignes med rejsetiden for to nærliggende konventionelle kryds både før og efter. Resultaterne viser, at rejsetiden for venstresvingende er forværret, men at rejsetiden generelt er forbedret med et DLT-anlæg i det ombyggede kryds. Samtidig er rejsetiden for de to nærliggende kryds stagneret og øget.

Flere kilder nævner et behov for uddannelse af trafikanter til at minimere risici og uheld. I [102] samles og evalueres strategier til at uddanne trafikanter for forskellige alternative krydstyper og hvordan trafikanter inddrages i processen.

## A.4 Diskussion

Der fokuseredes på databaser og kilder fra USA, da det er det land med DLT-anlæg, der antageligt minder mest om forhold i Danmark. Dermed er der stadig bemærkelsesværdige forskelle, som er vigtige at tage højde for, og som diskuteres i det følgende afsnit. Fremgangsmåden for søgningen og filtreringen diskuteres ligeledes.

Pre-screeningen såvel som den efterfølgende bredere søgning, afslørede et mindre fokus på sikkerhed og bløde trafikanter. Dette kan være en direkte konsekvens af et langt højere fokus på biltrafik i USA, hvilket også kan forklare interessen for DLT-anlæg, der netop øger afviklingen for motorkøretøjer - især hvis det er uden fodgængerfaciliteter. Det generelt manglende fokus på fodgængere afspejles ligeledes i nogle få kilder, hvor der netop fokuseres på afviklingen af bløde trafikanter - både med og uden hensyntagen til biltrafik. De fleste af disse kilder fokuserer dog ikke på sikkerheden for bløde trafikanter, men kun hvordan afviklingen af både biler og bløde trafikanter kan ske så effektivt som muligt. Netop det manglende fokus på sikkerhed i al almindelighed illustreres i en del kilder, hvor der under afsnittet om fremtidig forskning nævnes behovet for vurdering af sikkerheden af den enkelte løsning. Dette gælder både for kilder, hvor bløde trafikanter indgår og dem uden.

Fordelingen og antallet af dræbte på transportform er også væsentlig forskellige fra hinanden. I Danmark udgjorde antallet af dræbte bløde trafikanter 74 af de totalt 199 dræbte i 2019, fordelt på 31 cyklister, 30 fodgængere og 13 knallertfører [Danmarks Statistik, 2022]. Det svarer til over 37% af det totale antal dræbte. Tilsvarende mistede 6.205 fodgængere og 846 cyklister livet i trafikken i USA ud af i alt 36.096 dræbte, svarende til 19,5% - omkring halv så meget som i Danmark [NHTSA, 2019b,a]. Til sammenligning er antallet trafikdræbte pr. 100.000 indbyggere 3,7 i Danmark og 12,7 i USA i 2019 [The World Bank, 2022]. Med andre ord, sker der væsentligt flere uheld i USA, som i højere grad rammer motorkøretøjer. Denne høje risiko kan også være en udtryk for, at holdningen til og indsatser mod forbedringer af trafikikkerheden ikke har samme prioritet og/eller effekt i Danmark og USA - hvilket ligeledes kunne udledes af kildernes tilgang til sikkerhed - eller mangel på samme.

I en dansk kontekst kan sikkerhed ikke forbigås eller bagatelliseres af en væsentligt forbedret afvikling for et knudepunkt, hvorfor der blev tilføjet flere søgeord om dette til søgningen. Grundene til et lavt fokus på sikkerhed kan være mange, men det kan blandt andet skyldes, det lave transportarbejde udført af bløde trafikanter, sammenlignet med en høj andel af bilejerskab, kørte kilometer og hele kulturen omkring nødvendigheden af en bil i USA. Dertil værdisættes en trafikdræbt også anderledes i USA end i Danmark. I Danmark medførte en trafikdræbt i gennemsnit 35.680.673 kr i samfundsøkonomiske tab i 2019 og 39.996.663 kr for cyklistdræbte [DTU Transport, 2021]. I USA var det tilsvarende beløb for trafikdræbte \$1.688.100 i 2016, hvilket omregnet til danske 2019-priser udgør 11.260.052 kr - omtrent en tredjedel [FHWA, 2018; Danmarks Nationalbank, 2022]. Også på landsplan giver dette en væsentlig forskel. Det samfundsøkonomiske tab ved de 7.051 dræbte bløde trafikanter i USA udgør 0,38% af BNP i 2019, hvorimod de 74 dræbte bløde trafikanter i Danmark i 2019 gav et samfundsøkonomisk tab på 0,76% af BNP - det dobbelte i forhold til USA [IMF, 2022]. Der er dermed ikke det samme incitament for at investere i øget trafikikkerhed for redde bløde trafikanters liv i USA, ud fra de samfundsøkonomiske tab, det medfører.

Væsentlige forskelle eksisterer også for trafikantadfærd, udformningen af kryds og regler på trafikområdet mellem USA og Danmark. Blandt andet bliver der i flere kilder ikke taget

hensyn til højresvingende trafik, da højresving for rødt er tilladt i flere stater. Det er en grov forsimpning, som kan have væsentlig indvirkning på effektiviteten af krydset efter danske standarder. Dertil kan en del parametre til simuleringen afvige væsentligt fra danske standarder, som afvigende resultater, eller nødvendiggøre en anden tilgang til udformning og simulering eksempelvis. På baggrund af disse og flere tilfælde, hvor der er afvigelser mellem danske og amerikanske forhold, ses modellerne, fremgangsmåder og præmisser i de direkte anvendelige kilder som inspiration til udviklingen af en model i denne rapport.

Formålet med pre-screening, omfanget af søgeord og søgning i fire forskellige databaser, har været at opnå så bredt et vidensgrundlag som muligt. Ved andet trin i filtreringen af kilder, hvor dubletter blev sorteret fra, blev det som klart, at omfanget af unikke artikler var relativt begrænset i forhold til antallet af dubletter - til trods for, at der ingen begrænsning var på alder af de søgte materialer. Der kan dermed sættes spørgsmålstejn ved, hvor stor en nytte antallet af søgeord har givet. Det kan dog ligedes virke som en bekræftigelse af, at litteraturstudiet har nået, hvad der var værd at inkludere.

## B | Spørgeskema

---

I dette kapitel beskrives tilblivelsen af et spørgeskema i SurveyXact, omhandlende manøvrering og forståelsen af et CFI-anlæg og overvejelserne i den forbindelse. Derefter følger en analyse samt diskussion af spørgeskemaet. I analysen undersøges, hvem respondenterne er og holdningen til krydset samt en klyngeanalyse, der klarlægger, om der findes grupper, der bør tages særligt hensyn til i forbindelse med udformningen. Dette bidrager til at designe et kryds, hvor så få som muligt finder krydset uoverskueligt eller føler sig utrygge.

### B.1 Udarbejdelse af spørgeskema

Formålet med spørgeskemaet er at undersøge hvorvidt manøvreringen af et venstresving i den nye krydstype er forståeligt og hvilke typer vedjudynd, der især anvendes. Derfor præsenteres respondenterne for fire situationer, hvor der skal tage stilling til den rigtige manøvre, og efterfølgende hvad der ligger til grund for dette svar. De fire situationer er:

- **Situation 1:** Placering frem mod første signalanlæg
- **Situation 2:** Forløb gennem det første signalanlæg
- **Situation 3:** Kørsel frem mod næste signalanlæg
- **Situation 4:** Venstresving i signalanlægget

Spørgsmålene er stillet som en køreprøve, da det forventes at være det mest simple og genkendelige med teoretiske situationer i trafikken. Denne opstilling gør det ligeledes nemmere at udlede, hvilke situationer er forståelige eller forvirrende for respondenterne. Til at beskrive de enkelte respondenter anvendes en række forklarende variable, som har nedenstående funktioner:

- **Inddeling:** Variable der anvendes til at beskrive respondenterne og gruppeinddeling.
- **Statistik:** Variable der anvendes til test af statistiske forskelle.
- **Frasortering:** Variable hvor respondenter kan frasorteres.
- **Repræsentativitet:** Variable der anvendes til test af repræsentativiteten af spørgeskemaet.
- **Bortfald:** Variable der anvendes i bortfaldsanalysen.

De forklarende variable med tilhørende funktioner:

- **Køn:** Anvendes under inddeling, statistik, repræsentation og bortfald
- **Alder:** Anvendes under inddeling, statistik, repræsentation og bortfald
- **Bopælskommune:** Anvendes under repræsentation
- **Tid med kørekort:** Anvendes under bortfald og inddeling
- **By-/landkørsel:** Anvendes under inddeling
- **Køreerfaring:**
  - **Førerhyppighed:** Anvendes under inddeling
  - **Kørselsbehov:** Anvendes under inddeling og statistik

I de næste to afsnit beskrives valg og overvejelser omkring de forklarende variable samt de fire

situationer, som respondenterne møder gennem krydset.

### B.1.1 Beskrivelse af forklarende variable

I det følgende beskrives de forklarende variable med henblik på hvorfor de enkelte indgår, hvilken skala der anvendes og hvorfor samt overvejelser om valgmuligheder og opsætning. Der stræbes efter så simpelt og intuitivt design og opsætning som muligt. Der er stræbt efter at stille spørgsmålene i en rækkefølge efter, hvor lette og intuitive de er at besvare. Konsekvenserne af ovenstående diskuteres i afsnit B.4.

#### Køn

Køn er en af de mest naturlige variable til at adskille respondenter fra hinanden, og mænd og kvinder er ofte forskellige og derfor interessant at undersøge. Køn er en diskret variabel, hvorfor der vælges en dikotom skala. For dem som ikke skulle ønske at svare på spørgsmålet eller ikke identificerer sig som mand eller kvinde tilføjes muligheden 'Ønsker ikke at angive' dog, hvorfor skalaen bliver nominal. Opsætning er simpel med tre afkrydsningsfelter.

#### Alder

Der kan være forskelle i adfærd afhængigt af ens alder. Dette spiller sandsynligvis også ind i dette spørgeskema, hvorfor der spørges til alder. Alder er en intervallskala, hvor respondenter selv kan skrive deres alder. Alternativet en såkaldt 'drop-down'-menu, men det vurderes at være hurtigere at skrive ens alder end at skulle lede efter sin alder, hvorfor denne type opsætning er valgt. Dette giver dog ligeledes mulighed for bevidst eller ubevidst at skrive forkert, som potentielt gør resultatet mindre troværdigt.

#### Bopælskommune

Der spørges ind til bopælskommune for at få et overblik over, hvor respondenterne kommer fra. Dette giver et indtryk af det geografiske omfang, som spørgeskemaet er nået ud til. Dertil kan det give en indikation omkring, hvilke og hvor mange respondenter er vant til komplekse trafiksystemer, som gerne findes i kommuner med de største byer. Den eneste mulighed for skala ved dette spørgsmål er en nominal skala. Opsætningen er som 'drop-down' menu i alfabetisk orden, så respondenter slipper for at skrive, hvilket kunne afstrække nogle. Derudover er der større risiko for at skrive forkert, hvorfor en del af besvarelse potentielt kunne være ugyldige.

#### Tid med kørekort

Efter tre introducerende spørgsmål som i sig selv ikke specifikt har relation til spørgeskemaet, spørges der nu mere konkret ind til respondenterens kørselsmønstre. Spørgsmålet omkring hvor længe respondenter har haft kørekort, kan give et indtryk af erfaringen, som kan anvendes til en inddeling af respondenterne. Der spørges på baggrund af antagelsen om, at personer der har haft kørekort i kortere tid kan være mere uprøvede og usikre i trafikken end mere erfarne, der har kørt bil det meste af deres liv. Der antages en ikke-lineær sammenhæng mellem antal år med kørekort og sikker kørsel. Dette skyldes, at kørselsegenskaber forbedres mest i starten og forbedringsgraden gradvist aftager efterhånden. Derfor anvendes derfor en ordinal skala. Der anvendes igen en 'drop-down'-menu med intervaller til besvarelsen, så respondenter i mindre

grad behøver at tænke tilbage på, præcis hvornår vedkommende erhvervede sig kørekort. Der anvendes seks kategorier: *0-2 år*, *2-5 år*, *5-10 år*, *10-20 år*, *+20 år*, samt *Jeg har ikke kørekort*. Respondenter bliver ved valg af den sidste mulighed ledt til spørgeskemaets afslutning, da de ikke indgår som en del af målgruppen. Der inkluderes ikke en 'Ved ikke'-mulighed, da det, med de givne svarmuligheder, skulle være overkommeligt at svare uden at skulle bruge for meget tid på at tænke over svaret.

### By-/landkørsel

Der spørges til, om respondenterne primært kører i by- eller landområder. Dette belyser hvor vant respondenterne er til større, mere komplekse og krævende trafiksituationer. Svarene på spørgsmålet kan ses i forbindelse med bopælskommune, der tilsammen giver et bedre overblik over netop dette. Spørgsmålet er i sig selv på en dikotom skala, men svarmuligheden 'Ved ikke' inkluderes dog, hvorfor skalaen i stedet bliver nominal. Dermed er svarmulighederne: *I byen*, *på landet* og *Ved ikke*. 'Ved ikke' inkluderes, da det vurderes at nogle ikke er helt afklaret omkring spørgsmålet. Spørgsmålet kan fortolkes efter hvad respondenterne anser som 'by' og 'land', og der kan derfor være unøjagtigheder i forhold til, hvor respondenterne reelt færdes mest. Svarmulighederne giver ligeledes ikke mulighed for at svare både by og land. Dette er blandt andet grundet ovenstående, hvorfor denne svarmulighed potentielt kunne blive den største og dermed svær at analysere nærmere. Opsætning er med simple afkrydsningsfelter, da dette er mest overskueligt og simple.

### Førerhyppighed

Der spørges ind til respondenternes førerhyppighed, altså hvor ofte de fører bil i løbet af en almindelig uge. Dette er, som ved 'tid med kørekort', med til at give et overblik over respondenternes køreerfaring, men som kan være forskellig netop for 'tid med kørekort'. Da dette spørgsmål omhandler køreerfaring, anvendes en 'drop-down'-menu med fire valgmuligheder. Disse er fordelt efter samme princip som ved 'tid med kørekort', hvor antagelsen er, at flere dage og timer bag et rat, alt andet lige vil give mere erfaring, hvorfor denne sammenhæng ligeledes ikke er lineær. Skalaen er derfor ordinal. De fire muligheder er: *5-7 dage om ugen*, *3-4 dage om ugen*, *1-2 dage om ugen* og *mindre end 1 dag om ugen*. Der inkluderes ikke en 'Ved ikke' som mulighed, da det antages at respondenterne er klar over, hvor ofte de er bilfører på ugebasis.

### Kørselsbehov

Sidst spørges der mere konkret ind til respondenternes køreerfaring. Det vurderes, at kørselsbehov er den bedste indikation af, hvor kompetent en bilist den enkelte respondent er. Dog er de øvrige variable forskellige og ikke mindst vigtige til inddelingen i klyngeanalysen i afsnit 9.1.4. Som ved de forrige spørgsmål angående køreerfaring anvendes en ordinal skala. En 'Ved ikke'-mulighed inkluderes dog i dette spørgsmål, hvorfor skalaen i stedet bliver nominal. Svarmulighederne er derfor: *0 - 2.000 km*, *2.000 - 5.000 km*, *5.000 - 10.000 km*, *10.000 - 20.000 km*, *+20.000 km* samt *Ved ikke*. Denne svarmulighed inkluderes, da der vurderes at være en risiko for, at respondenter reelt ikke ved, hvor langt de kører om året. Valgmulighederne dækker dog bredt, for netop forsøge at minimere antallet af 'Ved ikke'-besvarelser.



### B.1.2 Beskrivelse af de fire situationer

For hver af de fire situationer i spørgeskemaet, er der et udklip fra en Vissim-model og tilhørende spørgsmål nedenunder. Modellen er forsøgt lavet så realistisk som muligt med korrekte vejbredder, vejafmærkning og placering og størrelse af signaler og skilte, dog kun for de situationer, som undersøges i spørgeskemaet. Særlige foranstaltninger eller tiltag, der kunne forbedre oplevelsen af situationen, indgår ikke, i stedet anvendes respondenterne forslag og input til forbedringer.

Spørgsmålene omkring de fire situationer er delt i to dele; forståelse af krydset og den påkrævede manøvre samt betydningen af vejudstyr til besvarelsen. Begge typer spørgsmål anvendes ved situation 1, 2 og 3, mens kun betydningen af vejudstyr anvendes i situation 4. Situation 4 minder om et almindelige venstresving i et signalreguleret kryds med separat svingbane, hvorfor omfanget af mulig fejlmanøvrering vurderes til at være negligibelt.

#### Kryds- og manøvreforståelse

I situation 1 og 2 angives en manøvre, der skal udføres og forstås korrekt med tre valgmuligheder hver. Disse valgmuligheder er simple afkrydsningsfelter, så alle muligheder kan ses på én gang og respondenterne kan tage et oplyst valg, præcis som ved en køreprøve. Der anvendes derfor en nominal skala. Der skal i situation 1 og 2 kun svares på den rigtige udførsel af manøvre, og ikke ja eller nej på alle, som tilfældet er i nogle køreprøver. Denne form for spørgsmål kan opleves for omsomst og langtrukket, hvilket øger risikoen for frafald. Der inkluderes en 'Jeg forstår ikke situationen'-mulighed i begge situationer, for at sikre oprigtige svar og opnå en andel af respondenter, der reelt forstår krydset og manøvren, og ikke blot gætter ved tvivl.

I situation 3 er der fire spørgsmål, som alle skal besvares. Dette skal sikre forståelse af krydset og hvilke manøvre er mulige og tilladte. Svarmulighederne opstilles på dikotom form: *Ja* eller *Nej*, men der inkluderes også muligheden *Ved ikke*, som gør skalaen nominal. 'Ved ikke'-muligheden inkluderes, da der kun ønskes oprigtige besvarelser fra respondenterne og ingen gæt ved tvivl. På dette stadie har respondenterne brugt tid på spørgeskemaet og kan være mere tilbøjelige til at færdiggøre det til trods for større krav.

#### Betydning af vejudstyr

I alle situationer spørges der til vejudstyrets (skiltning, vejafmærkning, vejens forløb, signalanlægget) betydning for respondenterne svar, altså i hvor høj grad de enkelte dele hjalp til besvarelsen. Dette er opstillet på likertskala fra 1: *Ingen betydning* til 5: *Stor betydning*. Der haves fem muligheder for at sikre symmetri, da det er ulige, og samtidig ikke for mange eller for få muligheder. Færre muligheder vil gøre inddelingen grov og mindre brugbare, mens det vil kræve yderligere overvejelser for at vælge den helt rigtige ved syv eller flere muligheder. Formuleringen sikrer i øvrigt, at respondenterne i tilfælde af et forkert svar ikke gøres bekendt med dette, og det kan derfor analyseres, hvad der ligger til grund for et forkert, såvel som et rigtigt svar.

I situation 3 er et spørgsmål om tryghed med. Dette er en vigtig parameter til klyngeanalysen, hvor situation 3 er særligt kritisk. Der anvendes det spørgsmål en ratioskala med fem valgmuligheder. Skalaen er symmetrisk med nulpunkt i midten og omfatter svarmulighederne: *Meget utryg*, *lidt utryg*, *hverken tryk eller utryk*, *lidt tryk* og *meget tryk*.

### B.1.3 Spørgeskemaformalia

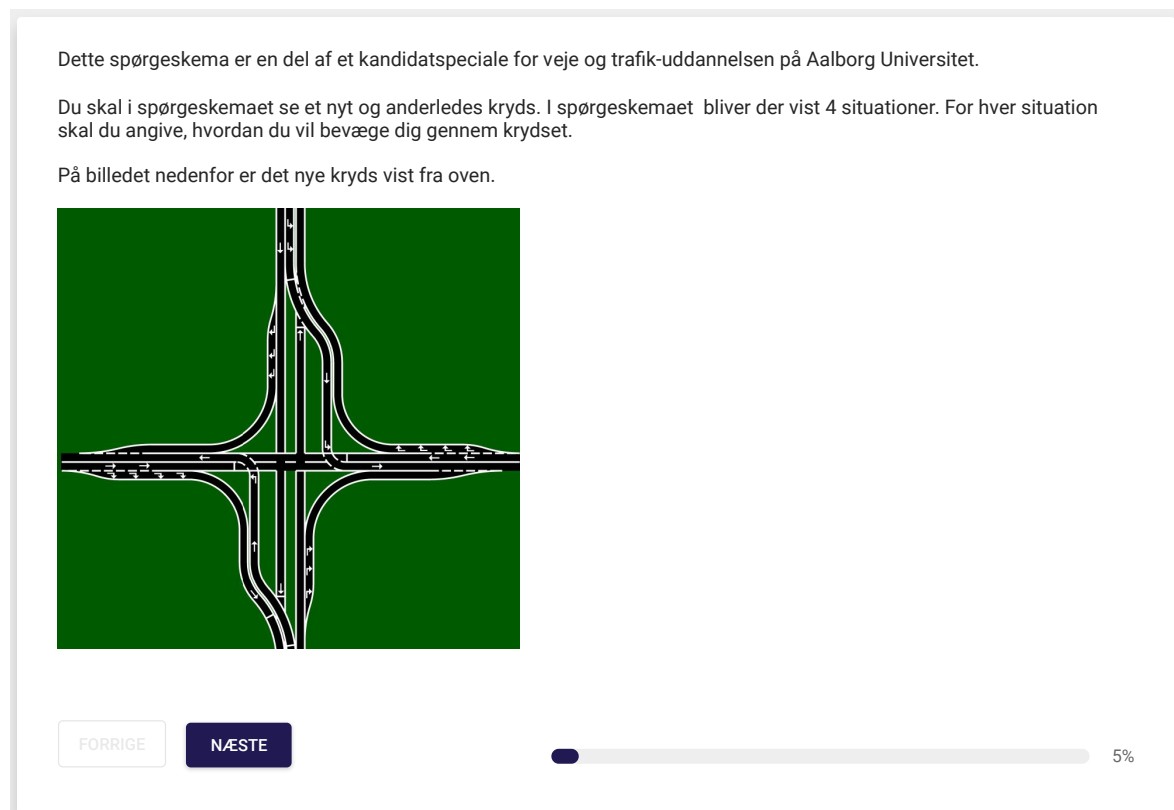
Foruden spørgsmål rummer spørgeskemaet også formalia. Dette indbefatter en introduktion, skift mellem forklarende variable og de fire situationer samt afrunding.

Introduktionen er første side, hvor respondenterne introduceres til spørgeskemaet, dets formål og hvad der er i vente. Der er inkluderet et simpelt oversigtsbillede over krydset til orientering inden spørgeskemaet reelt starter. Der er én side, hvor respondenterne gøres opmærksom på, at de indledende spørgsmål om deres person og kørselsmønstre er ovre, og de fire situationer er den næste del. Da det omhandler trafik, hvor alle i folkemunde er 'eksperter', inkluderes der afslutningsvist en mulighed for at skrive kommentarer. Dette har til formål at indsamle de tanker, overvejelser eller bekymringer, som respondenterne har gjort sig undervejs, hvoraf nogle kan have relevans for projektet fremadrettet. Der er herefter en side, hvor der udloddes to biografbilletter blandt respondenternes angivne mailadresser, for at skabe yderligere interesse i spørgeskemaet. Sidst takkes respondenterne for besvarelsen af spørgeskemaet.

I næste afsnit er hele spørgeskemaet vist, som respondenterne ville have set det på en computer.

## B.2 Præsentation af spørgeskema

I dette afsnit fremgår spørgeskemaet i sin helhed på figur B.1 til B.19. Spørgsmålene omkring de forklarende variable kan findes på figur B.2 til B.8, mens spørgsmålene for de fire situationer er vist på figur B.10 til B.16.



Figur B.1: Introduktion til spørgeskemaet.

Angiv køn

☐ Kvinde

☐ Mand

☐ Ønsker ikke at angive

FORRIGE NÆSTE

10%

Figur B.2: Første spørgsmål i spørgeskemaet.

Angiv alder

FORRIGE NÆSTE

15%

Figur B.3: Andet spørgsmål i spørgeskemaet.

Angiv din bopælskommune

-- Vælg --

FORRIGE NÆSTE

21%

Figur B.4: Tredje spørgsmål i spørgeskemaet.

Hvor længe har du haft kørekort?

-- Vælg --

FORRIGE NÆSTE

26%

Figur B.5: Fjerde spørgsmål i spørgeskemaet.

Kører du mest i byen eller på landet?

☐ I byen

☐ På landet

☐ Ved ikke

FORRIGE NÆSTE

31%

Figur B.6: Femte spørgsmål i spørgeskemaet.

Hvor ofte er du bilfører i en gennemsnitlig uge?

-- Vælg --

FORRIGE NÆSTE

36%

Figur B.7: Sjette spørgsmål i spørgeskemaet.

Hvor meget kører du i bil som fører om året?

-- Vælg --

FORRIGE NÆSTE

42%

Figur B.8: Syvende og sidste spørgsmål angående forklarende variable i spørgeskemaet.

De følgende spørgsmål omhandler 4 situationer i det nye kryds.

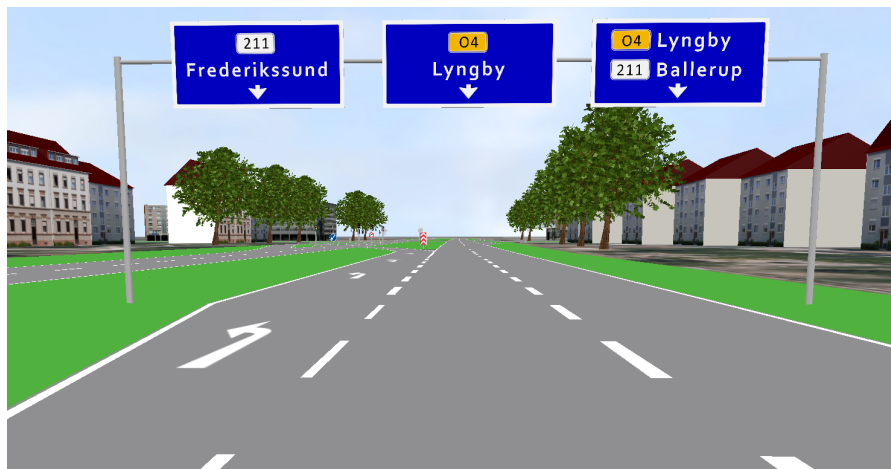
FORRIGE NÆSTE

47%

Figur B.9: Mellemside før de fire situationer præsenteres.

**Situation 1: Placering frem mod første signalanlæg**

Du skal svinge til venstre mod Frederikssund.



Hvordan vil du placere dig?

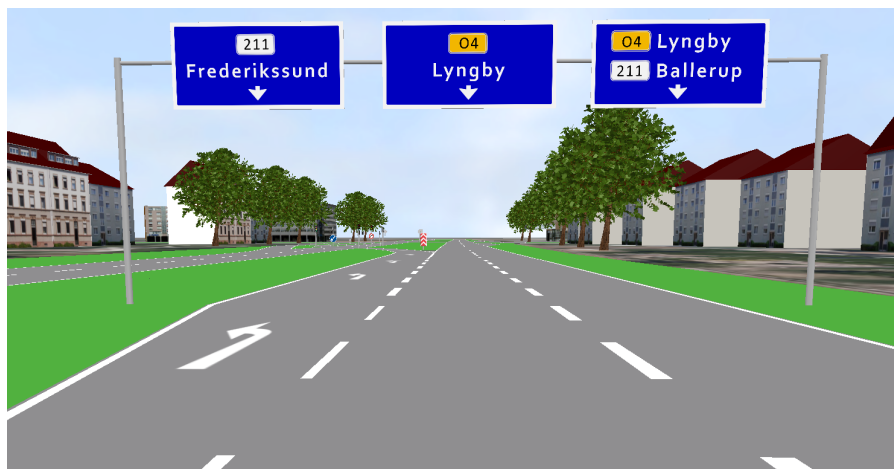
- ☐ Jeg trækker over i svingbanen til venstre og placerer mig der
- ☐ Jeg venter til næste kryds og drejer til venstre der
- ☐ Jeg forstår ikke situationen

FORRIGE

NÆSTE

52%

Figur B.10: Første situation, hvor der skal tages stilling til manøvren.

**Situation 1: Placering frem mod første signalanlæg**

Hvilken betydning havde følgende for dit valg?

|               | 1: Ingen<br>betydning | 2                     | 3                     | 4                     | 5: Stor betydning     |
|---------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Skiltningen   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Afmærkningen  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Vejens forløb | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

FORRIGE

NÆSTE

57%

Figur B.11: Betydning af vejudstyr i første situation undersøges.

**Situation 2: Forløb gennem det første signalanlæg**

Du skal i denne situation fortsætte mod det næste signalanlæg.



Hvad gør du?

- ☐ Jeg fortsætter ligeud gennem signalanlægget
- ☐ Jeg drejer til højre
- ☐ Jeg forstår ikke situationen

FORRIGE

NÆSTE

63%

Figur B.12: Anden situation, hvor der skal tages stilling til manøvren.

## Situation 2: Forløb gennem det første signalanlæg



Hvilken betydning havde følgende for dit valg?

|                | 1: Ingen<br>betydning | 2                     | 3                     | 4                     | 5: Stor betydning     |
|----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Skiltningen    | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Afmærkningen   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Vejens forløb  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Signalanlægget | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

FORRIGE

NÆSTE

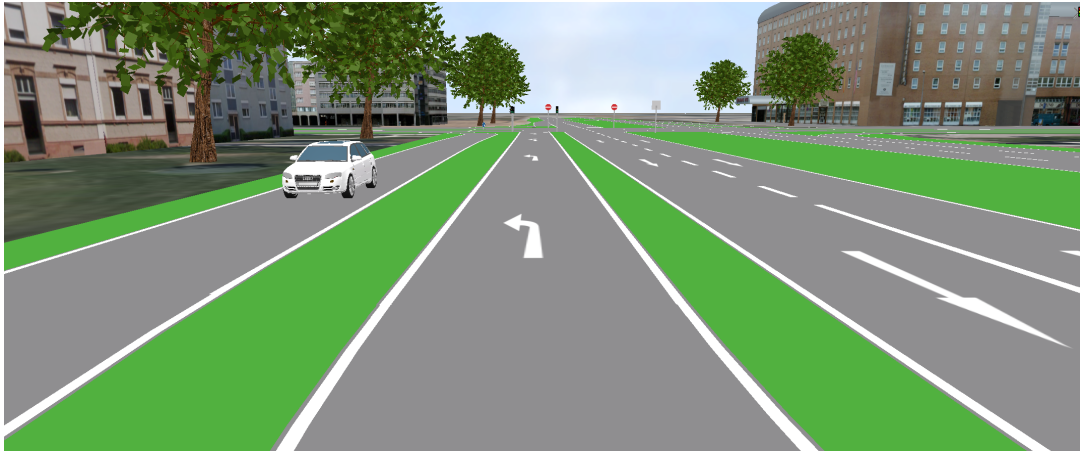
68%

Figur B.13: Betydning af vejudstyr i anden situation undersøges.



**Situation 3: Kørsel frem mod næste signalanlæg**

Du skal i denne situation frem til det næste signalanlæg



Svar på følgende udsagn

|   | Ja                    | Nej                   | Ved ikke              |
|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Modkørende trafik skal være på begge sider?               | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Jeg kan køre til højre i signalanlægget længere fremme?   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Jeg kan køre ligeud i signalanlægget længere fremme?      | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Jeg kan køre til venstre i signalanlægget længere fremme? | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

FORRIGE

NÆSTE

73%

Figur B.14: Tredje situation, hvor der skal tages stilling til udsagn om situationen.

**Situation 3: Kørsel frem mod næste signalanlæg**

Hvilken betydning havde følgende for dine valg?

|               | 1: Ingen<br>betydning | 2                     | 3                     | 4                     | 5: Stor betydning     |
|---------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Afmærkningen  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Vejens forløb | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

Hvor tryk er du ved at have modkørende på din højre side?

Meget utryk

☐

Lidt utryk

☐

Hverken tryk eller utryk

☐

Lidt tryk

☐

Meget tryk

☐

FORRIGE

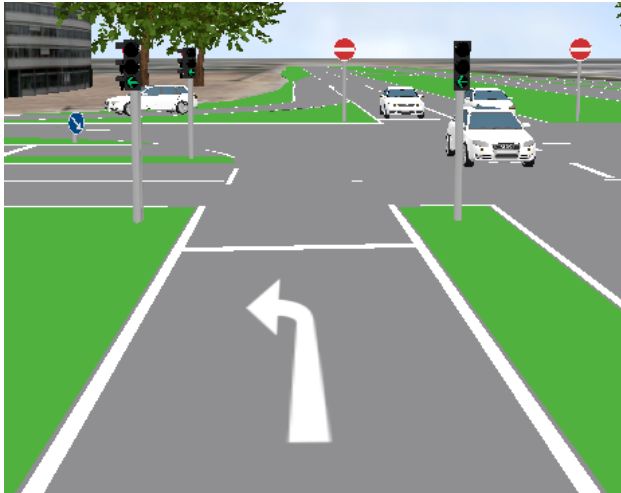
NÆSTE

78%

Figur B.15: Betydning af vejudstyr i tredje situation og tryghed undersøges.

**Situation 4: Sving til venstre i signalanlægget**

Du skal i denne situation svinge til venstre i signalanlægget.



Hvilken betydning har følgende for din forståelse af manøveren?

|                | 1: Ingen<br>betydning | 2                     | 3                     | 4                     | 5: Stor betydning     |
|----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Skiltningen    | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Afmærkningen   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Vejens forløb  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Signalanlægget | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

FORRIGE

NÆSTE

84%

Figur B.16: Betydning af vejudstyr i fjerde situation undersøges.

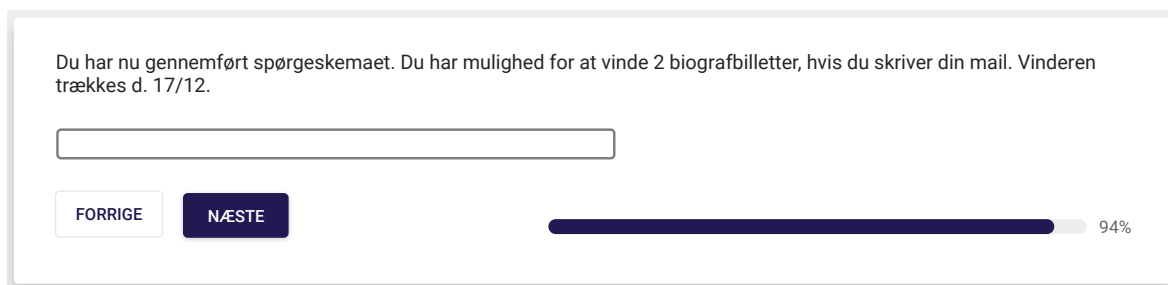
Har du kommentarer til krydstypen, som ikke er berørt i spørgeskemaet?

FORRIGE

NÆSTE

89%

Figur B.17: Mulighed for respondenterne at kommentere på spørgeskemaet.

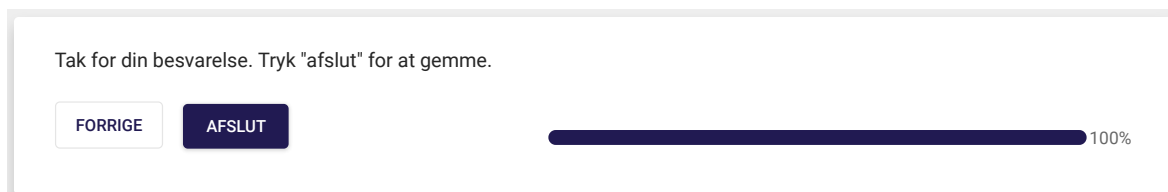


Du har nu gennemført spørgeskemaet. Du har mulighed for at vinde 2 biografbilletter, hvis du skriver din mail. Vinderen trækkes d. 17/12.

FORRIGE NÆSTE

94%

Figur B.18: Mulighed for respondenten at skrive sin mail og deltage i konkurrencen.



Tak for din besvarelse. Tryk "afslut" for at gemme.

FORRIGE AFSLUT

100%

Figur B.19: Afslutning på spørgeskemaet.

### B.3 Distribuering af spørgeskema

I dette afsnit beskrives de spørgemetoder og kanaler anvendt til distribuering af spørgeskemaet. Der anvendes to former for spørgemetoder; elektronisk og fysisk. Via Facebook blev spørgeskemaet de 29. oktober personligt distribueret og efterfølgende delt flere gange. Opslag blev ligeledes lagt op i facebookgrupperne 'Borgerbevægelsen mod en motorvej i Egholmlinjen', en personlig gruppe med nære bekendte samt lokale grupper fra forfatterens hjembyer. Dertil blev spørgeskemaet sendt ud til alle studerende og undervisere på BUILD-afdelingerne. Den 3. november fra klokken 9 til 12 blev spørgeskemaet distribueret fysisk, ved at udspørge forbipasserende i gågaden og på banegården i Aalborg. Erfaringerne fra både den elektroniske og fysiske distribution af spørgeskemaet diskuteres i afsnit B.4.

Spørgeskemaet blev lukket for besvarelser den 16. november, hvormed spørgeskemaet var aktivt og respondenter havde mulighed for at svare i 18 dage.

### B.4 Diskussion

I dette afsnit diskuteres de enkelte dele af spørgeskemaet. Dette indbefatter udarbejdelsen, distribueringen, resultater og klyngeanalysen.

#### Diskussion af spørgeskema

**Udarbejdelse:** Ud fra kommentaranalysen blev det klart, at flere respondenter manglede svarmuligheder ved nogle spørgsmål. Dette var blandt andet ved spørgsmålet omkring 'By-/landkørsel', hvor flere både kørte i land og by og derfor manglede en kategori, hvor begge dele kunne krydses af. Dette kan have tvunget flere til at svare 'ved ikke', eller vælge enten den ene eller den anden mulighed, til trods for at det ikke var foretrukket for respondenterne. I stedet kunne en mere klar definition af by og land være givet og endnu en svarmulighed. Eksempelvist

mulighederne *Større by*, *Mindre by*, *På landet/landsby* og *Ved ikke*. Der vil stadig kunne tolkes på, hvad der er en større og mindre by især med henblik på bopælskommunen, hvor kommunens største by måske ikke er specielt stor sammenlignet med så mange andre kommuner. Dog må det vurderes at forvirringen og utilfredsheden påtænkes at være mindre, samtidig med at færre sandsynligvis ville svare 'ved ikke'. Hvad angår ønsket om svarmuligheden 'både by og land', vil dette kunne overfortolkes, da de færreste sandsynligvis udelukkende kører i byen eller på landet. Det kunne derfor være en 'nem' besvarelse, hvormed respondenterne ikke behøvede at tage stilling til, hvorvidt størstedelen af kørslen forgår i byen eller på landet.

Det er ligeledes blevet pointeret, at der skal tages stilling til, hvordan respondenterne oplever modkørende trafik på højre side, og en 'ved ikke'-mulighed ikke er med. Dette skyldes, at det kan være en uvant situation, og respondenterne kan have svært ved at sætte sig ind, hvordan oplevelsen ville være. Det er derfor samme problematik som ovenfor, hvor en 'ved ikke'-mulighed ville være det 'nemme' svar, så respondenterne ikke er tvunget til at tage stilling. Det vurderes dog at være begrænset, hvor stort et behov der er efter en 'ved ikke'-mulighed ved dette spørgsmål.

I SurveyXact findes en funktion, der randomiserer rækkefølgen af svar. Denne funktion blev ikke anvendt, hvorfor respondenter efter de første par situationer muligvis kunne regne ud, hvad der var den tiltænkte manøvre eller rigtige svar, hvormed betydningen af vejudtyr var mindre signifikant. Dette vurderes dog ikke at have spillet en væsentlig rolle.

Derudover var der mulighed for at gå tilbage i spørgeskemaet og rette sin besvarelse, inden dets afslutning. Den efterfølgende situation ville have afsløret hvilken manøvre, der var korrekt, hvilket kan have givet vildledende resultater. Omfanget af dette er ikke til at vide, men vurderes umiddelbart til at være ganske få, hvis nogen overhovedet.

Det antages, at respondenterne havde nemmere ved at kommentere på deres oplevelser igennem krydset, og var ufarvet i forhold til mulige forbedringsmuligheder, hvis der ingen hjælpemidler eller andre tiltag var, der gjorde oplevelsen mere tryk eller behagelig. Antagelsen bygger på, at mennesker er mere tilbøjelige til at skrive kommentarer eller forslag, hvis oplevelsen er utryk, ubehagelig eller uforståelig, og vil gøre noget bedre. Antallet af kommentarer bekræfter dette, da der blev modtaget et ganske højt antal kommentarer, hvoraf en stor del var brugbare og indeholdt forbedringer til krydset.

Dog fandtes ingen kommentar-boksen ved ét eller flere specifikke spørgsmål, hvor folk kunne uddybe deres tanker. Dette kunne præcisere visse kommentarer, der dog generelt var overkommelige at relatere til det relevante spørgsmål. Én samlet kommentarboks, gjorde øjensynligt besvarelsen mere ligetil for respondenterne, end hvis der skulle tages stilling til kommentarer ved hvert spørgsmål. Det antages dermed, at der blev opnået et højere antal kommentarer og lavere frafald, ved at lave én kommentarboks til sidst. Nogen viden kunne dog være gået tabt i løbet af spørgeskemaet, hvis en respondent har ønske at kommentere til de første par spørgsmål, men siden har glemt det eller brugt mere tid på at tænke på andre spørgsmål. Overordnet set har muligheden for at kommentare været utrolig vigtig til at nuancere, hvordan helt almindelige personer føler omkring DLT-anlæg.

**Distribuerings:** Dataindsamlingen skete i overvejende grad i bølger, hvor der kom flest besvarelser som følge af delingen af spørgeskemaet gennem de enkelte anvendte kanaler. Dermed kunne antal besvarelser nemt følges. Dette gjorde det tydeligt, at der måtte anvendes

flere kanaler til udbredelsen af spørgeskemaet i løbet af perioden, hvor spørgeskemaet var aktivt. Derfor blev spørgeskemaet sendt ud på BUILD - både til studerende og medarbejdere, hvormed der kom en væsentlig mængde besvarelser. Dette har især medvirket til, at aldersfordelingen har været skæv sammenlignet med aldersfordelingen i hele Danmark, og har som følge heraf skabt skævhed i repræsentativiteten af spørgeskemaet. Dertil kom der en del 'ekspertbesvarelser' fra undervisere, som ligeledes skævvrider resultatet, set i forhold til alle bilister Danmark.

**Fysisk distribuering:** Den fysiske distribuering gav nogle indsigter, som ikke var mulige gennem besvarelsen af spørgeskemaet online. Dette skete blandt andet ved overværelse af besvarelsen, svar på afklarende spørgsmål, tidstagnung af besvarelsen med videre.

I forbindelse med den fysiske distribution af spørgeskemaet svarede 24 forbipasserende på en tablet. Overværelsen af disse besvarelser gav en del indsigter og tydeliggjorde fejl og mangler ved spørgeskemaet. Det blev klart, at de fleste mente det tog for lang tid, generelt mellem 5-6 minutter. Dette kan også være afstedkommet af den ensligende ordlyd på en del spørgsmål, som kunne virke gentagende. Dertil var der for nogle forvirring omkring nogle spørgsmål og hvad der reelt blev spurgt om. Det var ligeledes tydeligt, at kun ganske få læste den første side og kiggede på billedet, hvilket kunne give en manglende forståelse for krydsets udformning og de situationer, som respondenterne kom igennem.

Respondenter der har svaret online og fysisk antages at have væsentligt forskellig adfærd. Først og fremmest blev forbipasserende stoppet på gaden i færd med andre gøremål, mens online-respondenter aktivt har klikket og svaret på spørgeskemaet. Det må derfor antages at online-respondenter i højere grad satte sig ind i spørgeskemaet. Dette kan forklare de afklarende spørgsmål, som flere respondenter på gaden havde og mængden af kommentarer, som respondenter, der har svaret online, har skrevet.

Anbefalingerne som følge af den fysiske distribuering er blandt andet en video med overflyvning af krydset, som ikke kan forbigås, for at sikre en introduktion af krydset, mindre brug af fagtermer og gentagelser og et generelt kortere spørgeskema. Eksempelvis kunne både 'Tid med kørekort' og 'Førerhyppighed' ekskluderes, da 'Kørselsbehov' anvendes i højere grad.

**Resultater:** Generelt var der en god forståelse af krydset og de påkrævede manøvre, respondenterne kom igennem. En del af forklaringen på dette, kan dog være de ideelle forhold, som respondenterne blev præsenteret for. Flere kommentarer pointerer, at det var ligetil at svare, men samtidig, blev der lagt mest vægt på vejafmærkning. Vejafmærkning og skiltning er ikke altid lige tydelig som i dagslys, eksempelvis om natten, om vinteren eller i myldretiden. Dette kan forringe orienteringen og forståelsen af krydset, hvilket ikke ville være opfanget af spørgeskemaet. Det må dog vurderes, at eventuelle fejl giver færre konsekvenser ved mindre intens trafik, og i myldretiden kan usikre trafikanter tage bestik af de øvrige trafikanter. Synligheden af afmærkningen og skilte bør dog holdes af en høj standard, så risikoen for misforståelser samt forkerte og farlige manøvre formindskes.

Derudover omhandlede flere kommentarer, at billederne i de enkelte situationer var for små og utydelige - især ved besvarelser på telefonen. Billederne er i alle situationer forsøgt lavet realistisk, men en del af forklaringen kan også findes på respondentens egen device.

## Diskussion af klyngeanalyse

K-means metoden anvendt til klyngeanalysen i denne rapport er som beskrevet tidligere ganske subjektiv, da der skal vælges et antal klynger på forhånd. Albuediagrammet er medvirkende til at vise, hvilket antal er mest passende, men i denne rapport vælges et andet antal, da dette giver bedre fortolkningsmuligheder af data. Det kan vurderes, at to klynger i alle tilfælde giver det største knæk, efterfulgt af fire og seks klynger. Når data grupperes med to til otte klynger, afviger det mest optimale antal klynger, alt efter om der fortolkningsmæssigt er tydeligere forskelle mellem grupperne end ved den beregnede interne variation i gruppen. Ved eksempelvis tre, fem og otte klynger fremstår der for de fire situationer klart mere opdelte og forskellige klynger, men dette afspejles ikke i albuediagrammet, som blot vægter interne forskelle. Der er dermed en afvigelse mellem det mest optimale antal klynger, afhængigt af, om interne forskelle og forskelle mellem klynger er det definitive kriterie. I denne rapport anvendes en kombination af begge, med tilhørende resultater til følge. Der er nogen lighed, men dog også forskelle.

Dertil kan der ses på fordelingen af grupper, at der er flere ligheder på tværs af de fire situationer, men samtidig mindre forskelle grupperne imellem i den enkelte situation. Dette antyder 'følsomme data'; at det er minimale forskelle, der afgør, hvilken gruppe den enkelte respondent tilhører. Derudover gør muligheden for at svare 'ved ikke' eller 'ønsker ikke at opgive' ligeledes en rolle, da disse svarmuligheder har den højeste værdi, i de spørgsmål, hvor de indgår. Dette øger gennemsnittet, uden at bidrage væsentligt til analysen. Et fravalg af disse svarmuligheder i datasættet til variansanalysen eksempelvis vurderes til at kunne give tydeligere resultater. Samtidig vil det dog gøre datasættet yderligere følsomt, idet der indgår færre svarmuligheder, hvorfor variansen sandsynligvis vil blive lavere og spredningen ligeså.

Dertil kan outliers ligeledes ikke håndteres af k-means metoden, som alt andet lige har en negativ indvirkning på, hvor meget de enkelte grupper afviger internt, og dermed også med hinanden. Disse faktorer gør, at resultaterne skal fortolkes varsomt, og at analysen relativt let kunne give væsentligt forskellige resultater, hvis fremgangsmåden ændres blot en lille smule. Denne problematik er også til stede, når de enkelte variable undersøges. Her er der i nogle grupper mere klar gruppering af for eksempel køn end andre, selv når køn har en væsentlig indflydelse på både tryk og scores. Til at reducere indvirkningen af disse udfordringer, blev alle variable skaleret, og blev i højere grad sat i forbindelse med hinanden, så nogle variable ikke blev tilgodeset på bekostning af andre. Dette vurderes at have haft en begrænset effekt, men dog nogen effekt, sammenlignet med en analyse uden skalering af data, hvor forskellene grupper imellem var sværere at udlede og tyde.

I denne klyngeanalyse anvendes Gowers afstand, som evaluerer forskelle som gennemsnittet af afstande for alle variable gennem forskellige metoder. Valget af afstandsmål vurderes at have en altoverskyggende betydning for klyngeanalysen, netop grundet følsomheden af data.

Variansanalysen blev udarbejdet for at have en håndgribelig metode til at analysere og sammenligne karakteristika for grupperne som blev defineret med klyngeanalysen. Tolkningen af karakteristika, scores samt mulige sammenhænge heraf og variansanalysen stemmer dog i mindre omfang overens. Der anvendes en enkeltfaktor-anova i stedet for flere faktorer i variansanalysen. Dette skyldes et hensyn til de følsomme data, som forventedes at give endnu færre ligheder, og ville gøre det mere besværligt og uigennemsigtigt at tolke de mulige sammenhænge der måtte være mellem uafhængige og afhængige variable.

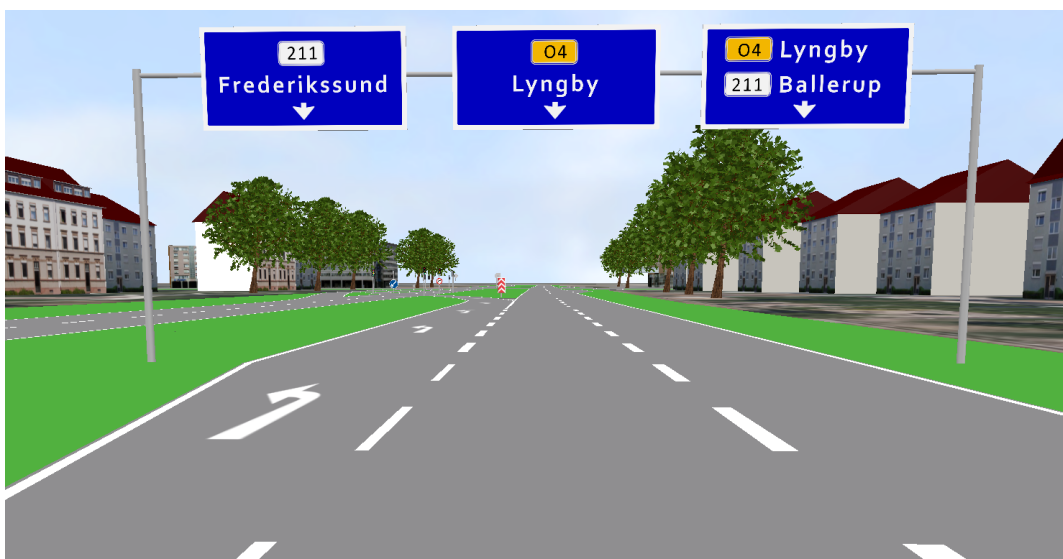
Grundene til dette kan tilskrives allerede nævnte problematikker omkring klyngeanalysen; at outliers indgår i grupperne, det subjektive valg af antallet af klynger og ikke mindst de følsomme data. Det vurderes på baggrund af disse udfordringer, at også resultaterne fra variansanalysen skal anvendes med forsigtighed, hvis analysen i det hele taget bør eller kan anvendes.



## C | Situationsbilleder

---

I dette bilag findes figur C.1 til C.4, som er billeder fra hver situation fra visualiseringsmodellen i vissim, som blev anvendt i spørgeskemaet. Dette giver en fornemmelse af, hvordan det kan komme til at se ud i et færdigt anlæg, dog uden hverken fodgængere eller cyklister.



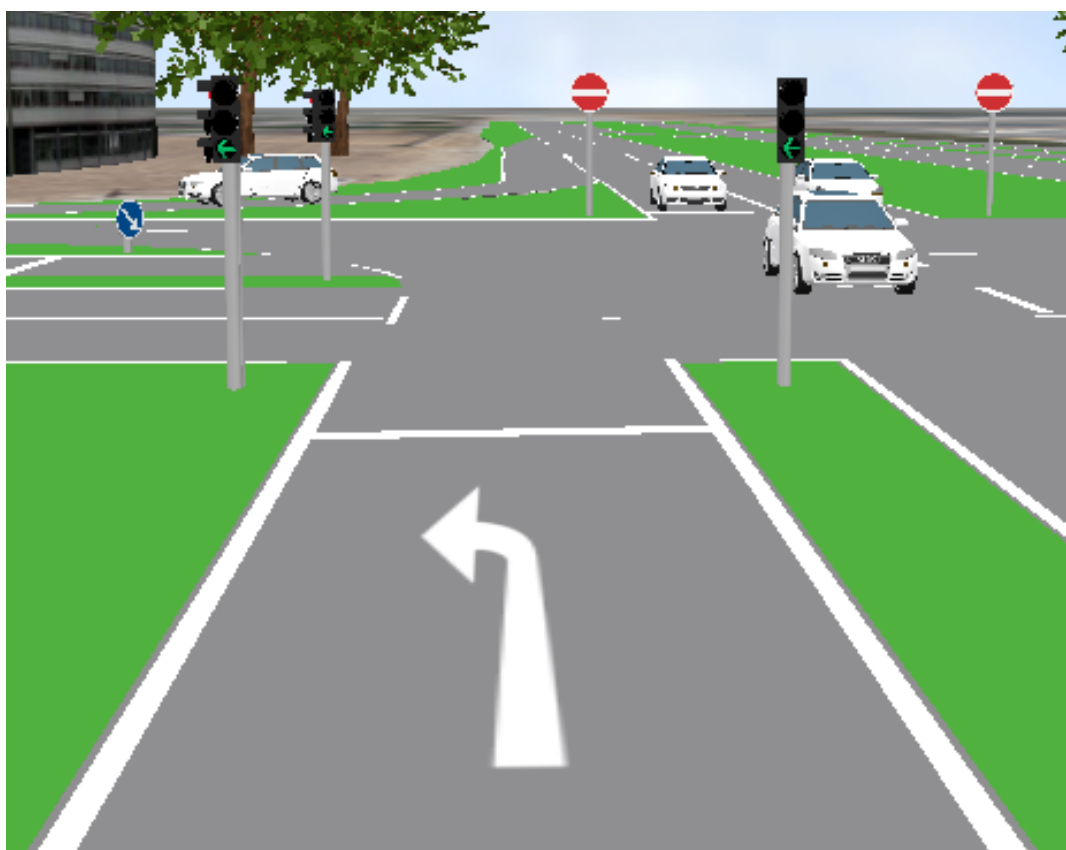
Figur C.1: Situation 1 som oplevet som fører af en personbil.



Figur C.2: Situation 2 som oplevet som fører af en personbil.



Figur C.3: Situation 3 som oplevet som fører af en personbil.



Figur C.4: Situation 4 som oplevet som fører af en personbil.