

Charlotte Tønning

Bilister og Modulvogntog

*Analyse af betydningen for bilister ved ombygning af
rundkørsler til kørsel med modulvogntog*



Kandidatspeciale
Vej- og Trafikteknik
Institut for Byggeri og Anlæg
Aalborg Universitet
2016



AALBORG UNIVERSITET
STUDENTERRAPPORT

Titel:

Bilister og Modulvogntog - Analyse af betydningen for bilister ved ombygning af rundkørsler til kørsel med modulvogntog

Projektperiode:

VT10, Forårssemesteret 2016
1. februar til 2. juni 2016

Forfatter:

Charlotte Tønning

Vejledere:

Niels Agerholm
Tanja Kidholm Osmann Madsen

Oplagstal: 4

Sidetal: 106

Bilagsantal: 17

Afsluttet: 08-06-2016

Det Teknisk-Naturvidenskabelige Fakultet

Aalborg Universitet
Institut for Byggeri og Anlæg
Veje og Trafik
Sofiendalsvej 11
9200 Aalborg SV
Telefon 99 40 83 75
<http://www.trafik.aau.dk/>

Synopsis: I dette kandidatspeciale er det undersøgt, om udbygninger af rundkørsler til kørsel med modulvogntog er med til at øge hastigheden for personbiler igennem rundkørslen. Ombygning af rundkørslerne til kørsel med modulvogntog er ofte gjort ved at gøre midterøen mindre i diameter og derefter etablere et overkørselsareal. Dette overkørselsareal er i nogle rundkørsler overkørbart, og det er disse rundkørsler, der er i fokus i dette speciale. Problemstillingen er undersøgt ved en før- og efteranalyse, samt en med- og udenanalyse på i alt tre projektlokaliteter.

Indsamlingen af data er foretaget ved hjælp af videoanalyse. Databehandlingen er foretaget ved hjælp af to computerprogrammer, T-analyst og RUBA, hvor hovedandelen af efterbehandlingen er foretaget i RUBA, og resultaterne fra T-analyst har fungeret, som en referenceanalyse, så det har været muligt, at afgøre om hastighederne, beregnet ved hjælp af RUBA, er valide. I efterbehandlingen er der ligeledes anvendt statistiske analyser for, at afgøre om, der er en signifikant forskel i hastighederne mellem de udvalgte rundkørsler. Opsummeres resultaterne kort, viste hastighedsanalysen, at den maksimale forskel i gennemsnitshastigheden er på 9 km/t, hvilket er mellem før- og efteranalysen, hvor gennemsnitshastighederne er henholdsvis 28 km/t og 37 km/t. De statistiske analyser viste, at forskellen mellem hastighederne i rundkørsler med og uden overkørbart overkørselsareal er signifikant forskellige, og det kan derved konkluderes, at ombygninger af rundkørsel med overkørbart overkørselsareal giver øgede hastigheder for personbiler.

Forord

Dette kandidatspeciale er udarbejdet af Charlotte Tønning på 10. semester af kandidatuddannelsen, Veje & Trafik, ved det Teknisk-Naturvidenskabelige Fakultet på Aalborg Universitet. Rapporten undersøger, hvilken betydning Vejdirektoratet og kommunernes ombygninger af rundkørsler til kørsel med modulvogntog får for personbilers hastighed igennem rundkørsler. Kandidatspecialet omfatter den foreliggende rapport med tilhørende bilag og appendiks bagerst.

Til projektets hovedvejleder, Niels Agerholm, AAU, og bivejleder, Tanja Kidholm Osmann Madssen, AAU, skal der lyde en stor tak. Endvidere skal der lyde stor tak til Peter Muhlig Christensen, for vejledning i anvendte programmer.

Læsevejledning

Igennem rapporten fremtræder der kildehenvisninger, og disse vil være samlet i en litteraturliste bagerst i rapporten. Der er i rapporten anvendt kildehenvisning efter Harvardmetoden, så der refereres til en kilde med [Efternavn, År]. Kildehenvisningen fører til litteraturlisten, hvor bøger er angivet med forfatter, titel, udgave og forlag, mens webadresser er angivet med forfatter, titel og dato. Kildehenvisning til tabeller og figurer angives i tabel- og figurteksten, medmindre de er fremstillet af forfatteren.

Figurer og tabeller er nummereret i henhold til kapitel, dvs. den første figur i kapitel 1 har nummer 1.1, den anden har nummer 1.2 osv. Forklarende tekst til figurer og tabeller findes under de givne figurer og tabeller. Figurer, som er ændret i forhold til den oprindelige kilde, angives med [Efternavn, år]*.

I rapporten skelnes der mellem appendiks og bilag. Appendiks er fremstillet af forfatteren, og bilag er materiale forfatteren ikke selv har fremstillet. Tilhørende appendiks og bilag til rapporten refereres til med kapitelbogstav og/eller afsnitsnummer, samt sidetal, eksempelvis appendiks D.1 (s. 48).

Charlotte Tønning

Abstract

In many years road trains has been used internationally, but in 2008 were the first trials with road trains initiated on selected parts of the Danish national road network. The period of the trial was at first nominated to three years, but was extended several times. The trial period is now prolonged to 2030, which in reality makes it a permanent arrangement. In the initial stages towards the trial period the transport industry expressed their needs for road trains, which led to the ongoing trial.

Road trains in Denmark are up to 25,25 m long, and therefore it has been necessary to rebuild state roads and selected municipal roads, where these road trains are allowed, to ensure sufficient space. The rebuilding is mainly required in the nodes, which involve design changes of the nodes. Around 150 locations are in total rebuild so far, where a considerable part are roundabouts, to ensure sufficient space for the road trains. This project focus on single-lane roundabouts, where the central island is reduced, and the reduced area is added to the lane. The rebuilding of the single-lane roundabout makes the turning radius bigger, because of the increasing width of the lane, which could allow especially private cars to increase their speed through the roundabout. The hypothesis is therefore, that the rebuilding of the single lane roundabouts will increase the speed noticeably through the roundabouts. An increase in the speed could lead to an increase in the accident risk and an additionally increase in speed variation, which is a normally outcome of an increasing speed level.

To confirm the hypothesis is two studies made: A before and after study in the same roundabout and a with and without study in two almost identical roundabouts. The three roundabouts are all outside urban areas, have an AADT of 4.000 to 8.000, and the roads leading up to the roundabout have a 80 km/h speed limit. For each of the three roundabout approximately one week of video registration were recorded. The study only focus on private cars driving under free flow conditions, and the study is based on 100 cars per week per location, so 400 cars in total for the study. The speed through the roundabouts are measured from two timestamps between two appointed location in the roundabout.

The result of the study were, that the speed in the before and after study are almost 28 km/h and 37 km/h respectively, and the speed in the with and without study are almost 32 km/h and 33 km/h respectively. The results of the study are tested for the same mean value using statistical analysis. The combinations that were tested for same mean value are before and after, with and without, before and with, before and without, after and with, after and without, and finally before/with and after/without. The result of the statistical analysis are, that none of the combination except the with and without have same mean value, which shows, that the speed has increase since the rebuild of the roundabouts. An increase in the speed in rebuild roundabouts might reduce the traffic safety and increase the risk of accidents, according to the power model.

Indholdsfortegnelse

Forord	v
Abstract	vii
Indholdsfortegnelse.....	ix
Figurer	xi
Tabeller	xiii
Kapitel 1 Indledning	1
1.1. Problemanalyse	4
1.2. Problemstilling.....	6
1.3. Problemafgrænsning	6
Kapitel 2 Metode	7
2.1. Litteraturstudie.....	7
2.2. Analysemåde og -metode.....	7
2.3. Optælling af personbiler	9
2.4. Hastighedsanalyse	12
Kapitel 3 Indsamling af data.....	17
3.1. Valg af rundkørsler	17
3.2. Præsentation af udvalgte rundkørsler	18
3.2.1. Projektlokalitet 1: Rundkørsel ved Roldvej og Hobrobvej.....	18
3.2.2. Projektlokalitet 2: Rundkørsel ved Hansthalmvej og Aalborgvej	21
3.2.3. Projektlokalitet 3: Rundkørsel ved Harald Fischers Vej og Industrivej.....	25
3.3. Indsamling af data	28
3.3.1. Projektlokalitet 1: Rundkørsel ved Roldvej og Hobrobvej.....	28
3.3.2. Projektlokalitet 2: Rundkørsel ved Hansthalmvej og Aalborgvej	30
3.3.3. Projektlokalitet 3: Rundkørsel ved Harald Fischers Vej og Industrivej.....	32
3.4. Opsummering	34
Kapitel 4 Behandling af data	37
4.1. Efterbehandling	37
4.2. Optælling af personbiler	39
4.3. Hastighedsanalyse	41
4.4. Øvrige bemærkninger.....	51
4.4.1. Projektlokalitet 1 for efteroptagelserne.....	51
4.4.2. Projektlokalitet 2	52

4.4.2. Projektlokalitet 3.....	55
Kapitel 5 Resultater og diskussion.....	59
5.1. Resultater for optælling af personbiler.....	59
5.2. Resultater for hastighedsanalysen.....	60
5.2.1. Projektlokalitet 1 ved føroptagelserne	60
5.2.2. Projektlokalitet 1 ved efteroptagelserne	60
5.2.3. Projektlokalitet 2.....	61
5.2.4. Projektlokalitet 3.....	62
5.3. Sammenligning af projektlokaliteterne	62
5.3.1. Føroptagelserne kontra efteroptagelserne for projektlokalitet 1	63
5.3.2. Medoptagelserne fra projektlokalitet 2 kontra udenoptagelserne fra projektlokalitet 3	63
5.3.3. Føroptagelserne fra projektlokalitet 1 kontra udenoptagelserne fra projektlokalitet 3	63
5.3.4. Efteroptagelserne fra projektlokalitet 1 kontra medoptagelserne fra projektlokalitet 2	64
5.3.5. Føroptagelserne fra projektlokalitet 1 og medoptagelserne fra projektlokalitet 2	64
5.3.6. Efteroptagelserne fra projektlokalitet 1 og udenoptagelserne fra projektlokalitet 3.	65
5.3.7. Føroptagelserne fra projektlokalitet 1 og udenoptagelserne fra projektlokalitet 3 kontra efteroptagelserne fra projektlokalitet 1 og medoptagelserne fra projektlokalitet 2	65
Kapitel 6 Metodeovervejelser.....	67
Kapitel 7 Konklusion.....	69
Kapitel 8 Perspektivering	71
Litteratur	73
Appendiks A - Optælling af køretøjer	75
Appendiks B - Hastighedsanalyse	77
Appendiks C - Korrigering af længden mellem detektorer i hastighedsanalysen.....	79
Appendiks D: Statistiske analyser	81
Bilag A: T-Calibration.....	91

Figurer

Figur 1.1: De fire modulvogntogstyper tilladt i Danmark. (Vejdirektoratet, 2013)*	2
Figur 1.2: Rutenet for modulvogntog. (Vejdirektoratet, 2016)	3
Figur 1.3: Potensmodellen. (BedreBilist, 2016)	5
Figur 2.1: Fremgangsmåde for optælling af personbiler	11
Figur 2.2: Fremgangsmåde for hastighedsanalyse	14
Figur 3.1: Projektlokaliteternes placering. (Kortforsyningen, 2015)*	18
Figur 3.2: Projektlokalitet 1's placering. (Kortforsyningen, 2015)*	19
Figur 3.3: De fire vejgrene for projektlokalitet 1	20
Figur 3.4: Før ombygningen af projektlokalitet 1. (Kortforsyningen, 2015)*	21
Figur 3.5: Efter ombygning af projektlokalitet 1. (Kortforsyningen, 2015)*	21
Figur 3.6: Uheld efter opbygningen af projektlokalitet 1. (Kortforsyningen, 2015)*	21
Figur 3.7: Projektlokalitet 2's placering. (Kortforsyningen, 2015)*	22
Figur 3.8: De fire vejgrene for projektlokalitet 2	23
Figur 3.9: Projektlokalitet 2's geometriske udformning. (Kortforsyningen, 2015)*	24
Figur 3.10: Placeringen af uheld på projektlokalitet 2. (Kortforsyningen, 2015)*	24
Figur 3.11: Projektlokalitet 3's placering. (Kortforsyningen, 2015)*	25
Figur 3.12: De fire vejgrene for projektlokalitet 3	26
Figur 3.13: Projektlokalitet 3's geometriske udformning. (Kortforsyningen, 2015)*	27
Figur 3.14: Rundkørslen efter ombygningen set mod den sydvestløbende Løkkensvej	27
Figur 3.15: Placeringen af uheld på projektlokalitet 3. (Kortforsyningen, 2015)*	28
Figur 3.16: Placering af kameraet for projektlokalitet 1 for både før- og efteroptagelserne	29
Figur 3.17: Kameraopstilling ved efteroptagelserne	29
Figur 3.18: Kameravinkel ved efter-optagelserne	30
Figur 3.19: Kameravinkel ved før-optagelserne	30
Figur 3.20: Placering af kameraet for projektlokalitet 2	31
Figur 3.21: Kameraopstilling ved videooptagelserne	31
Figur 3.22: Kameravinkel ved videooptagelserne	32
Figur 3.23: Placeringen af kameraet for projektlokalitet 3	33
Figur 3.24: Kameraopstilling ved optagelserne	33
Figur 3.25: Kameravinkel ved optagelserne	34
Figur 4.1: Fremgangsmåden for efterbehandlingen af de tre projektlokaliteter med tilhørende videooptagelser	38
Figur 4.2: Optegning af Edge-detektoren i RUBA for projektlokalitet 1 ved før-optagelserne	39
Figur 4.3: De kalibrerede parametre i RUBA for projektlokalitet 1 ved før-optagelserne	40
Figur 4.4: Igangsætning af optælling af køretøjer for projektlokalitet 1 ved før-optagelserne	40
Figur 4.5: Et eksempel på et frame fra RUBA	41
Figur 4.6: De to detektorer til hastighedsanalyse i RUBA	42
Figur 4.7: Igangsætning af hastighedsanalyse i RUBA	42
Figur 4.8: Ortofotoet i T-Calibration, hvor referencepunkter er udpeget	44
Figur 4.9: Kameraudsnittet i T-Calibration, hvor referencepunkter er udpeget	45
Figur 4.10: Indstillede parametre i Extractframes	45
Figur 4.11: Placering af omrids for fritkørende personbil nummer 1	46

Figur 4.12: Kursbevægelse for fritkørende personbil nummer 1 illustreret med gult.	47
Figur 4.13: Tabel med hastigheder, koordinater m.m. i T-analyst.....	47
Figur 4.14: Test for normalfordeling ved hjælp af QQ-plot med tilhørende Shapiro-Wilk test for projektlokalitet 1 ved føroptagelserne. (R Development Core Team, 2016)*	49
Figur 4.15: Test for normalfordeling ved hjælp af QQ-plot med tilhørende Shapiro-Wilk test for projektlokalitet 1 ved efteroptagelserne. (R Development Core Team, 2016)*	49
Figur 4.16: Stikprøverne testes for ens middelværdi ved hjælp af Mann-Whitney test.	51
Figur 4.17: Den fjerneste detektor i hastighedsanalysen.	52
Figur 4.18: Skær fra solen.	53
Figur 4.19: Lyset fra lygtepælene.....	53
Figur 4.20: Anvendt opstilling til optælling af køretøjer i RUBA.	54
Figur 4.21: Usikkerhed i T-Calibration på projektlokalitet 2. (Trafvid, 2014)	55
Figur 4.22: Regndråber på kameraet.	56
Figur 4.23: Skær fra solen..	56
Figur 4.24: Lyset fra lygtepælene	56
Figur 6.1: Manglende detektering af køretøj i RUBA, fordi at detektoren påvirkes af skygger. ...	67
Figur 8.1: Hydéns pyramide. (Madsen et al., 2014).....	72
Figur A.A.1: Opstilling af detektorer til optælling af køretøjer i RUBA for projektlokalitet 1 ved efteroptagelserne.	75
Figur A.A.2: Opstilling af detektorer til optælling af køretøjer i RUBA for projektlokalitet 2.....	75
Figur A.A.3: Opstilling af detektorer til optælling af køretøjer i RUBA for projektlokalitet 3.....	76
Figur A.B.1: Opstilling af detektorer til hastighedsanalyse i RUBA for projektlokalitet 1 ved efteroptagelserne.	77
Figur A.B.2: Opstilling af detektorer til hastighedsanalyse i RUBA for projektlokalitet 2.....	77
Figur A.B.3: Opstilling af detektorer til hastighedsanalyse i RUBA for projektlokalitet 3.....	78
Figur A.C.1: Timestamp for de to detektorer på projektlokalitet 1 ved føroptagelserne..	79
Figur A.C.2: Korrigeringen af længden foretaget i Excel.....	80
Figur A.C. 3: Den korrigerede hastighed.....	80
Figur A.D.1: Stikprøven for projektlokalitet 3 testes for, om den er normalfordelt ved hjælp af et QQ-plot og en Shapiro-Wilk test.....	81
Figur A.D.2: Stikprøverne testes for ens middelværdi ved hjælp af Mann-Whitney test.	82
Figur A.D.3: Stikprøven for projektlokalitet 3 testes for, om den er normalfordelt ved hjælp af et QQ-plot og en Shapiro-Wilk test.....	83
Figur A.D.4: Stikprøverne testes for ens middelværdi ved hjælp af Mann-Whitney test.	84
Figur A.D.5: Stikprøverne testes for ens middelværdi ved hjælp af Mann-Whitney test.	85
Figur A.D.6: Stikprøverne testes for ens middelværdi ved hjælp af Mann-Whitney test.	86
Figur A.D.7: Stikprøverne testes for ens middelværdi ved hjælp af Mann-Whitney test.	87
Figur A.D. 8: Den sammensatte stikprøve for før- og udenoptagelserne testes for, om den er normalfordelt ved hjælp af et QQ-plot og en Shapiro-Wilk test.	88
Figur A.D. 9: Den sammensatte stikprøve for efter- og medoptagelserne testes for, om den er normalfordelt ved hjælp af et QQ-plot og en Shapiro-Wilk test.	88
Figur A.D.10: Stikprøverne testes for ens middelværdi ved hjælp af Mann-Whitney test.	89
Figur B.A.1: Usikkerhed i T-Calibration på projektlokalitet 2.(Trafvid, 2014)	91

Tabeller

Tabel 3.1 Optageperiode for projektlokalitet 1.....	30
Tabel 3.2 Optageperiode for projektlokalitet 2.....	32
Tabel 3.3 Optageperiode for projektlokalitet 3.....	34
Tabel 3.4: Opsummering af detaljer omkring de tre projektlokaliteter.....	35
Tabel 4.1: Udvælgelseskriterier for de 100 fritkørende personbiler for projektlokalitet 1 ved føroptagelserne.	44
Tabel 4.2: Stikprøverne testes for ens spredning, også kaldet varians. (Microsoft Office Home, 2016)*	50
Tabel 4.3: Stikprøverne testes for ens middelværdi ved hjælp af t-test.....	51
Tabel 4.4: Udvælgelseskriterier for de 100 fritkørende personbiler for projektlokalitet 1 ved efteroptagelserne.....	52
Tabel 4.5: De frasorterede timer for projektlokalitet 2.	53
Tabel 4.6: Udvælgelseskriterier for de 100 fritkørende personbiler for projektlokalitet 2.	54
Tabel 4.7: Sammenligning af hastigheder fra manuelle beregninger og T-analyst.....	55
Tabel 4.8: De frasorterede timer for projektlokalitet 3.	56
Tabel 4.9: Udvælgelseskriterier for de 100 fritkørende personbiler for projektlokalitet 3.	57
Tabel 5.1: Resultater af optælling af personbiler.	59
Tabel 5.2: Gennemsnit af antal personbiler pr. time.	59
Tabel 5.3: Gennemsnitlige hastigheder på projektlokalitet 1 ved føroptagelserne.	60
Tabel 5.4: Gennemsnitlige hastigheder på projektlokalitet 1 ved efteroptagelserne.	61
Tabel 5.5: Gennemsnitlige hastigheder på projektlokalitet 2.	61
Tabel 5.6: Gennemsnitlige hastigheder på projektlokalitet 3.	62
Tabel 5.7: Resultatet af de statistiske analyser ved sammenligning af før- og efteroptagelserne.....	63
Tabel 5.8: Resultatet af de statistiske analyser ved sammenligning af med- og udenoptagelserne.....	63
Tabel 5.9: Resultatet af de statistiske analyser ved sammenligning af før- og udenoptagelserne.	64
Tabel 5.10: Resultatet af de statistiske analyser ved sammenligning af efter- og medoptagelserne.	64
Tabel 5.11: Resultatet af de statistiske analyser ved sammenligning af før- og medoptagelserne.	64
Tabel 5.12: Resultatet af de statistiske analyser ved sammenligning af efter- og udenoptagelserne.	65
Tabel 5.13: Resultatet af de statistiske analyser ved sammenligning af før- og udenoptagelserne kontra efter- og medoptagelserne.	65
Tabel A.D.1: Stikprøverne testes for ens varians.	82
Tabel A.D. 2: Stikprøverne testes for ens middelværdi ved hjælp af t-test	82
Tabel A.D.3: Stikprøverne testes for ens varians.	83
Tabel A.D.4: Stikprøverne testes for ens middelværdi ved hjælp af t-test.....	84
Tabel A.D.5: Stikprøverne testes for ens varians.	84
Tabel A.D.6: Stikprøverne testes for ens middelværdi ved hjælp af t-test.	85
Tabel A.D.7: Stikprøverne testes for ens varians.	85

Tabel A.D.8: Stikprøverne testes for ens middelværdi ved hjælp af t-test.....	86
Tabel A.D.9: Stikprøverne testes for ens varians.	86
Tabel A.D.10: Stikprøverne testes for ens middelværdi ved hjælp af t-test.	87
Tabel A.D. 11: Stikprøverne testes for ens varians.	89
Tabel A.D.12: Stikprøverne testes for ens middelværdi ved hjælp af t-test.	89

Kapitel 1 Indledning

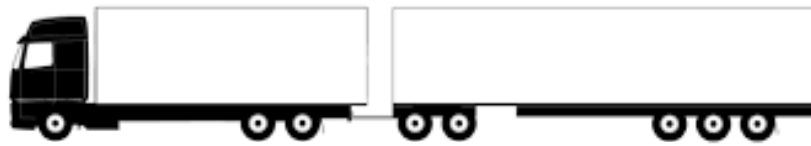
I november 2008 blev en forsøgsordning, der tillader kørsel med modulvogntog på udvalgte dele af vejnettet, igangsat i Danmark. Forsøgsordningen skulle forløbe over tre år indtil november 2011, men i 2010 valgte Folketinget at forlænge forsøgsperioden med yderligere fem år til starten af 2017. Forsøgsperioden er yderligere blevet forlænget frem til 2030. De indledende faser frem mod forsøgsordningen er blevet igangsat efter forespørgsler fra transportbranchen, der ønsker, at tillade kørsel med modulvogntog efter svensk og finsk forbillede. (Trafikministeriet, 2004; Vejdirektoratet, 2013, 2015a)

I Sverige og Finland er det tilladt at anvende modulvogntog, hvor hovedargumentet for anvendelse af disse primært er, at industrien har et behov for transport af varer, der kræver et længere vogntog. I Sverige er det specielt skovindustrien, der har et behov for længere vogntog, fordi tømmeret har bestemte standardmål, der kræver længere vogntog. Før Sverige og Finlands tilslutning til den Europæiske Union (EU) blev der foretaget en vurdering af konsekvenserne ved tilpasning af vogntogslængden og totalvægten fra svenske regler til EU-standarder. Vurderingen var, at en tilpasning ville betyde øgede transportomkostninger, øget trafikarbejde, samt øget CO₂- og kvælstofudslip. Dette betød, at der i forbindelse med Sverige og Finlands optagelse i EU, blev vedtaget et EU-direktiv i 1996 omkring vægt og dimensioner, der gjorde det muligt ved national kørsel at anvende vogntog længere end EU-standarder, hvilket lovliggjorde Sverige og Finlands nationale regler. (Trafikministeriet, 2004)

Tilladelse til at anvende modulvogntog er ikke kun efterspurgt fra den danske transportbranche, men efterspurgt af transportbranchen på tværs af landegrænserne til kørsel både på nationalt og internationalt plan. Det er dog ikke muligt at tillade kørsel med modulvogntog permanent på nationalt eller internationalt plan, da Danmark og 11 andre lande er en del af en musketer ed. Musketer eden er en politisk aftale, der omhandler at de 12 lande ikke permanent kan indføre eller udvide den modulære fremgangsmåde (modulvogntog), før EU Kommissionen har fremlagt en rapport over virkningerne og konsekvenserne ved kørsel med modulvogntog, herunder påvirkning på den internationale konkurrence. EU Kommissionens rapport var endnu ikke udarbejdet i 2004, jævnfør Trafikministeriet (2004), på trods af flere henvendelser til EU Kommissionen fra dansk side. Den politiske aftale, Musketer eden, og det tidligere nævnte EU-direktiv giver dog en mulighed for at gennemføre forsøg med lokal transport i en afgrænset tidsperiode, hvilket den danske forsøgsordning er en del af. Ubegrænset transport med modulvogntog over EU's interne grænser er stadig et stort ønske fra transportbranchen i 2015, og dette har skabt debatter både nationalt og internationalt. (Trafikministeriet, 2004)

Efterspørgslen efter modulvogntog skyldes, at et modulvogntog i teorien vil kunne erstatte op til tre almindelige vogntog, og ved anvendelse af modulvogntog vil der kunne spares trækere og chauffører, da der kan køres med en ekstra lastenhed. I Danmark er fire modulvogntogstyper tilladt, illustreret på figur 1.1. Det er dog ikke kun transportbranchen, der udelukkende har fordele ved anvendelse af modulvogntog, da samfundet også har en generel interesse i, at afvikle godstrafikken så effektivt som muligt, samtidigt med der tages højde for de samfundsøkonomiske, miljømæssige og trafikikkerhedsmæssige aspekter, samt anlæg-, drift- og vedligeholdelses-

omkostningerne, der er i forbindelse med anvendelse af modulvogntog. (Ludvigsen, 2008; Trafikministeriet, 2004)



Type 1: Lastvogn og sættevogn med dolly-enhed.



Type 2: Sættevognstrækker med almindelig sættevogn og kærre.



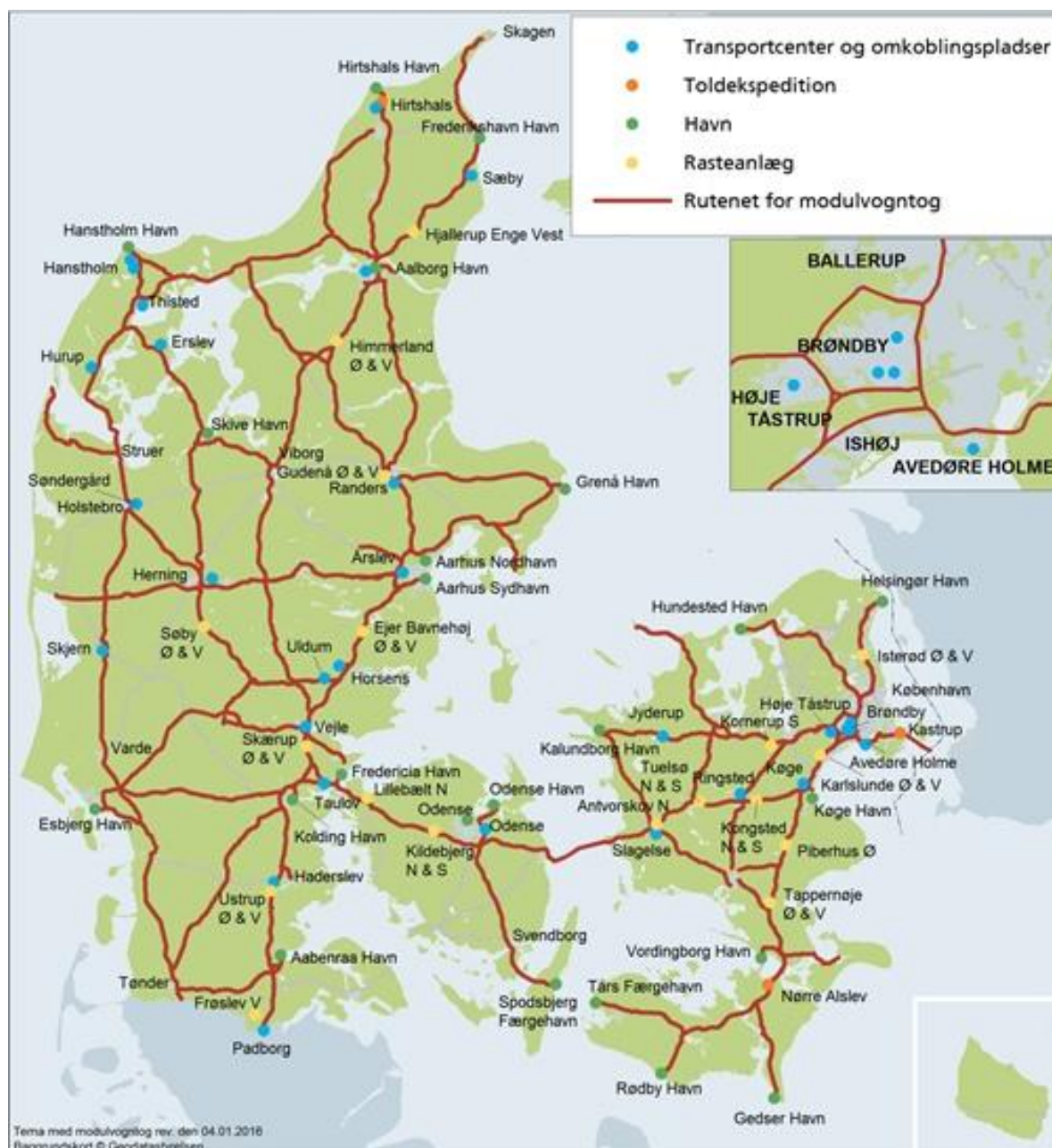
Type 3: Sættevognstrækker med link-trailer og almindelig sættevogn.



Type 4: Lastvogn med lang påhængsvogn.

Figur 1.1: De fire modulvogntogstyper tilladt i Danmark. (Vejdirektoratet, 2013)*

Kørsel med modulvogntogene er begrænset til et bestemt vejnet, herunder motorvejsnet, statsveje, enkelte industriområder, havne og transportcentre, samt veje, der forbinder motor- og statsveje. Forventningen er, at alle statsveje skal åbnes for kørsel med modulvogntog i løbet af 2015 og 2016. På de kommunale veje er det kommunalbestyrelsen, der beslutter om modulvogntog skal have tilladelse til at køre på en strækning, dog skal strækningen godkendes af Vejdirektoratet, så det sikres, at strækningen er tilpasset til, at modulvogntog sikkert og lovligt kan køre på strækningen. En tilpasning af byernes infrastruktur til kørsel med modulvogntog er både pladskrævende, økonomisk uoverskueligt og sikkerhedsmæssigt, samt kulturelt, uacceptabelt. På det begrænsede vejnet er det endvidere nødvendigt på grund af modulvogntogenes pladskrav at ombygge dele af strækninger og kryds. Det begrænsede rutenet modulvogntog må køre på er illustreret på figur 1.2. (Trafikministeriet, 2004; Vejen Kommune, 2015)



Figur 1.2: Rutenet for modulvogntog. (Vejdirektoratet, 2016)

Parallelt med forsøgsordningen blev der foretaget evalueringer, der havde til formål at registrere udbredelsen og anvendelsen af modulvogntog, samt foretage en vurdering af direkte og indirekte følgevirkninger. Forsøgsordningen blev evalueret over tre omgange i følgende; før-, midtvejs- og slutrapporten. Slutrapporten er fra oktober 2011. Konklusionen i slutrapporten er opdelt i fire dele; udbredelsen af modulvogntog, brugen af modulvogntog, de direkte effekter af forsøget og de indirekte effekter af forsøget. Der vil i dette kun blive kort redegjort for de direkte og indirekte effekter af forsøget. De direkte effekter er en investering på 125 millioner kroner i ombygninger af vejnettet, en forventet ekstra driftsudgift på 1,3 millioner kroner om året til vedligeholdelsesudgifter, indførsel af modulvogntog påvirker ikke vejliddet i væsentlig grad, og modulvogntog vil medføre en besparelse i transportomkostninger pr. kørte kilometer på 3,21 kroner. Derudover vil modulvogntog have en positiv effekt på udledningen af CO₂ fra lastvognstrafikken,

samt have en begrænset effekt på støjbelastningen fra lastvogntrafikken. (Vejdirektoratet, 2011a)

De indirekte effekter af forsøget er, at antallet af politiregistrerede uheld på modulvogntogsvejnettet er faldet, både uheld generelt og uheld med lastvogne, dog er antallet af uheld på de ombyggede lokaliteter højere end forventet ud fra den generelle udvikling i trafikuheld i samme periode. Uhedsfrekvensen for lastvogne inklusivt modulvogntog har vist et fald i forsøgsperioden fra 0,34 i 2007 til 0,29 i 2010. Antallet af uheld med modulvogntog har i perioden været fire, hvor forventningen var 16 uheld. En anden indirekte effekt af forsøget er, at relativt mange trafikanter, specielt cyklister, føler sig utrygge ved at færdes på veje med større lastbiler. (Vejdirektoratet, 2011a)

En generel vurdering i forhold til om modulvogntog forringer eller forbedre trafiksikkerheden er, dog svær at lave over en så kort tidsperiode. Oftest er uheld med modulvogntog værre end uheld med almindelige vogntog, fordi at totalvægten og standselængden er højere. Dog er der, som nævnt, oplevet færre uheld med modulvogntog end forventet, hvilket gør det mere interessant at undersøge, hvilken effekt ombygningen af vejnettet til modulvogntog har haft på de øvrige trafikanters trafiksikkerhed. (Vejdirektoratet, 2011b)

1.1. Problemanalyse

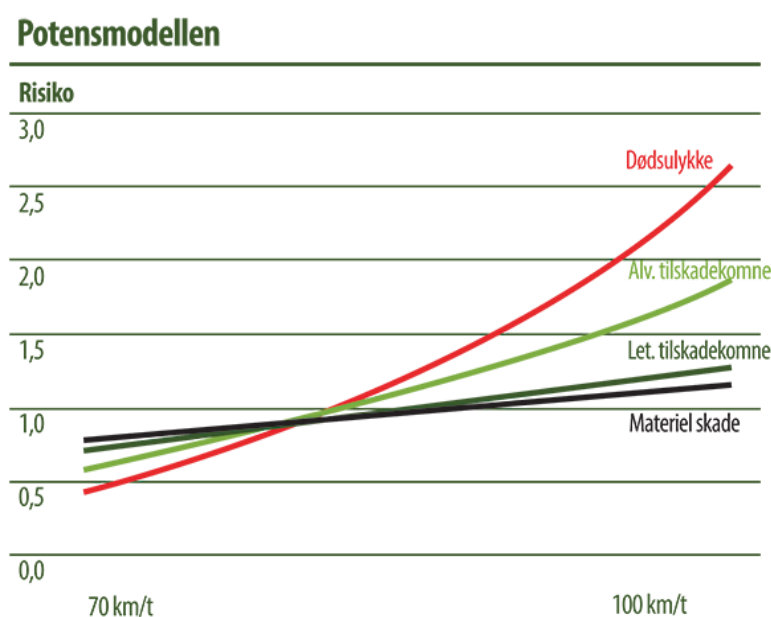
Der er i alt ombygget 150 lokaliteter, hvor ombygningerne kan medføre en øget uhedsrisiko for de øvrige trafikanttyper, specielt i rundkørsler, fordi ombygningerne kan medføre øgede hastigheder for personbiler. Der evalueres derfor i slutrapporten på disse 150 lokaliteter i forhold til uheld med alle trafikanttyper. Uhedsdata fra førperioden, 2003 til 2007, og efterperioden, 2010, for de 150 lokaliteter viser, at det gennemsnitlige antal person- og materielskadeuheld pr. år er faldet med henholdsvis 63,3 % og 23,6 %. Ses uheldene samlet er antallet faldet fra 43 uheld til 33 uheld, hvilket svarer til et samlet fald på 36,9 %. Dette giver dog ikke en indikation af, hvordan udviklingen i antallet af uheld på modulvogntogsvejnettet er i forhold til den generelle udvikling på det øvrige vejnet i landzonen. Derfor er samme evaluering med en før- og efterperiode i samme årrække lavet for alle kryds i landzonen på statsvejnettet. Dette viste en gennemsnitlig reduktion i antallet af person- og materielskadeuheld på henholdsvis 55,8 % og 36,7 %, og en samlet uhedsreduktion på 44,4 %. Ud fra dette ses, at forekomsten af personskadeuheld pr. år er lavere på modulvogntogsvejnettet end i kryds i landzonen på statsvejnettet, hvorimod forekomsten af materielskadeuheld og samlede antal uheld er faldet mindre på modulvogntogsvejnettet end i kryds i landzonen på statsvejnettet. Dette antyder, at trafiksikkerheden på disse lokaliteter er blevet forringet efter ombygningen. Evalueringen af de 150 lokaliteter viste ligeledes, at antallet af uheld fra førperioden til efterperioden er steget i 38 lokaliteter og faldet i 66 lokaliteter. De øvrige lokaliteter er antallet af uheld uændret. (Vejdirektoratet, 2011b)

Ombygningerne kan, som nævnt, medføre øget hastigheder for bilister i eksempelvis rundkørsler. En afgørende faktor for trafiksikkerheden er hastigheden, da relationen mellem trafiksikkerhed og hastighed kan formuleres således: Jo højere hastighed, jo flere og alvorligere uheld. Det vil altså sige, at hastigheden et køretøj kører med har indflydelse på, hvor alvorlige konsekvenser bliver ved uheld i form af materiel- og personskaade m.m. Dette skyldes, at den kinetiske energi stiger eksponentielt med hastigheden, og det er denne energi, der i uhedsøjeblikket udløses og omdannes til eksempelvis varme, deformationer, m.m. Endvidere ved øgede hastighe-

Kapitel 1 - Indledning

der bliver køretøjets bremselængde længere, mens bilisters reaktionstid forbliver uændret, hvilket ligeledes øger uheldsrisikoen. (Greibe, 2005)

Sammenhængen mellem hastighed og risikoen for uheld er beskrevet i Potensmodellen af Göran Nilsson. Baggrunden for modellen er resultater af ændringer i hastighedsgrænsen i 60'erne og 70'erne i Sverige. Resultaterne var, at antallet af personskadeuheld faldt eller steg eksponentielt med hastigheden, hvilket Nilsson illustrerede igennem potensmodellen. Potensmodellen er illustreret i figur 1.3. Figuren tager udgangspunkt i en vejstrækning med en tilladt hastighed på 80 km/t, og det kan ud fra figuren ses, at uheldsrisikoen stiger, når hastigheden øges. (Nilsson, 2000; BedreBilist, 2016)



Figur 1.3: Potensmodellen. (BedreBilist, 2016)

I den sidste evaluering, beskrevet i slutrapporten, er Vejdirektoratet bevidst om, at ombygningerne af vejnettet, så modulvogntog lovligt kan køre på lokaliteterne, kan betyde en øget uheldsrisiko for de øvrige trafikanter. Slutrapporten nævner selv rundkørsler som et eksempel, da ombygningerne kan give anledning til øgede hastigheder. Øgede hastigheder er problematiske i specielt rundkørsler, da øgede hastigheder giver bilisten kortere tid til at orientere sig ved ind- og udkørsel, samt bremselængden og uhelds alvorlighedsgrad øges. Manglende orientering eller utilstrækkelig orientering fra bilister kan skabe farlige situationer for de øvrige bilister, men også for de bløde trafikanter, fordi uheld mellem personbiler og bløde trafikanter ofte har personskade til følge. Det kan endvidere diskuteres, om alle bilister vil øge hastigheden igennem rundkørslen, hvilket ved differentierede hastigheder kan give anledning til hårde opbremsninger, konfliktsituationer og, i værste fald, uheld. (Vejdirektoratet, 2011b)

1.2. Problemstilling

I problemanalysen er det tydeligt gjort, at øgede hastigheder igennem rundkørsler kan betyde en øget uheldsrisiko. Dette vil derfor blive omdrejningspunkt for dette projekt, og med baggrund i dette er følgende problemstilling fremsat:

Hvordan påvirkes hastigheden for personbiler i rundkørsler ombygget til kørsel med modulvogntog?

1.3. Problemafgrænsning

Projektet begrænser sig til at undersøge problemstillingen, og dermed vil indholdet i rapporten afgrænse sig fra følgende:

- Projektet er afgrænset til, at arbejde med tre projektlokaliteter, hvilket er valgt på grund af ressourcer.
- Projektet afgrænser sig til at arbejde med trafiksikkerhedsparameteren, hastighed, og der vil dermed ikke blive set på uheld og konflikter.
- I projektet er antallet af personbiler anvendt til hastighedsanalysen begrænset til 100 fritkørende personbiler pr. projektlokalitet, hvilket er valgt på grund af ressourcer.

Kapitel 2 Metode

I projektet er tre projektlokaliteter udpeget, hvorefter der er foretaget videooptagelser på hver projektlokalitet. Alle projektlokaliteter er rundkørsler. Videooptagelserne anvendes til optælling af trafikanter, herunder optælling af antallet af personbiler, hvorefter der bliver foretaget en analyse af hastigheden på hver lokalitet. Hastighedsanalysen anvendes til, at kunne afgøre om ombygninger af rundkørsler til kørsel med modulvogntog øger gennemsnitshastigheden, som bilisterne kører igennem rundkørslen med. I dette kapitel er metoder, samt teorien bag metoderne, anvendt i dette projekt, præsenteret. Metoder anvendt i dette projekt er litteraturstudie, analysemåde og -metode, trafiktælling og hastighedsanalyse.

2.1. Litteraturstudie

I litteraturstudiet er formålet at afdække emnet for relevant litteratur. Relevant litteratur er i denne sammenhæng viden og fakta om modulvogntog, deres afgrænsede vejnet og selve projektet omkring at lade modulvogntog køre på det afgrænsede vejnet i Danmark, samt forundersøgelser og evalueringer af det igangværende projekt. Endvidere er relevant litteratur for projektet litteratur omkring videoanalyser, statistiske analyser og vejledninger i anvendte programmer.

I litteraturstudiet er der søgt litteratur ved hjælp af både søgemaskiner og ved at søge efter kilder anvendt i litteraturen, der er fundet ved hjælp af søgemaskiner, samt ved søgning på Vejdirektoratets hjemmeside. Der er søgt efter litteratur direkte på Vejdirektoratets hjemmeside, da Vejdirektoratet administrerer projektet, både i forhold til udvidelser på statsvejnettet, udbud af evalueringsarbejde og godkendelse af kommunale strækninger til kørsel med modulvogntog. Der er endvidere ikke anvendt en søgestrategi.

Den primære anvendte søgemaskine er Google, der foretager søgninger på mange forskellige internetsider og i databaser. I søgemaskinen er søgeordene "modulvogntog", "evaluering", "forsøgsordning" og "vejnet". Det er fravalgt at søge i udenlandske databaser, da dette projekt afgrænser sig til kun at arbejde med den danske forsøgsordning med modulvogntog, og erfaringer fra udlandet indgår ikke som en del af projektet, på trods af der er kendskab til forsøgsordninger i andre lande, som f.eks. Tyskland, og permanent indførsel i Sverige og Finland.

I litteratursøgningen kunne der være opstillet en søgestrategi. En søgestrategi har til formål at afklare "hvad", "hvor", og "hvordan" søgning skal foregå. "Hvad" i søgestrategien er baggrund, eksklusions- og inklusionskriterier, samt problemstillingen. "Hvor" og "hvordan" i søgestrategien afdækker henholdsvis valget af databaser, og hvordan søgning skal foregå i databasen. Det blev dog ikke valgt at opstille en søgestrategi, da en søgestrategi er tidskrævende og en hurtig søgning ved hjælp af søgemaskinen, Google, viste, at Vejdirektoratet allerede har samlet dokumenter, rapporter, links, illustrationer, fakta m.m. på deres hjemmeside, hvilket gjorde en søgestrategi i øvrige databaser unødvendig.

2.2. Analysemåde og -metode

Måden, hvorpå indsamlingen af data er foregået, er ved hjælp af videoanalyse, hvor der opsættes et kameraer i en uges tid på udvalgte projektlokaliteter. Videoanalyse går ud på, at der ud fra videooptagelser udtrækkes oplysninger om udvalgte objekter i billedet. Videooptagelserne i

dette projekt består af 25 frames pr. sekund. Et frame er et billede. I projektet er det valgt, at opsætte kameraet i f.eks. en lygtepæl og anvende computerprogrammer til videoanalysen, men både optagelserne og analysen kunne være foretaget manuelt, dog er dette ofte meget tidskrævende, og datamængden ville have været betydeligt mindre, hvilket ligger til grund for fravalg af manuel optagelse og analyse. Desuden skal videooptagelserne optages i en bestemt højde for at få overblikket, hvilket også gør, at manuel optagelse fravælges. (Madsen & Lahrman, 2014)

Fordelene ved anvendelse af videoanalyse er, at det er muligt, at gense optagelserne, der kan foretages analyser på mange timers optagelserne ved hjælp af computerprogrammer, og i forhold til andre former for udstyr til måling af eksempelvis hastighed er det muligt at frasortere bestemte trafikanttyper, og beregne hastigheden over et større område. (Madsen & Lahrman, 2014)

Ulemperne ved anvendelse af videoanalyse er, at det tager tid både at optage, og at få et computerprogram til at udtrække data. Vejret og måneden, hvor optagelserne er foretaget, er betydelige faktorer for kvaliteten af optagelserne. Endvidere får skygger fra omkringliggende bevoksning, lygtepæle, m.m. betydning for kvaliteten af det data, der er udtrukket ved hjælp af computerprogrammer. (Madsen & Lahrman, 2014)

Den anvendte analysemetode til analyse af de tre projektlokaliteter er en før- og efteranalyse, samt en med- og udenanalyse. Før- og efteranalysen er valgt, fordi der på forhånd var lavet før- og efteroptagelser i en rundkørsel ved Aars, der er ombygget til kørsel med modulvogntog. Med- og udenanalysen blev valgt, fordi der ikke kunne findes planlagte ombygning, som den ved Aars, så der kunne foretages en før- og efteranalyse, samt fordi at tidsperioden for projektet er et halvt år.

Fordelene ved en før- og efteranalyse er, at der analyseres på samme rundkørsel. Det er endvidere en fordel at optagelserne er foretaget inden for et årstid, fordi at en af ulemperne ved før- og efteranalyser normalt er, at trafikmængden, vejrforhold, trafikantadfærd, behandlingsmetoder ved skader m.m. kan have ændret sig i en før- og efteranalyse, hvis analyseperioden bliver for stor. Grunden til at det er et problem, at disse forhold ændrer sig er, at eksempelvis uheldsreduktionen ikke udelukkende kan tilskrives den givne ombygning, der er foretaget. Dog kan påvirkningen fra vejrforholdene ikke udelukkes på trods af en kort før- og efterperiode, fordi vejret forandrer sig år for år. (Hauer, 1997)

En af problematikkerne ved en før- og efteranalyse er, at en ændring i det eksisterende kryds både kræver en før- og efterperiode, men også en periode, hvor krydset ombygges. For projektlokalitet 1, anvendt til før- og efteranalysen, har den samlede periode mellem før- og efteroptagelserne været et års tid.

Fordelene ved en med- og udenanalyse er, at indsamlingen af data kan foregå samtidigt, og det er hurtigt at indsamle data, da der kun behøves en optageperiode i krydset, hvorimod der ved før- og efteranalyse kræves to perioder nemlig en før- og efterperiode, samt et tidsrum, hvor krydset ombygges.

Ulemperne er, at der analyseres på to forskellige rundkørsler med forskellige trafikmængder og -fordeling, trafikantadfærd, geometrisk udformning, vejrforhold og placering, hvilket gør det svæ-

re udelukkende, at tilskrive ændringer i eksempelvis uheldsudviklingen til den givne forskel mellem de givne projektlokaliteter. Disse forhold kan ikke, som ved en før- og efteranalyse, minimeres ved en kortere analyseperiode. (Hauer, 1997)

2.3. Optælling af personbiler

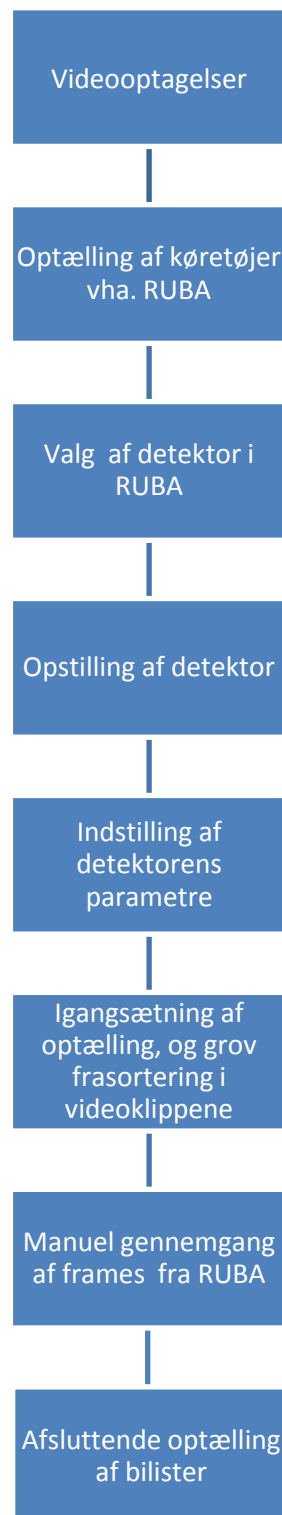
Trafikken i optagelserne på de udvalgte projektlokaliteter er blevet optalt, så det er muligt at fastlægge trafikmængden igennem et fast målepunkt. Optællingen af trafikmængden er foretaget ved hjælp af videoanalyseprogrammet, Road User Behaviour Analysis (RUBA). RUBA er semi-automatisk og anvendes til at udføre analyser af trafikvideoer ved hjælp af detektorer, der kan registrere bevægelser ud fra indstillede parametre. I programmet forefindes tre typer af detektorer til registrering af trafikanter, hvilke er *Edge*, *Flow* og *Stationary*. Edge-detektoren anvendes til registrering af trafikanter uanset, hvilken retning de passerer detektoren. Flow-detektoren anvendes ligeledes til registrering af trafikanter, dog er det med Flow-detektoren muligt at begrænse retningsintervallet, så kun trafikanter inden for retningsintervallet registreres. Stationary-detektoren anvendes til registrering af, hvorvidt trafikanter inden for det observerede areal er parkeret eller ej. Det er endvidere muligt, at kombinere to detektorer uanset detektortypen, så der kun registreres og gemmes data, hvis kriterierne for begge detektorer opfyldes. I projektet er det valgt for både optællingen af personbiler og hastighedsanalysen at anvende Edge-detektoren. Det er valgt ikke at anvende Flow-detektorer, fordi at der ønskes, at detektere flest mulige køretøjer inden for et givent område, hvilket kan blive problematisk, hvis der anvendes Flow-detektorer. (Madsen, 2016)

I projektet anvendes RUBA til foretagelse af en grov frasortering i videoklippene, så det kun er nødvendigt manuelt at gennemse frames med køretøjer, dog kan der forekomme fejldetekteringer. Ulemperne ved RUBA er, at programmet har svært ved at detektere to køretøjer hver for sig, hvis de kører for tæt, eller en lastbil kan risikere at blive talt flere gange, samt det kan risikeres, at køretøjer ikke detekteres, selvom det passerer detektoren. Endvidere er det nødvendigt at gennemse frames fra hver køretøj, der detekteres, for at f.eks. opdele køretøjer efter køretøjstype eller frasortere bestemte typer af køretøjer. Fordelene ved RUBA er, at programmet er simpelt, hurtigt og nemt at anvende, samt giver en ide om trafikmængdens størrelse på projektlokaliteten, dog med en hvis fejlmargen.

Fremgangsmåden for optællingen af antallet af personbiler i videooptagelserne for hver projektlokalitet er illustreret i figur 2.1. Første trin er videooptagelse på hver af de tre projektlokaliteter. Efter videooptagelserne er lavet, kan optællingen af personbiler i RUBA begynde. I RUBA er første trin valgt af detektor, hvor der, som nævnt, findes tre typer. Efter valget af detektor skal detektoren opstilles i RUBA, hvilket er gjort ved hjælp af programmets tegneredskaber. Når detektoren er opstillet, skal detektorens parametre kalibreres, for at sikre at de ønskede trafikanter detekteres. De parametre, der er ændret i forhold til standardindstillingerne er trigger threshold og collate events within. Trigger threshold angiver grænseværdien for, hvornår aktiviteter igennem detektoren skal registreres. Collate events within foretager en samling af separate detekteringer til én, hvis tidsafstanden mellem detekteringerne er mindre end de millisekunder, der er angivet for Collate events within parameteren. Collate events within er derfor med til at reducere gentagne detekteringer af samme køretøj. For projektlokalitet 2 og 3 har det endvidere været nødvendigt, at sætte low og high hysteresis threshold lavere end standardindstillingerne, fordi detektorerne ikke detekterede alle køretøjer. Low og high hysteresis threshold har grund-

læggende den betydning, at hvis værdierne sænkes, så registrerer programmet flere steder i billedet, hvor der er en farveforskel mellem en pixel og de omkringliggende pixels. Risikoen ved at sænke værdien er, at der registreres en masse, som reelt set hører til baggrunden, og som derfor ikke er trafikanter, men som alligevel bliver tolket, som trafikanter hvis eksempelvis billedet bevæger sig på grund af vinden eller lignende. Øges værdierne derimod, kan der med lidt held undgås, at nogle skygger bliver registreret som trafikanter, dog er risikoen er at nogle af trafikanterne ikke detekteres. De samme kalibreringsparametre er ændret i hastighedsanalysen. (Madsen, 2016)

Efter kalibreringen er foretaget kan optællingen igangsættes, hvor der under optællingen foregår den tidligere nævnte grove frasorteringer i videoklippene. Når optællingen er fuldført, kan den manuelle gennemgang af frames fra hver detektering foretages, så lastbiler og motorcykler m.m. frasorteres, hvilket minimerer fejlmargen. Når frames med øvrige trafikanter, på nær personbiler, er frasorteret, optælles de tilbageværende frames.



Figur 2.1: Fremgangsmåde for optælling af personbiler.

Alternativt set kunne optællingen være foretaget manuelt, men dette er vurderet at være for tidskrævende set i forhold til alternativet, RUBA, dog er RUBA tidskrævende ved, at frames for hvert køretøj, der detekteres, skal gennemgås manuelt.

2.4. Hastighedsanalyse

Projektets hastighedsanalyse er foretaget på tre lokaliteter. Hastighedsanalysen er foretaget for at kunne bestemme hastigheden på de givne projektlokaliteter, således det er muligt at afgøre, om ombygninger af rundkørsler til kørsel med modulvogntog ændre personbilers hastighed igennem rundkørsler. Hastighedsanalysen er foretaget ved hjælp af RUBA, der blev præsenteret i forrige afsnit. Metoden, med anvendelse af RUBA til hastighedsanalyse, har været et forsøg, således det er muligt at indsamle og arbejde med større datamængder. Til afgørelse om forsøget, med anvendelse af RUBA til hastighedsanalyse, giver et pålideligt resultat testes ved hjælp af T-analyst. Analyseværktøjet, T-analyst, gør det muligt at lave en detaljeret gennemgang af udpegede situationer, specielt konfliktsituationer. Programmet anvendes til oprettelse af kursbevægelser for de trafikanter, der optræder i de udpegede konfliktsituationer. Kursbevægelserne er oprettet ved manuelt at placere et omrids omkring hver trafikant i hver fjerde frame. T-analyst kan så ud fra hver af de placerede frames udregne tidsværdier, hastigheder og m.m. I dette projekt arbejdes der ikke med konfliktsituationer, og det er derfor kun nødvendigt at oprette kursbevægelser for en trafikant. Dette betyder også, at det kun er hastigheden, der anvendes fra T-analyst, og der ses bort fra de øvrige resultater. (Corelogic & Ana, 2016)

Før T-analyst kan anvendes skal kalibreringsværktøjet, T-Calibration anvendes. T-Calibration opretter de kalibreringsfiler, som T-analyst anvender til efterbehandlingen. Måden, hvorpå kalibreringsfilen oprettes, er ud fra et ortofoto af det givne kryds, samt et skærmbillede af videokameraets synsvinkel. Ud fra disse to fotos er det muligt for T-Calibration at bestemme retning og størrelsen på de omridsede trafikanttyper. (Corelogic & Ana, 2016)

Ulemperne ved anvendelse af RUBA, som analyseværktøj til måling af hastigheder er, at der må formodes, at være en vis usikkerhed ved metoden, som der er svær at udbedre. Dette skyldes, at RUBA, som nævnt tidligere, har svært ved at detektere to køretøjer hver for sig, hvis de kører for tæt, eller en lastbil kan risikere at blive talt flere gange, samt det kan risikeres, at køretøjer ikke detekteres, selvom det passerer detektoren. Dette undgås dog ved, at der kun arbejdes med fritkørende personbiler. Endvidere er det svært at få lagt detektorerne, så de er parallelle, altså længden i mellem dem er ens. Fordelene ved RUBA er, at programmet er simpelt, hurtigt og nemt at anvende, samt giver et præj om hastigheden, dog med en hvis fejlmargen. Endvidere er det en fordel, at T-analyst kan hjælpe med at tydeliggøre, hvor stor usikkerheden er ved hastighedsanalyse i RUBA, da T-analyst vurderes, at være mere pålidelig.

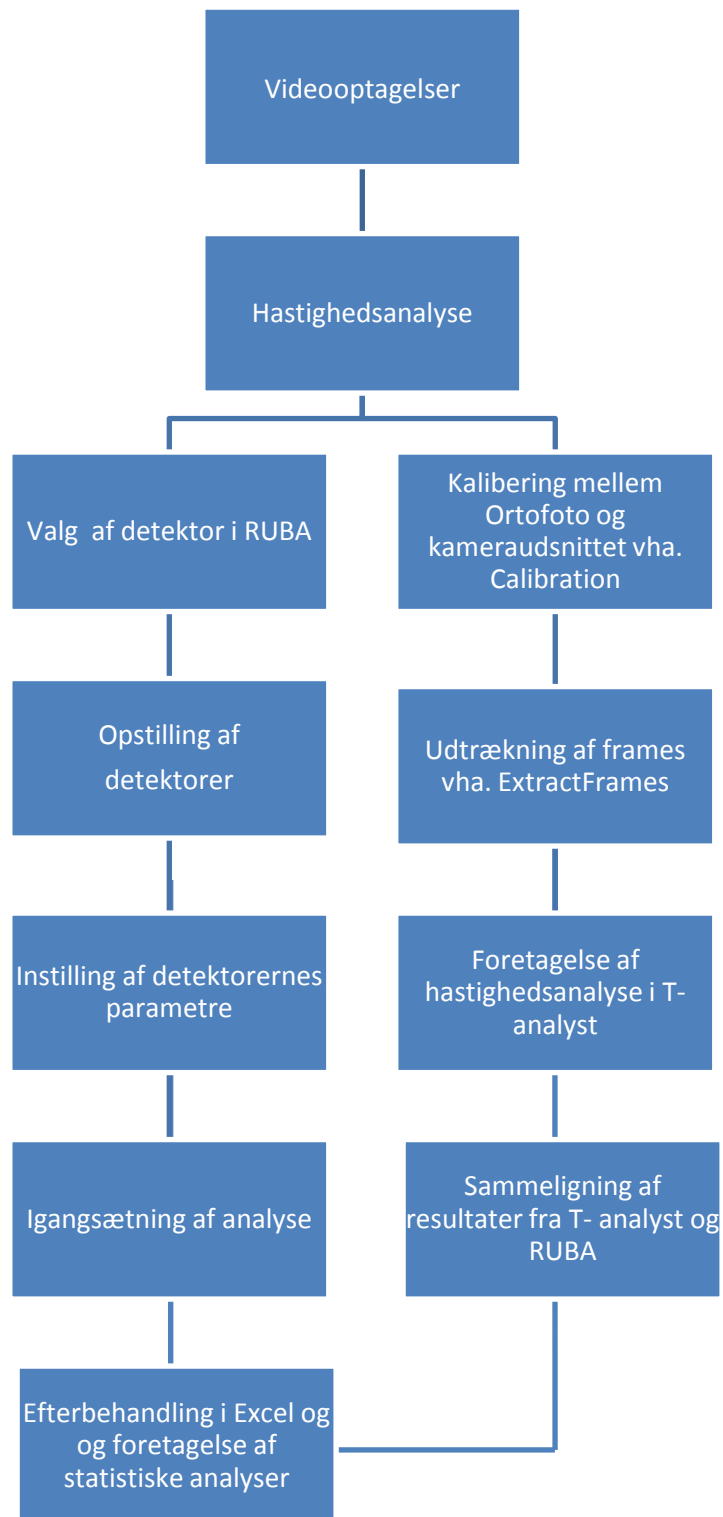
Fremgangsmåden for analyse af hastigheden i videooptagelserne for projektlokaliteterne er illustreret i figur 2.2. Første trin er videooptagelse på hver af de tre projektlokaliteter. Efter videooptagelserne er foretaget, kan hastighedsanalysen påbegyndes. Hastighedsanalysen er opdelt i to, hvor den ene del er hovedanalysen, som foretages i RUBA, og den anden del er referenceanalyse, der foretages i T-analyst. Referenceanalysen i T-analyst har, som nævnt, til formål, at afgøre om RUBA kan anvendes til analyse af hastigheden.

I hovedanalysen, foretaget i RUBA, er første trin valget af detektorer, hvor der, som nævnt, findes tre typer; Edge, Flow og Stationary. Efter valget af detektorer skal detektorerne opstilles i RUBA, hvilket er gjort ved hjælp af programmets tegneredskaber. Når detektorerne er opstillet skal detektorernes parametre kalibreres, for at sikre at de ønskede trafikanter detekteres. Efter

kalibreringen er foretaget kan analysen igangsættes, og når analysen er fuldført, kan efterbehandling i Excel foretages.

I referenceanalysen, foretaget i T-analyst, er første trin at foretage en kalibrering mellem ortofoto og kameraudsnittet. Kalibreringen foretages ved hjælp af T-Calibration. Efter kalibreringen er foretaget, skal der ved hjælp af programmet, ExtractFrames (Jørgensen, 2014), udtrækkes frames for hver af de udvalgte situationer med de valgte personbiler. Efter kalibreringen i T-Calibration og udtrækning af frames af de udvalgte situationer kan hastighedsanalysen foretages i T-analyst. Efter hastighedsanalysen er foretaget sammenlignes resultaterne fra T-analyst med resultaterne fra RUBA, hvorefter der kan foretages en konklusion af om metoden kan anvendes.

Efter hovedanalysen og referenceanalysen er foretaget, skal projektets egentlige omdrejningspunkt undersøges, nemlig om der er en forskel i hastigheden mellem før- og efteroptagelserne, samt mellem med- og udenoptagelserne. Til undersøgelse af dette er, der foretaget en statistisk analyse, så det kan afgøres om, der er en signifikant forskel i hastigheden. De statistiske analyser, der er foretaget, er en uparret t-test og en ikke-parametrisk test, hvilket vil blive beskrevet yderligere i kapitel 4. I projektet undersøges hastighedsforskellen mellem før- og efteroptagelserne, med- og udenoptagelserne, før- og udenoptagelserne, efter- og medoptagelserne, samt før-/udenoptagelserne og efter-/medoptagelserne.



Figur 2.2: Fremgangsmåde for hastighedsanalyse.

Alternativt kunne alle hastighedsregistreringer være foretaget udelukkende i T-analyst. Dette vil give et mere præcist resultat end anvendelse af RIBA. Hastighedsanalyse ved hjælp af T-analyst er dog mere tidskrævende end hastighedsanalyse ved hjælp af RIBA, hvilket vil betyde, at datamængden vil være betydeligt mindre. Det er dog vurderet, at RIBA sagtens kan anvendes til hastighedsanalysen, fordi at projektet beskæftiger sig med forskellen i hastigheden i mellem før- og efteroptagelserne, samt med- og udenoptagelser, og ikke den præcise hastighed. Det vurde-

res derfor også, at usikkerheden og fejlmargenen i RUBA burde være den samme for før- og efteroptagelserne, samt med- og udenptagelser, og derfor ikke være en dominerende usikkerhedsfaktor.

Kapitel 3 Indsamling af data

I dette kapitel er måden til udvælgelse af projektlokaliteter præsenteret, hvorefter de udvalgte projektlokaliteter er præsenteret. Efter udvælgelse og præsentation af projektlokaliteter er måden, hvorpå indsamlingen af data er foretaget blive præsenteret.

3.1. Valg af rundkørsler

Ved udvælgelsen af projektlokaliteter er det nødvendigt at opstille en række krav. De grundlæggende krav er, at projektlokaliteterne er en del af modulvogntogsvejnettet og er ensporede rundkørsler, samt at projektlokaliteterne er uden for byzonen. Det er valgt, at projektlokaliteterne skal være uden for byzonen, fordi der er forskel på om trafikanterne må køre 50 km/t eller 80 km/t hen mod rundkørslen, og det formodes, at hastigheden gennem en rundkørsel er højere i landzonen end i byzonen.

I projektet undersøges tre projektlokaliteter. På den første projektlokalitet foretages en før- og efteranalyse, hvor den valgte rundkørsel er ombygget, så kørsel med modulvogntog er tilladt. På projektlokalitet nummer to foretages en medianalyse, og det er derfor et krav, at de to projektlokaliteter anvendt til efter- og medianalyse udvælges, så de tilnærmelsesvis er ens i geometrisk udformning og har tilnærmelsesvis samme årsdøgntrafik. På projektlokalitet nummer tre foretages en udenanalyse, og de samme krav med, at projektlokaliteterne anvendt til før- og udenanalysen skal være tilnærmelsesvis ens i geometrisk udformning og have samme årsdøgntrafik, er ligeledes gældende. Det er endvidere et krav for projektlokaliteterne anvendt til efter- og medianalysen, at de har et overkørbart overkørselsareal, da det er denne type ændring, der undersøges i dette projekt. De udvalgte projektlokaliteter er:

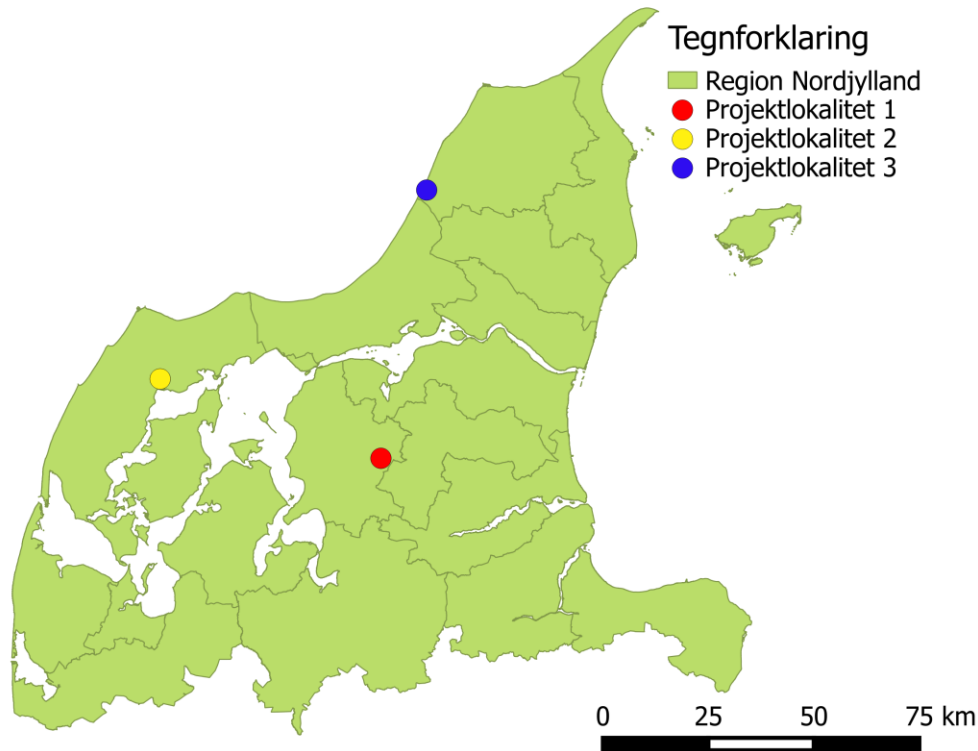
Før- og efteranalyse

- Projektlokalitet 1: Rundkørsel ved Roldvej og Hobrovej (Ved Aars)

Med- og udenanalyse

- Projektlokalitet 2: Rundkørsel ved Hanstholmvej og Aalborgvej (Ved Thisted)
- Projektlokalitet 3: Rundkørsel ved Harald Fischers Vej og Industrivej (Ved Løkken)

Projektlokaliteternes geografiske placering er illustreret i figur 3.1.



Figur 3.1: Projektlokaliteternes placering. (Kortforsyningen, 2015)*

3.2. Præsentation af udvalgte rundkørsler

I dette afsnit er de udvalgte projektlokaliteter præsenteret i forhold til beliggenhed, vejgrene, geometrisk udformning, trafikmængde samt uheld.

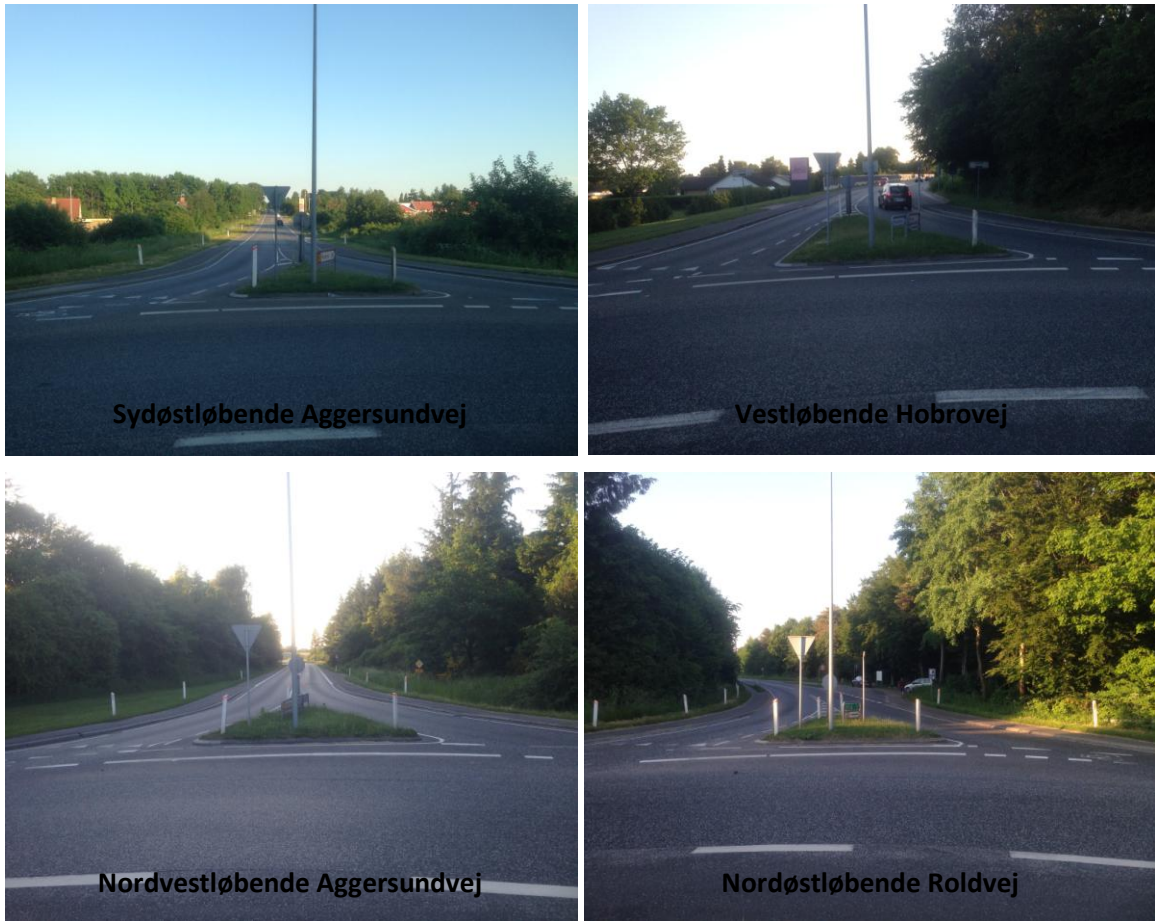
3.2.1. Projektlokalitet 1: Rundkørsel ved Roldvej og Hobrovej

Projektlokaliteten er beliggende i Vesthimmerlands Kommune i Nordjylland ved byen Aars, illustreret på figur 3.2. Rundkørslen er den første af tre rundkørsler beliggende ved Aars by ved kørsel mod nordvest af Aggersundvej. De tre rundkørsler er udsmykket med høje, røde teglstenstårne, der fungerer som en form for byporte til Aars By, jævnfør (TV2 Nord, 2016). Projektlokaliteten er ombygget mellem juni 2014 og juni 2015. Projektlokaliteten forbinder den vestløbende Hobrovej og nordøstløbende Roldvej med den nordvest-sydøst løbende Aggersundvej.



Figur 3.2: Projektlokalitet 1's placering. (Kortforsyningen, 2015)*

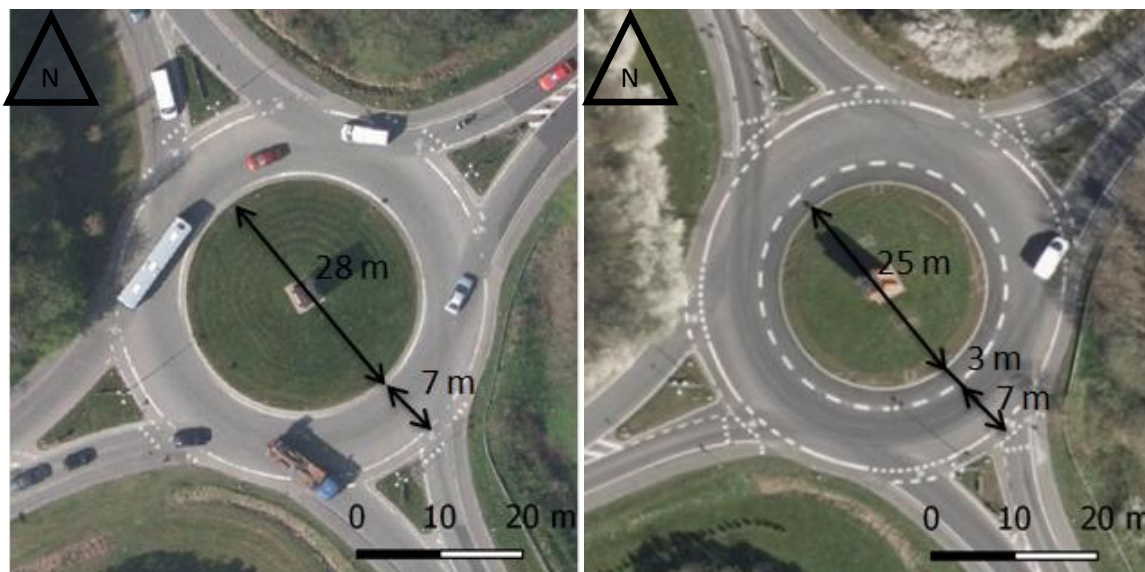
De tre nævnte veje, som projektlokaliteten forbinder, er tosporede med cykelsti langs vejen. Vejbredden for vejene er syv m. Aggersundvej har en årsdøgntrafik på mellem 4.000 til 5.000 køretøjer, dog har ikke det ikke været muligt, at finde årsdøgntrafikken for de øvrige to veje. På figur 3.3., er de fire vejgrene illustreret.



Figur 3.3: De fire vejgrene for projektlokalitet 1.

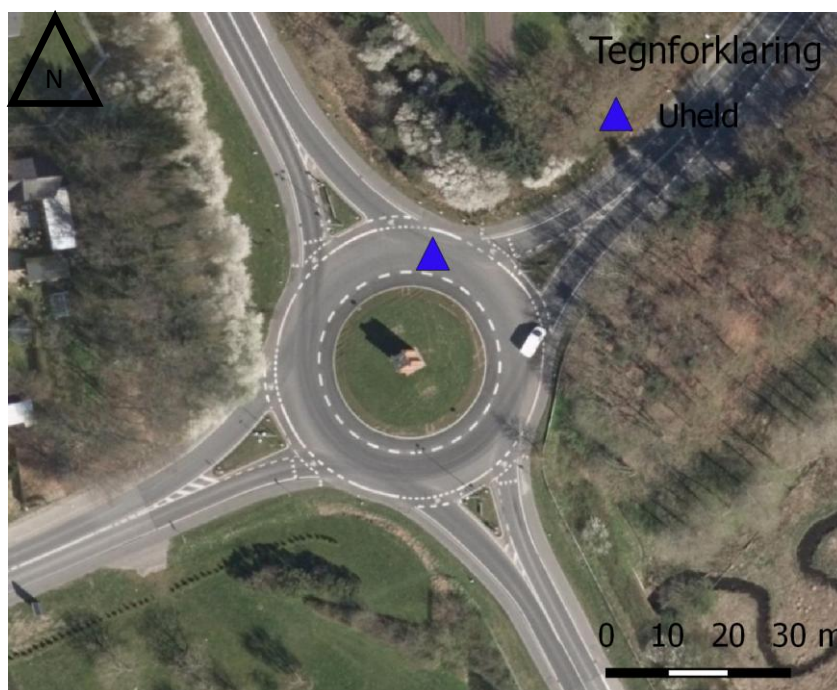
Hverdagsdøgnetrafikken igennem rundkørslen er 2.820 køretøjer, jævnfør Vejdirektoratet (2015b). Dette er en forholdsvis lav trafikmængde i forhold til, at det er en landevej, der er en af bindeleddene mellem Himmerland, syd for Limfjorden, og Hanherred, nord for Limfjorden. Derfor er årsdøgnetrafikken undersøgt nærmere ved hjælp af Vejdirektoratets årsrapport over trafikken på det rutenummererede vejnet, hvilken antyder, at årsdøgnetrafikken er højere, da tre af de fire vejgrene har en årsdøgnetrafik på mellem 4.100 køretøjer til 6.600 køretøjer, jævnfør Vejdirektoratet (2010). Dog skal det bemærkes, at rapporten er fra 2010, men det formodes, at trafikken kan være steget i takt med det øvrige statsvejnet.

Projektlokaliteten er en enssporet rundkørsel med fire vejgrene. Rundkørslen har endvidere cykelbane og sekundærheller både før og efter ombygningen. Før ombygningen af rundkørslen er cirkulationsarealet syv meter bredt med en midterø på 28 meter i diameter. Ved ombygningen af rundkørslen blev midterøen mindre til fordel for etablering af et overkørselsareal. Efter ombygningen af rundkørslen er cirkulationsarealet syv meter bredt med en midterø på 25 meter i diameter, samt et overkørselsareal på tre meter i bredden. Rundkørslen er illustreret før og efter ombygningen på henholdsvis figur 3.4 og 3.5, hvor bredden af midterøerne, cirkulationsarealerne og overkørselsarealet ligeledes er illustreret. (QGIS Development Team, 2016)



Figur 3.5: Før ombygningen af projektlokalitet 1. (Kortforsyningen, 2015)*
Figur 3.4: Efter ombygning af projektlokalitet 1. (Kortforsyningen, 2015)*

På projektlokaliteten er der, inden for de sidste fem år, før ombygningen ikke sket nogle uheld, dog er der efter ombygningen sket et enkelt uheld. Uheldet har fundet sted i oktober 2015, og uheldstypen er et ekstra uheld. Uheldets implicerede er en lastbil, og uheldssituationen er nr. 98, jævnfør Vejdirektoratet (2015b), hvilket er en uheld i øvrigt, hvor situationen ikke er oplyst. Placeringen af uheldet er illustreret på figur 3.6. (Vejdirektoratet, 2012)



Figur 3.6: Uheld efter ombygningen af projektlokalitet 1. (Kortforsyningen, 2015)*

3.2.2. Projektlokalitet 2: Rundkørsel ved Hanstholmvej og Aalborgvej

Projektlokaliteten er beliggende i Thisted Kommune i Nordjylland ved byen Thisted, illustreret på figur 3.7. Rundkørslen er en del af omfartsvejen, Aalborgvej, der leder trafikken udenom Thisted

By. Projektlokaliteten forbinder den nordvest- og sydøstløbende Hanstholsvej med den øst- og vestløbende Aalborgvej.



Figur 3.7: Projektlokalitet 2's placering. (Kortforsyningen, 2015)*

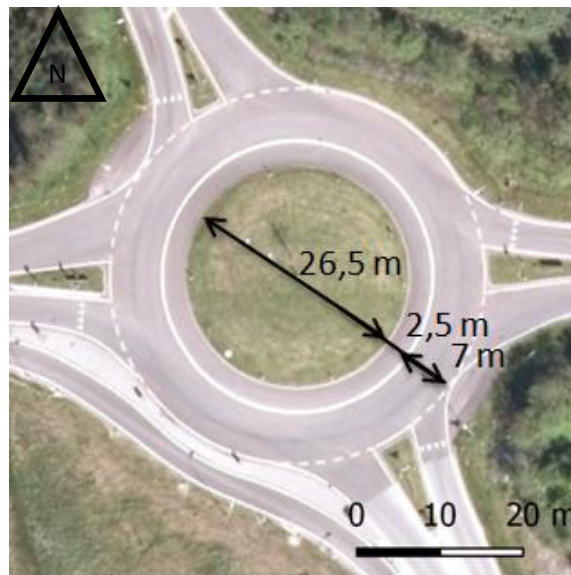
De tre nævnte veje, som projektlokaliteten forbinder, er tosporede vejene. Vejbredden for vejene er syv m. Aalborgvej har en årsdøgntrafik på mellem 5.500 til 7.500 køretøjer, og den nordvestløbende Hanstholsvej har en årsdøgntrafik på omkring de 6.000 køretøjer. Det har ikke været muligt, at finde årsdøgntrafikken for den sydøstløbende Hanstholsvej. Aalborgvej forløber ved projektlokaliteten i en vertikal kurve, hvor vejforløbet ved den vestløbende del af Aalborgvej falder, og vejforløbet stiger ved den østløbende del af Aalborgvej, hvilket kan påvirke hastighederne igennem rundkørslen. På figur 3.8. er de fire vejgrene illustreret.



Figur 3.8: De fire vejgrene for projektlokalitet 2.

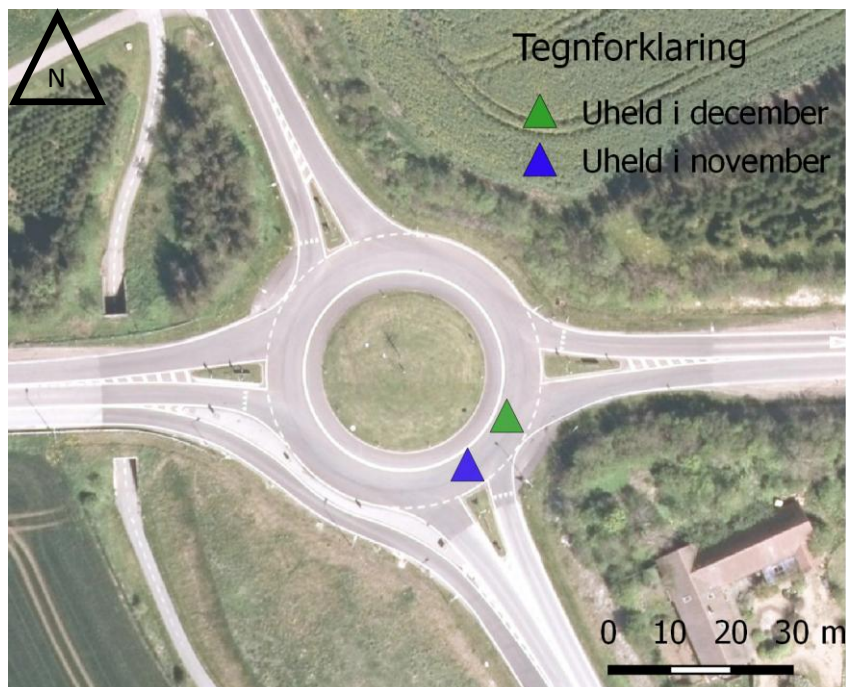
Hverdagsdøgnetrafikken igennem rundkørslen er for den nordlige del af rundkørslen 7.713 køretøjer og for den sydlige del af rundkørslen 6.738 køretøjer, jævnfør Vejdirektoratet (2015b). Årsdøgnetrafikken ved Thisted By er over dobbelt så stor, som ved Aars og måske mere korrekt, dog er det stadig valgt, at sammenligne årsdøgnetrafikken med Vejdirektoratets årsrapport over trafikken på det rutenummererede vejnet. I årsrapporten fra 2010 er trafikken på tre af de fire vejgrene mellem 6.200 køretøjer til 6.900 køretøjer. Derfor vurderes det, at årsdøgnetrafikken sagtens kan være mellem de 6.738 til 7.713 køretøjer i rundkørslen, når det tages i betragtning, at årsrapporten er fra 2010, og det derfor kan formodes, at trafikken kan være steget i rundkørslen i takt med det øvrige statsvejnet.

Projektlokaliteten er en ensopret rundkørsel med fire vejgrene. Rundkørslen har endvidere sekundærheller ved alle vejgrene og en separat frakørselsbane mellem den vest løbende Aalborgvej og den sydøst løbende Hanstholmsvej. Rundkørslen har et cirkulationsareal på syv meter i bredden med en midterø på 26,5 meter i diameter, samt et overkørselsareal på 2,5 meter i bredden. Rundkørslen er illustreret i figur 3.9, hvor bredden af midterøen, cirkulationsarealet og overkørselsarealet ligeledes er illustreret. (QGIS Development Team, 2016)



Figur 3.9: Projektlokalitet 2's geometriske udformning. (Kortforsyningen, 2015)*

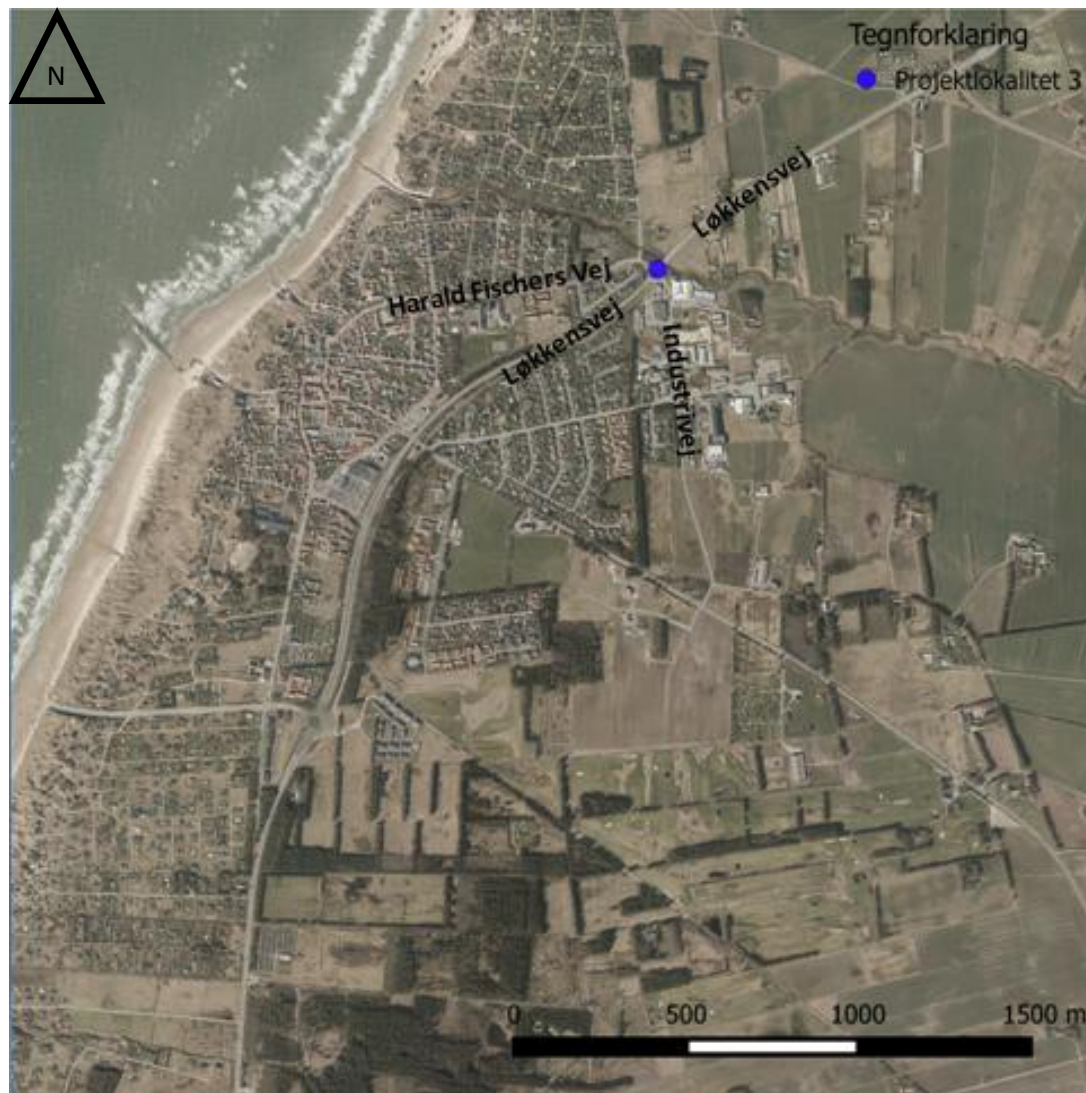
På projektlokaliteten er der sket to uheld inden for de sidste fem år; et uheld i november 2012 og et i december 2012. Uheldstypen for uheldet, sket i november, er ekstrauheld, og uheldstypen for uheldet, sket i december, er personskadeuheld. I uheldet, sket i november, er de implicerede tre personbiler, og uheldssituationen er nr. 140, jævnfør Vejdirektoratet (2015b), hvilket er påkørsel mellem ligeudkørende med samme retning bagfra. I uheldet, sket i december, er den implicerede en personbil, og uheldssituationen er nr. 31, jævnfør Vejdirektoratet (2015b), hvilket er en uheld ved ligeud kørsel i en rundkørsel, et T-kryds, en indkørsel, eller lignende. Placeringerne af uheldene er illustreret i figur 3.10. (Vejdirektoratet, 2012)



Figur 3.10: Placeringen af uheld på projektlokalitet 2. (Kortforsyningen, 2015)*

3.2.3. Projektlokalitet 3: Rundkørsel ved Harald Fischers Vej og Industrivej

Projektlokaliteten er beliggende i Hjørring Kommune i Nordjylland ved byen Løkken, illustreret på figur 3.11 **Figur 3.11**. Rundkørslen er en del af gennemfartsvejen, rute 55, igennem Løkken. Projektlokaliteten forbinder den nordøst- og sydvestløbende Løkkensvej med den nordvestløbende Harald Fischers Vej og den sydøstløbende Industrivej.



Figur 3.11: Projektlokalitet 3's placering. (Kortforsyningen, 2015)*

De tre nævnte veje, som projektlokaliteten forbinder, er tosporede veje. Vejbredden for vejene er syv m. Den nordøstløbende Løkkensvej og Harald Fischers vej har cykelsti langs vejen, hvilket de øvrige to ikke har. Løkkensvej har en årsdøgntrafik på mellem 3.500 til 4.500 køretøjer. Det har ikke været muligt, at finde årsdøgntrafikken for de øvrige to veje. Harald Fischers Vej har kort før projektlokaliteten en horisontalkurve, hvilket kan påvirke hastigheden gennem rundkørslen for køretøjer, der enten køre fra og til ved denne vejgren. På figur 3.12. er de fire vejgrene illustreret.



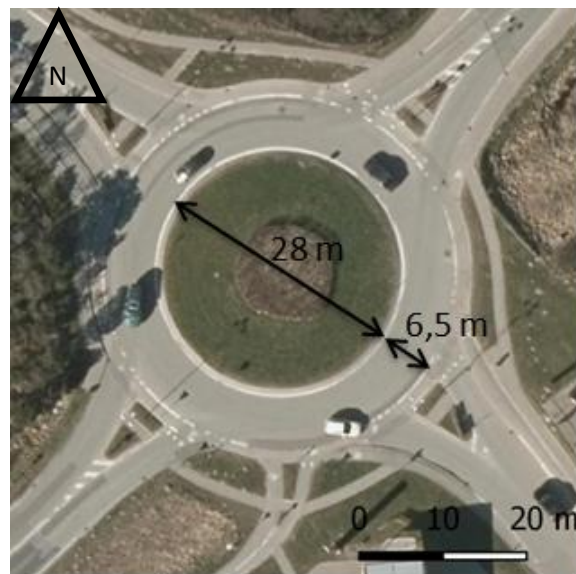
Figur 3.12: De fire vejgrene for projektlokalitet 3.

Hverdagsdøgnetrafikken igennem rundkørslen er 1.864 køretøjer, jævnfør Vejdirektoratet (2015b). Dette er en forholdsvis lav trafikmængde i forhold til, at det er en gennemfartsvej ved Løkken, og derfor er årsdøgnetrafikken undersøgt nærmere ved hjælp af Vejdirektoratets årsrapport over trafikken på det rutenummererede vejnet, hvilket antyder, at årsdøgnetrafikken er højere, da to af de fire vejgrene har en årsdøgnetrafik på mellem 4.000 køretøjer til 4.100 køretøjer, jævnfør Vejdirektoratet (2010). Igen skal det bemærkes, at rapporten er fra 2010, og det formodes derfor, at trafikken kan være steget i takt med det øvrige statsvejnet.

Projektlokaliteten er en enssporet rundkørsel med fire vejgrene. Rundkørslen har endvidere cykelbane, sti til fodgængere og sekundærheller ved alle vejgrene. Ved kameraopsætning på projektlokaliteten blev det opdaget, at projektlokaliteten er ændret i forhold til forventningerne. Forventningerne var en rundkørsel med et cirkulationsareal på 6,5 meter i bredden og en midterø på 28 meter i diameter, hvilket var antaget på baggrund af kortdata fra Kortforsyningen (2015) og Google Maps (2014). Det må formodes, at rundkørslen er ombygget inden for det seneste år, hvilket gør det svært, at finde et ortofoto af rundkørslen efter ombygningen, og det er derfor valgt, at anvende ortofoto fra før ombygningen. Dette er valgt, fordi at den eneste forskel er en ændring i midterøens størrelse for at kunne etablere et overkørselsareal. Overkørselsarealet er lavet med kantsten på omkring ti cm, så det er antaget, at bilister ikke er tilbøjelige til at anvende overkørselsarealet på grund af kantstenen, hvilket bekræftes ud fra en stikprøve fra videooptagelserne. Det vurderes derfor på baggrund af ovenstående, at projektlokalitet 3 stadig kan anvendes til en udenanalyse. Rundkørslen før ombygningen er illustreret i figur 3.13.,

Kapitel 3 - Indsamling af data

hvor bredden af midterøen og cirkulationsarealet ligeledes er illustreret. (QGIS Development Team, 2016)



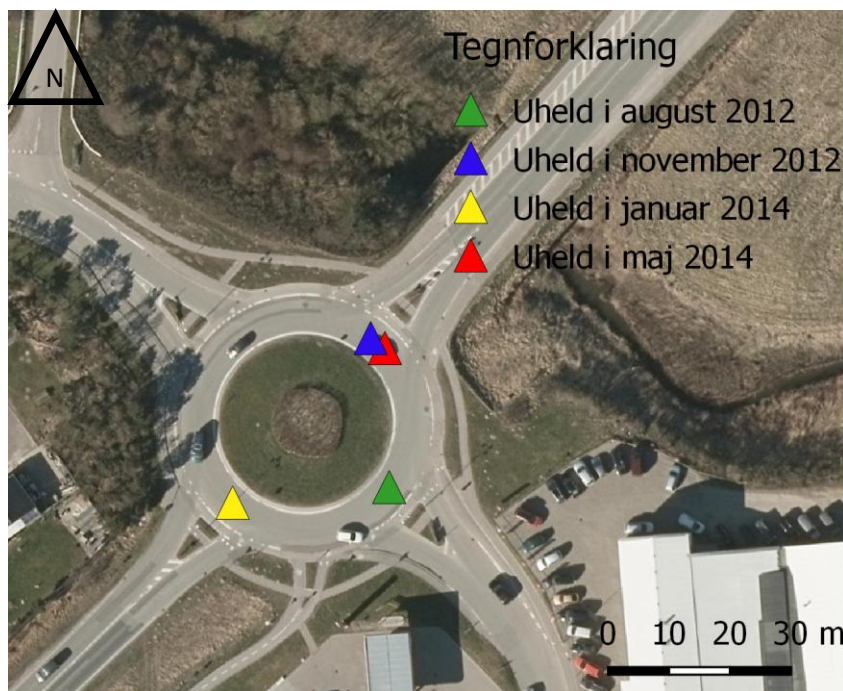
Figur 3.13: Projektlokalitet 3's geometriske udformning. (Kortforsyningen, 2015)*

Rundkørslen efter ombygningen er illustreret i figur 3.14. set mod den sydvestløbende Løkkensvej.



Figur 3.14: Rundkørslen efter ombygningen set mod den sydvestløbende Løkkensvej.

På projektlokaliteten er der sket fire uheld inden for de sidste fem år; to uheld i 2012 i henholdsvis august og november, og to uheld i 2014 i henholdsvis januar og maj. Uheldstypen for uheldene, sket i august og november 2012, er henholdsvis anden materielskadeuheld og ekstrauheld, og uheldstypen for uheldene, sket i januar og maj 2014, er henholdsvis anden materielskadesuheld og ekstrauheld. I uheldet, sket i august 2012, er de implicerede to personbiler, og uheldssituationen er nr. 140, hvilket er påkørsel mellem ligeudkørende med samme retning bagfra. I uheldet, sket i november 2012, er de implicerede en personbil og et træ, og uheldssituationen er nr. 32, hvilket er en uheld ved svingning i en rundkørsel, et kryds, en indkørsel, eller lignende. I uheldet, sket i januar 2014, er de implicerede en personbil og en cyklist, og uheldssituationen er nr. 610, hvilket er venstre- eller højresving ud foran de øvrige trafikanter. I uheldet, sket i maj 2014, er de implicerede en personbil og en mast, og uheldssituationen er nr. 21, hvilket er en uheld i eller efter højresvingende kurve, hvor trafikanten svinger til venstre. Placeringerne af uheldene er illustreret i figur 3.15. (Vejdirektoratet, 2012, 2015b)



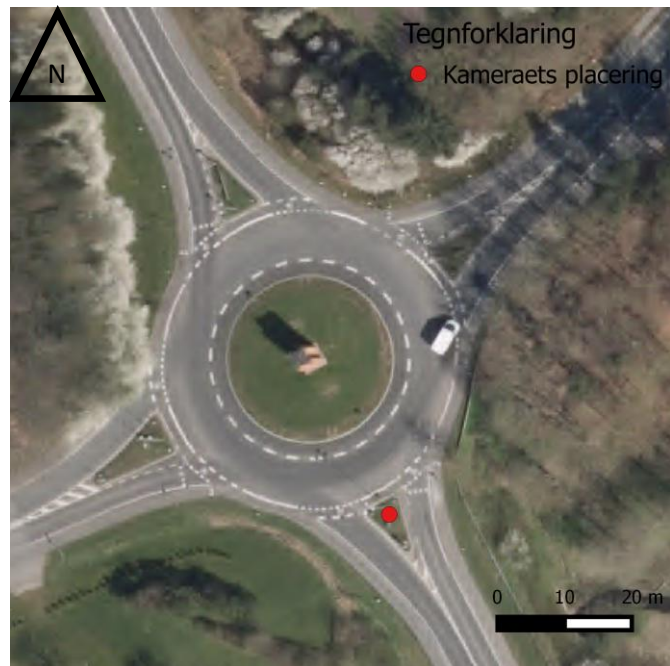
Figur 3.15: Placeringen af uheld på projektlokalitet 3. (Kortforsyningen, 2015)*

3.3. Indsamling af data

I dette afsnit vil måden, hvorpå indsamlingen af data er blevet foretaget blive præsenteret for hver projektlokalitet.

3.3.1. Projektlokalitet 1: Rundkørsel ved Roldvej og Hobrøvej

Videoptagelserne for projektlokalitet 1 blev foretaget i juni måned i henholdsvis 2014 og 2015. Videokameraet var placeret i en lygtepæl ved den sydøstlige vejgren nær Aggersundvej, illustreret i figur 3.16. Placeringen af videokameraet er den samme ved før- og efteroptagelserne.



Figur 3.16: Placering af kameraet for projektlokalitet 1 for både før- og efteroptagelserne. Opstillingen for efteroptagelserne er illustreret i figur 3.17. Opstillingen for føroptagelserne er identisk.



Figur 3.17: Kameraopstilling ved efteroptagelserne.

Grundet placeringen i lygtepælen tæt ved rundkørslen og rundkørsleens størrelse, har det ikke været muligt at filme hele krydset med et kamera, dog er det vurderet, at det nødvendige data sagtens kan indsamles ud fra den anvendte kameravinkel. Det er derfor kun højre side af rundkørslen, set fra kameravinklen, der filmes, illustreret for før- og efteroptagelserne i henholdsvis figur 3.18. og 3.19.



Figur 3.19: Kameravinkel ved før-optagelserne.



Figur 3.18: Kameravinkel ved efter-optagelserne.

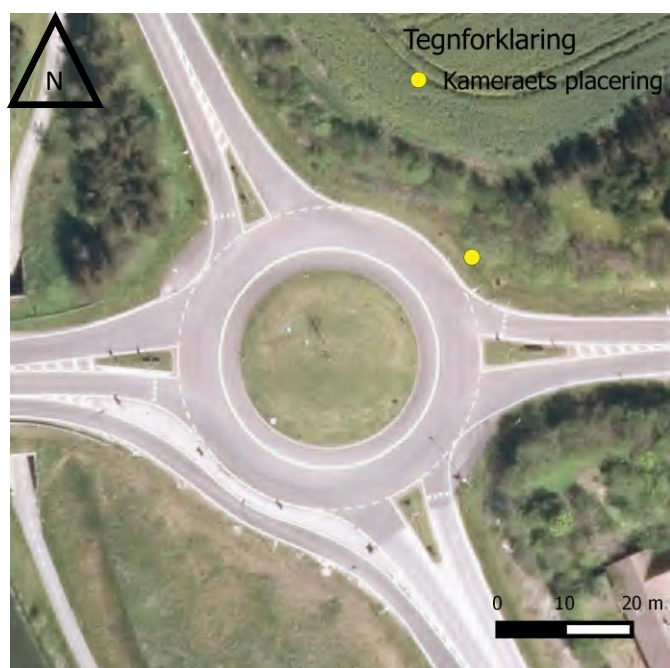
I tabel 3.1. er optageperioden for rundkørslen præciseret. For hver projektlokalitet er det valgt, at minimumslængden af optageperioden er syv dage, så der analyseres på en hel uge.

Før		Efter	
Dato	Tidsperiode	Dato	Tidsperiode
23.06.14	17.20-23.00	16.06.15	12.15-22.00
24.06.14	05.00-23.00	17.06.15	05.00-22.00
25.06.14	05.00-23.00	18.06.15	05.00-22.00
26.06.14	05.00-23.00	19.06.15	05.00-22.00
27.06.14	05.00-23.00	20.06.15	05.00-22.00
28.06.14	05.00-23.00	21.06.15	05.00-22.00
29.06.14	05.00-23.00	22.06.15	05.00-22.00
30.06.14	05.00-09.40	23.06.15	05.00-22.00
		24.06.15	05.00-11.45

Tabel 3.1 Optageperiode for projektlokalitet 1.

3.3.2. Projektlokalitet 2: Rundkørsel ved Hanstholmvej og Aalborgvej

Videoptagelserne for projektlokalitet 2 blev foretaget i april måned 2016. Videokameraet var placeret i en lygtepæl mellem den nordvestlige og østlige vejgren, illustreret i figur 3.20. Ønsket var dog samme placering, som ved før- og efteroptagelserne på projektlokalitet 1 med opsætning af kameraet i en lygtepæl ved sekundærhellen. Dette var dog ikke muligt, da der ingen lygtepæle var ved sekundærhellerne.



Figur 3.20: Placering af kameraet for projektlokalitet 2.

Opstillingen for videooptagelserne er illustreret i figur 3.21.



Figur 3.21: Kameraopstilling ved videooptagelserne.

Grundet placeringen i lygtepælen tæt ved rundkørslen og rundkørsleens størrelse, har det ikke været muligt at filme hele krydset med et kamera, dog er det vurderet, at det nødvendige data sagtens kan indsamles ud fra den anvendte kameravinkel. Det er derfor kun højre side af rundkørslen set fra kameravinklen der filmes, illustreret i figur 3.22.



Figur 3.22: Kameravinkel ved videooptagelserne.

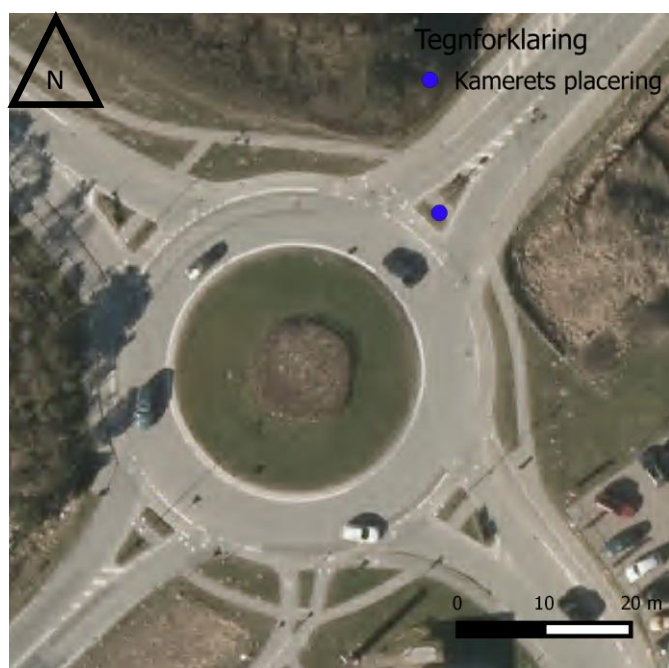
I tabel 3.2. er optageperioden for rundkørslen præciseret. Optageperioden burde, ligesom for projektlokalitet 1, have en minimumslængden på syv dage, så der analyseres på en hel uge. Dette har dog ikke været muligt på grund af mangel på ressourcer.

Dato	Tidsperiode
11.04.16	14.30-21.00
12.04.16	05.00-21.00
13.04.16	05.00-21.00
14.04.16	05.00-10.00

Tabel 3.2 Optageperiode for projektlokalitet 2.

3.3.3. Projektlokalitet 3: Rundkørsel ved Harald Fischers Vej og Industrivej

Videooptagelserne for projektlokalitet 3 blev foretaget i april måned 2016. Videokameraet var placeret i en lygtepæl ved den nordøstlige vejgren nær Løkkensvej, illustreret i figur 3.23. Placeringen af videokameraet er den samme som ved projektlokalitet 1 for før- og efteroptagelserne.



Figur 3.23: Placeringen af kameraet for projektlokalitet 3.

Opstillingen for videooptagelserne er illustreret i figur 3.24.



Figur 3.24: Kameraopstilling ved optagelserne.

Grundet placeringen i lygtepælen tæt ved rundkørslen og rundkørsleens størrelse har det ikke været muligt at filme hele krydset med et kamera, dog er det vurderet, at det nødvendige data sagtens kan indsamles ud fra den anvendte kameravinkel. Det er derfor kun højre side af rundkørslen set fra kameravinklen der filmes, illustreret i figur 3.25.



Figur 3.25: Kameravinkel ved optagelserne.

I tabel 3.3. er optageperioden for rundkørslen præciseret. For hver optageperiode er det valgt, at minimumslængden er syv dage, så der analyseres på en hel uge.

Dato	Tidsperiode
16.04.16	10.00-21.00
17.04.16	05.00-21.00
18.04.16	05.00-21.00
19.04.16	05.00-21.00
20.04.16	05.00-21.00
21.04.16	05.00-21.00
22.04.16	05.00-21.00
23.04.16	05.00-21.00
24.04.16	05.00-21.00
25.04.16	05.00-09.21

Tabel 3.3 Optageperiode for projektlokalitet 3.

3.4. Opsummering

I tabel 3.4. er der foretaget en opsummering af detaljer omkring de tre projektlokaliteter.

Kapitel 3 - Indsamling af data

	Projektlokalitet 1 ved føroptagel- serne	Projektlokalitet 1 ved efteroptagel- serne	Projektlokalitet 2	Projektlokalitet 3
Placering nær	Aars	Aars	Thisted	Løkken
Kommune	Vesthimmerlands Kommune	Vesthimmerlands Kommune		Hjørring Kommu- ne
Krydsende veje	Aggersundvej, Hobrovej og Roldvej	Aggersundvej, Hobrovej og Roldvej	Hanstholmvej og Aalborgvej	Løkkensvej, Ha- rald Fischers Vej og Industrivej
Geometri	Fire vejgrene, cykelbane og Sekundærheller	Fire vejgrene, cykelbane, Sekundærheller og overkørbart over- kørselareal	Fire vejgrene, cykelsti, Sekundærheller og overkørbart over- kørselareal	Fire vejgrene, cykelbane, sekundærheller, ikke overkørbart overkørselareal og sti til fodgæn- gere
Årsdøgntrafik	4100-6600 kt	4100-6600 kt	6700-7700 kt	4000-4100 kt
Uheld	0			4 stk.
Analyseme- tode	Før	Efter	Med	Uden
Måned for optagelserne	Juni	Juni	April	April
Optageperio- de	Fra d. 23.06.2014 til d. 30.06.2014	Fra d. 16.06.2015 til d. 24.06.2015	Fra d. 11.04.2016 til d. 14.04.2016	Fra d. 16.04.2016 til d. 25.04.2016

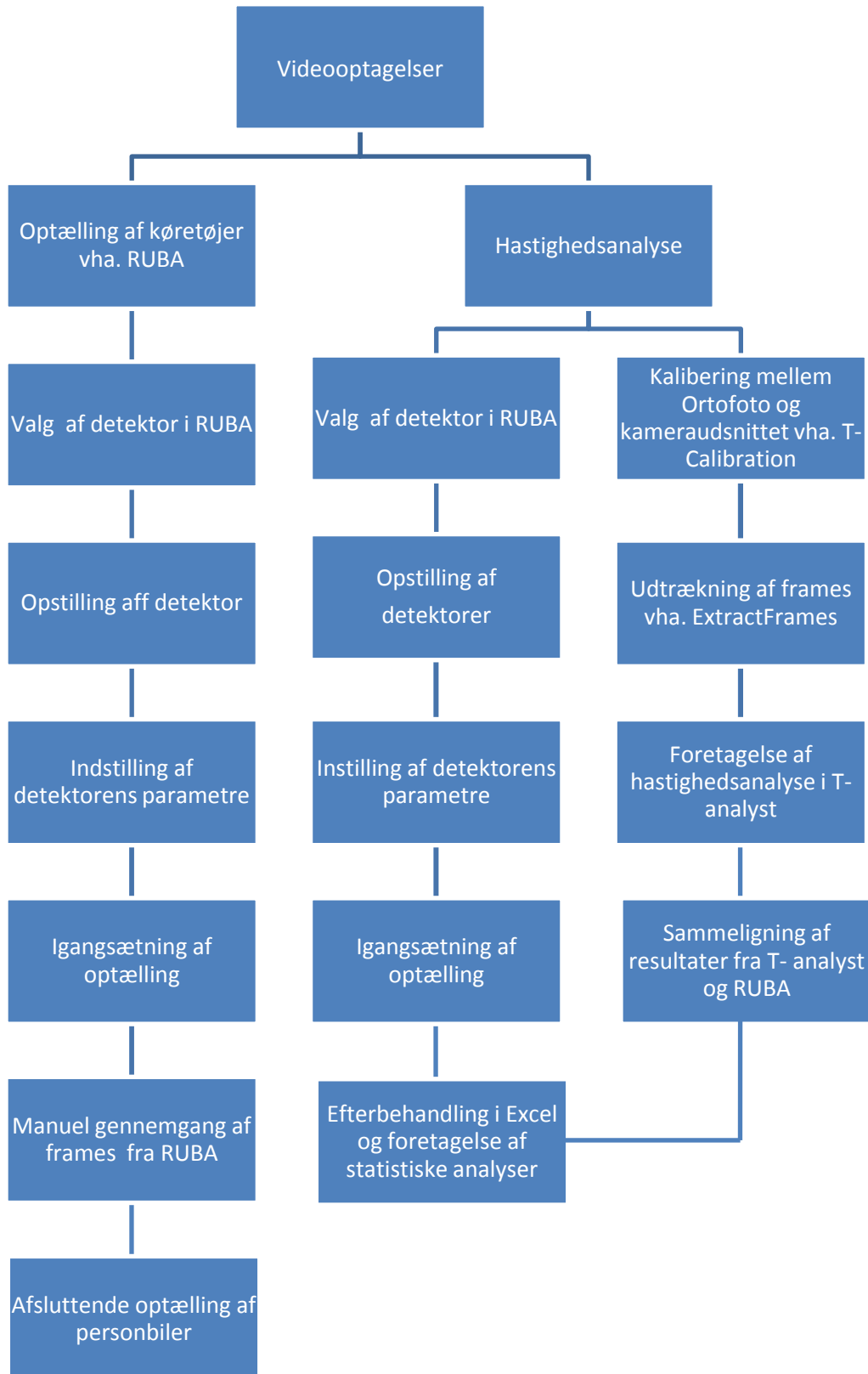
Tabel 3.4: Opsummering af detaljer omkring de tre projektlokaliteter.

Kapitel 4 **Behandling af data**

I dette kapitel er fremgangsmåden i efterbehandlingen beskrevet, hvorefter måden, hvorpå analyseprogrammerne, RUBA (Bahnsen et al, 2014), T-Calibration (Trafvid, 2014) og T-analyst (Trafvid, 2015), er anvendt til efterbehandling af videooptagelserne er beskrevet. Afslutningsvis er øvrige bemærkninger til efterbehandlingen af projektlokaliteterne nævnt.

4.1. Efterbehandling

Fremgangsmåden, hvorpå de tre projektlokaliteter med tilhørende videooptagelser er efterbehandlet, er foregået, som illustreret i figur 4.1. Videooptagelserne fra hver af de tre projektlokaliteter er blevet efterbehandlet, så det har været muligt at klarlægge to ting; antallet af personbiler, og hastigheden for personbiler igennem rundkørslen. Til optælling af alle køretøjer er analyseprogrammet, RUBA, anvendt, hvorefter der er foretaget en manuel frasortering af andre køretøjer end personbiler. Hastighedsanalysen er ligeledes foretaget i analyseprogrammet, RUBA. Efter hastighedsanalysen er foretaget i RUBA er der for projektlokaliteterne foretaget en referenceanalyse af hastigheden ved hjælp af programmerne, Calibration og T-analyst. Dette er gjort for teste, om RUBA kan anvendes til at foretage en hastighedsanalyse. I de følgende afsnit vil et eksempel på, hvordan efterbehandlingen er foretaget, i de nævnte analyseprogrammer blive beskrevet. Eksemplet igennem afsnittene er projektlokalitet 1, rundkørslen ved Roldvej og Hobrobvej nær Aars, for feroptagelserne.



Figur 4.1: Fremgangsmåden for efterbehandlingen af de tre projektlokaliteter med tilhørende videooptagelser.

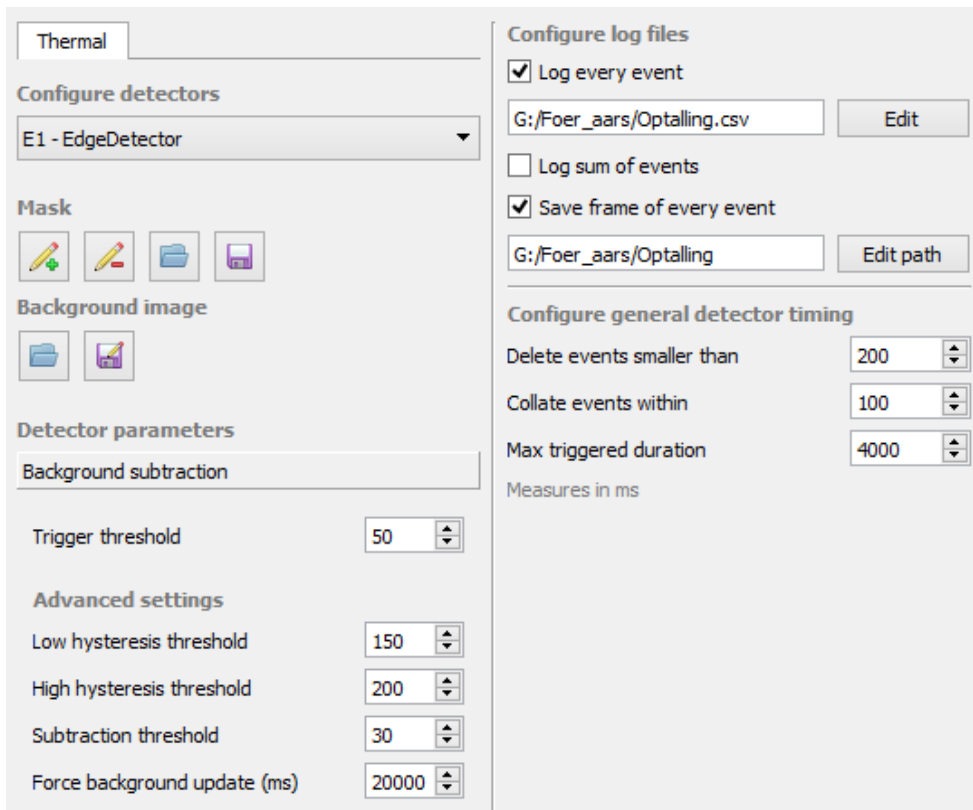
4.2. Optælling af personbiler

Optællingen af personbiler er foretaget for, at kunne danne et overblik over, om antallet af personbiler på de tre projektlokaliteter er tilnærmelsesvis ens i optageperioden, da det ikke har været muligt, at klarlægge trafikmængden ved hjælp af Vejman, jævnfør Vejdirektoratet (2015b), da denne ikke virkede troværdig, og Vejdirektoratets årsrapport, jævnfør Vejdirektoratet (2010), giver kun et præj om årsdøgntrafikken. Optælling af personbiler er, som nævnt, foretaget i RUBA. Før processen med optælling af personbiler foretages, er start og slut i videooptagelser gennemset for at kunne frasortere eventuelle timer, hvor en optælling ikke er mulig, f.eks. på grund af solens vinkel i forhold til kameraet eller genskær fra lygtepælene. Der har for denne projektlokalitet ikke været frasorteret nogle timer, dog er det observeret, at skygger fra det omkringliggende bevoksning og udsmykning kan give problemer for detektoren, hvilket uddybes yderligere i kapitel 6. Det første trin i processen er valg af detektortype, hvor det er valgt, at detektorerne skal være af typen Edge. Edge-detektoren er optegnet ved hjælp af tegneredskaber i RUBA, og den endelige detektoren er illustreret i figur 4.2. Opstilling af detektorer for de øvrige projektlokaliteter er illustreret i appendiks A, side 75.



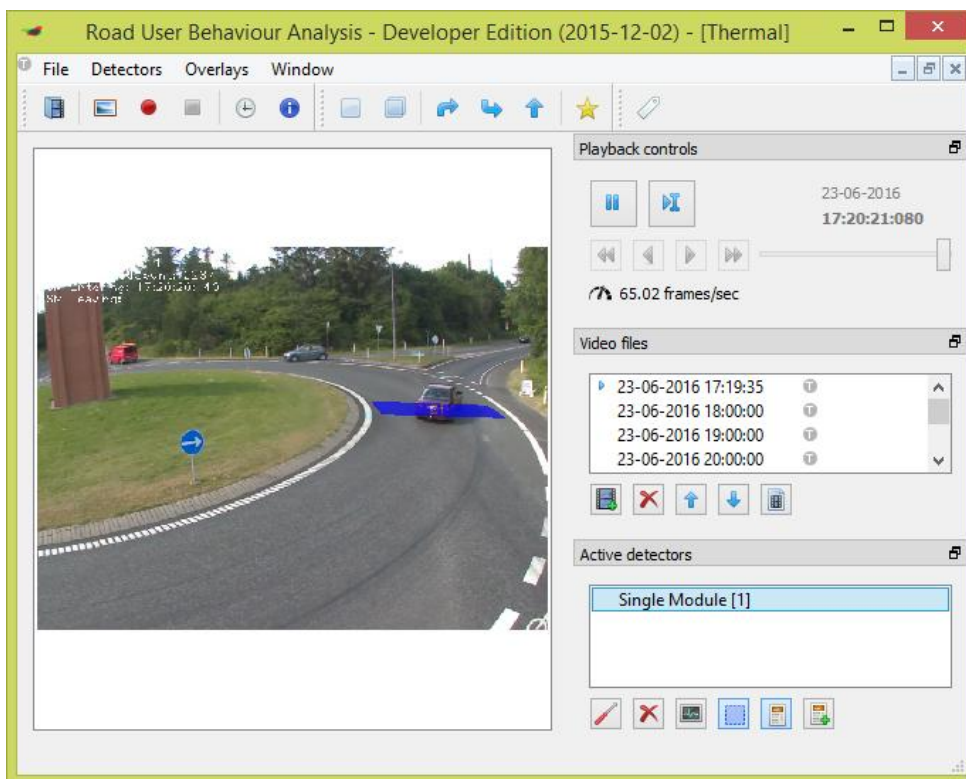
Figur 4.2: Optegning af Edge-detektoren i RUBA for projektlokalitet 1 ved fØroptagelserne.

Efter opstilling af detektoren er der foretaget en kalibrering af detektorens parametre, så detektoren foretager en så præcis optælling, som muligt. De parametre, der er ændret i forhold til standard indstillingerne er trigger threshold og collate events within. Værdierne for hver parametre er illustreret i figur 4.3. Det skal dog bemærkes, at værdien af Trigger threshold kan variere mellem projektlokaliteterne, da denne parametre afhænger meget af detektorens udformning, størrelse m.m.



Figur 4.3: De kalibrerede parametre i RUBA for projektlokalitet 1 ved føroptagelserne.

Efter parametrene er kalibreret kan optællingen af køretøjer i RUBA igangsættes, hvilket er illustreret i figur 4.4.



Figur 4.4: Igangsætning af optælling af køretøjer for projektlokalitet 1 ved føroptagelserne.

RUBA vil, som nævnt, lave et frame for hver detektering af et køretøj, og efter optællingen er foretaget, er det disse frames, der lægger til grund for den manuelle gennemgang. I den manuelle gennemgang gennemses alle frames, hvor frames af andre trafikanter end personbiler vil blive frasorteret. Andre trafikanter kan være lastbiler, busser, varevogne, motorcykler, knallerter, m.m. Et eksempel på et frame er illustreret i figur 4.5.

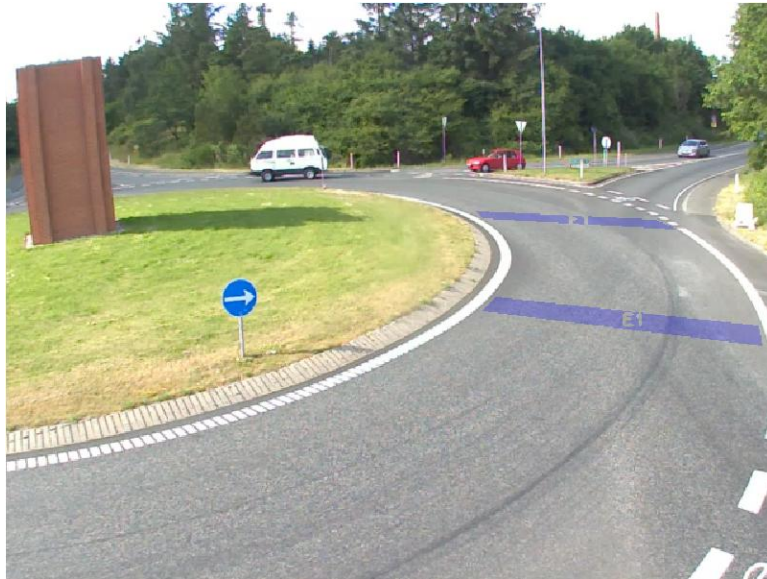


Figur 4.5: Et eksempel på et frame fra RUBA.

Efter frasortering af frames af andre trafikanter end personbiler, er den endelige optælling af personbiler foretaget, hvilket er gjort ved en simpel addition af de tilbageværende frames.

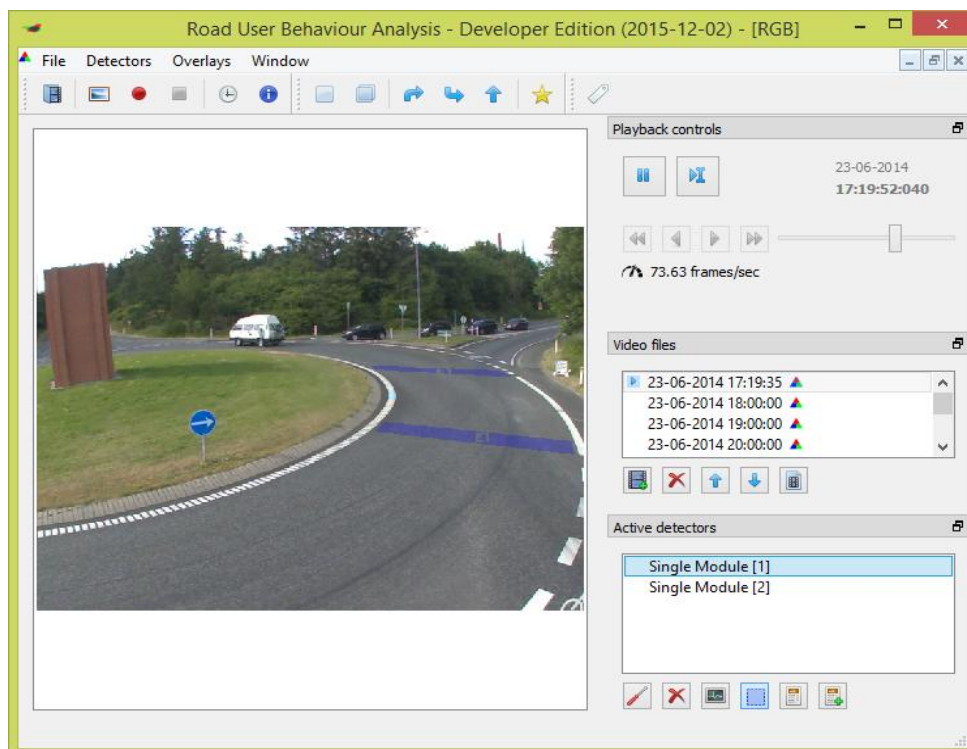
4.3. Hastighedsanalyse

Hastighedsanalysen er, som nævnt, en to delte proces med en hovedanalyse og en referenceanalyse. Hovedanalysen er foretaget i RUBA, og referenceanalysen er foretaget i T-analyst. Referenceanalysen er, som nævnt, foretaget for, at kunne afgøre om metoden bag hovedanalysen er valid. Første trin i hovedanalysen er valg af detektortype i RUBA, hvor valget er Edge-detektorer. Næste trin herefter er opstilling af detektorer, hvor det er valgt for alle at opstille to detektorer. De to detektorer laver for hver detektering et timestamp, når et køretøj køre ind i detektoren, og når et køretøj forlader detektoren igen. Det er så ved hjælp af disse timestamp og afstanden mellem detektorerne, fundet ved hjælp af QGIS, (QGIS Development Team, 2016), muligt at bestemme hastigheden på strækningen mellem de to detektorer. De to detektorer for projektlokalitet 1 for fØroptagelserne er illustreret i figur 4.6., og afstanden mellem de to detektorer er 11 m. Opstillingen af detektorer for de øvrige tre projektlokaliteter er illustreret i appendiks B, side 77.



Figur 4.6: De to detektorer til hastighedsanalyse i RUBA.

Efter opstilling af detektorerne er der foretaget en kalibrering af detektorernes parametre, så detektoren foretager en så præcis optælling, som muligt. De parametre, der er ændret i forhold til standardindstillingerne er, som ved optællingen af personbiler, trigger threshold og collate events within. Parametrenes funktion er beskrevet i kapitel 2. Værdierne for hver af detektorernes parametre er identisk med figur 4.3., dog er trigger threshold sat til 40. Det skal bemærkes, at værdien af Trigger threshold kan variere mellem projektlokaliteterne, da denne parametre afhænger af detektorernes udformning, størrelse m.m. Efter parametrene er kalibreret kan hastighedsanalysen i RUBA igangsættes, hvilket er illustreret i figur 4.7.



Figur 4.7: Igangsætning af hastighedsanalyse i RUBA.

Efter analysen er foretaget i RUBA viderebehandles dataene i Excel, hvor timestamp fra detektorerne for hver personbil skal matches, hvilket er gjort ved hjælp af de frames RUBA laver for hver detektering. Herefter er tidsforskellen mellem start-timestampene beregnet for hver personbil, hvorefter en hastighed kan beregnes, da afstanden i mellem detektorerne, målt i QGIS på ortofotos, ligeledes er en kendt parameter. Der er dog en ulempe ved, at optagelsesvinklen er skrå, hvilket er, at personbiler kan blive detekteret før, de har passeret den opmålte strækning. Dette kan skyldes, at det f.eks. ikke er fronten af bilen, der detekteres, som ønsket er, men i stedet toppen af bilen på grund af den skrå vinkel. Dette vil gøre, at hastighederne er højere, end de reelt er. Derfor tages der højde for dette ved, at foretage en korrigering i forhold til resultaterne fra T-analyst. Metoden og resultatet af korrigeringen er illustreret i appendiks C, side 79.

I hastighedsanalysen beregnes en hastighed for hver af personbilerne, hvorefter der til sidst beregnes en gennemsnitshastighed. Det er valgt, at beregne hastigheder for 100 fritkørende personbiler pr. projektlokalitet. Dette er gjort, fordi fritkørende personbilers hastighed ikke defineres af foran- eller bagvedkørende personbilers hastighed, samt at hastigheden ved frit flow er højere end ved perioder med trængsel. En fritkørende personbil er i dette projekt defineret, som en personbil, hvor der ingen foran- eller bagvedkørende er de første tre sekunder. De 100 fritkørende personbiler er udvalgt ud over optageperioden, så der både er for morgen-, middag- og aftenstimerne. Udvælgelsen er foretaget tilfældigt over optageperioden, dog er det valgt ikke, at tage morgentimer i weekenderne. Det er endvidere forsøgt, at fastholde dag og tidspunkt på dagen den samme for alle projektlokaliteter.

Det oprindelige ønske i efterbehandlingen var, at kunne sammensætte datasættene fra de to detektorer, og derved kunne arbejde med en stor datamængde. Dette har dog ikke været muligt på grund af mængden af fejldetekteringer og øvrige trafikanter, da dette vil kræve en frasortering, som beskrevet ved optælling af personbiler, hvilket er meget tidskrævende. Formlen for beregning af hastigheden er vist i formel 4.1.

$$\text{Hastigheden} \left[\frac{\text{km}}{\text{time}} \right] = \frac{\text{Længden af strækningen [km]}}{\text{Tiden det tog at passere strækningen [time]}}$$

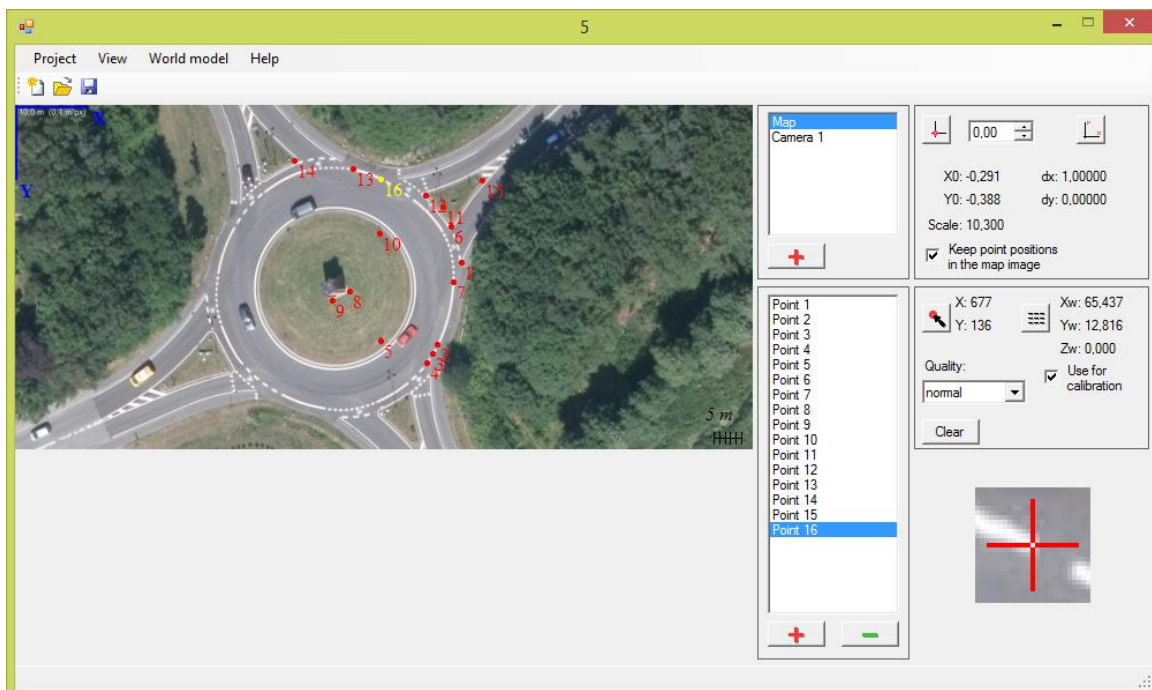
Formel 4.1: Beregning af hastigheden.

Det er valgt, at de 100 fritkørende personbiler fordeles ud over den periode, der er optaget i, så der opnås hastigheder fra forskellige dage og timer. I tabel 4.1. er valget af time og ugedag for, hvornår udvælgelsen af fritkørende personbiler er foretaget, præciseret for projektlokaliteten.

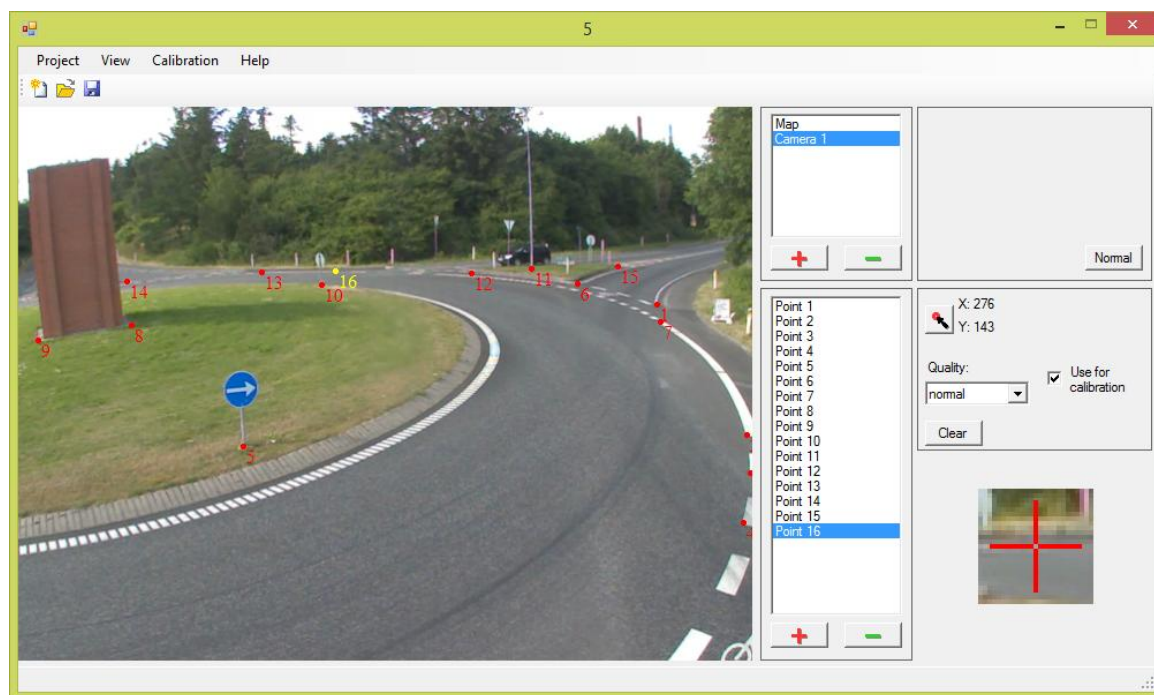
	Dato	Ugedag	Klokkeslæt	Antal
Projektlokalitet 1, før	23.06.14	Mandag	18.00-19.00	10
	24.06.14	Tirsdag	21.00-22.00	10
	25.06.14	Onsdag	05.00-06.00	10
	26.06.14	Torsdag	16.00-17.00	10
	26.06.14	Torsdag	20.00-21.00	10
	27.06.14	Fredag	07.00-08.00	10
	28.06.14	Lørdag	09.00-10.00	10
	28.06.14	Lørdag	15.00-16.00	10
	29.06.14	Søndag	11.00-12.00	10
	29.06.14	Søndag	14.00-15.00	10

Tabel 4.1: Udvælgelseskriterier for de 100 fritkørende personbiler for projektlokalitet 1 ved føroptagelserne.

Efter hovedanalysen er foretaget i RUBA, er referenceanalysen foretaget i T-analyst. Første trin i denne proces er oprettelse af en kalibreringsfil, hvilket er gjort ved hjælp af T-Calibration. En kalibreringsfil indeholder kalibreringen mellem ortofotoet og kameraudsnittet. I T-Calibration er første trin derfor, at få defineret målestoksforholdet på ortofotoet af projektlokaliteten, hvorefter dette angives i programmet. Herefter er referencepunkter, der observeres på både ortofotoet og kameraudsnittet, udpeget. Antallet af referencepunkter har betydning for præcisionen af kalibreringsfilen, altså jo flere referencepunkter, der udpeges, jo mere præcis bliver kalibreringsfilen. Det er derfor valgt, at der for hver projektlokalitet minimum udpeges 15 referencepunkter. I figur 4.8. og 4.9. er referencepunkterne for projektlokalitet 1 ved føroptagelserne illustreret.

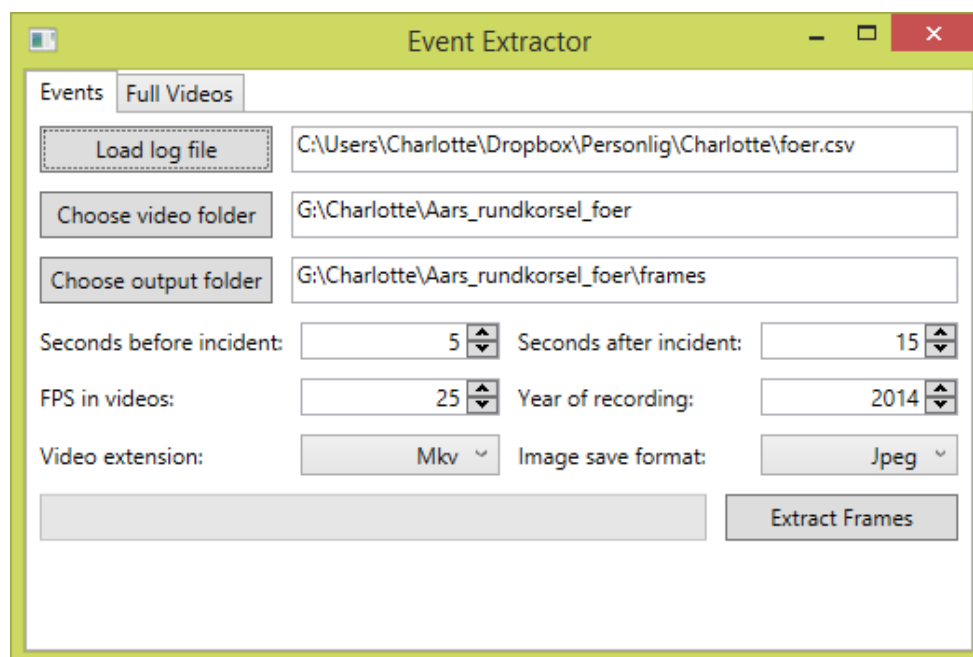


Figur 4.8: Ortofotoet i T-Calibration, hvor referencepunkter er udpeget.



Figur 4.9: Kameraudsnittet i T-Calibration, hvor referencepunkter er udpeget.

Efter kalibreringsfilen er oprettet ved hjælp af T-Calibration er ti fritkørende personbiler udpeget. Det er valgt, at udpege personbilerne i tidsrummet fra klokken 16.00 til klokken 17.00 på alle projektlokaliteter. De ti fritkørende personbilers timestamp findes i den Excelfil, som RUBA indlæser hver detektering i. Herefter er det muligt ved hjælp af timestampene og programmet, Extractframes, at udtrække frames fra videooptagelserne for de udvalgte personbilers kørsel i rundkørslen. Der udtrækkes et bestemt antal sekunder før og efter for hver af de ti personbiler. De indstillede parametre i Extractframes er illustreret i figur 4.10.



Figur 4.10: Indstillede parametre i Extractframes.

Efterbehandlingen kan herefter påbegyndes i T-analyst, hvor kalibreringsfilen og de udtrukne frames indlæses i programmet. For at T-analyst kan foretage en beregning af hastigheden for hver af de ti fritkørende personbiler, skal der manuelt placeres et omrids omkring hvert køretøj på hvert fjerde frame i optagelserne. T-analyst kan derved ud fra omridsene af køretøjets placering i hvert fjerde frame beregne hastigheden i hvert enkelt af omridsene. Det er valgt, at lave omrids af personbilerne på så lang en strækning som muligt på trods af, at der kun anvendes hastighedsdata på samme strækning, som detektorerne i RUBA måler over. Dette er valgt, fordi at T-analyst kræver et bestemt antal omrids for at kunne beregne hastigheden. I figur 4.11. er placering af omrids for fritkørende personbil nummer 1 illustreret.



Figur 4.11: Placering af omrids for fritkørende personbil nummer 1.

Placeringen af omridset synliggør endvidere personbilens kursbevægelser rundt i rundkørslen, hvilket er for nummer 1 fritkørende personbil illustreret med gult i figur 4.12.



Figur 4.12: Kursbevægelse for fritkørende personbil nummer 1 illustreret med gult.

Hastigheden kan, efter placering af tilstrækkeligt med omrids om det givne køretøj, udtrækkes, hvilket i T-analyst er gjort ved at afkrydse feltet "show graphs", hvorefter en tabel med hastigheden, koordinater m.m. med tilhørende grafer vil blive vist. Et udsnit af denne tabel illustreret i figur 4.13. Det er efterfølgende nødvendigt, at udpege de hastigheder inden for det samme område, som detektorerne i RUBA spænder over, hvilket kan gøres ved hjælp af kursbevægelserne på ortofotoet.

Frame	X	Y	V	A	Xpxl	Ypxl
92	64,5	47,2	4,7	40,2	64,5	47,2
93	64,7	47,1	6,3	16,1	64,6	47,1
94	64,9	46,9	6,5	10,0		
95	65,1	46,8	6,7	7,5		
96	65,4	46,6	6,7	6,1	65,5	46,5
97	65,6	46,5	6,7	5,2	65,5	46,6
98	65,8	46,3	6,8	4,4		
99	66,1	46,2	6,8	3,9		
100	66,3	46,0	7,0	1,3	66,3	46,1
101	66,5	45,8	6,9	1,0	66,6	46,0
102	66,7	45,7	7,0	0,9		
103	66,9	45,5	7,0	0,9		
104	67,1	45,4	7,0	1,0	67,2	45,3

Figur 4.13: Tabel med hastigheder, koordinater m.m. i T-analyst.

Efter hastigheden er udtrukket fra T-analyst, foretages en sammenligningen mellem hastigheden beregnet ved hjælp af RUBA og hastigheden fundet ved hjælp af T-analyst. Der må forventes, at være en forskel i hastigheden mellem de to beregningsmetoder, hvilket kan skyldes den skrå

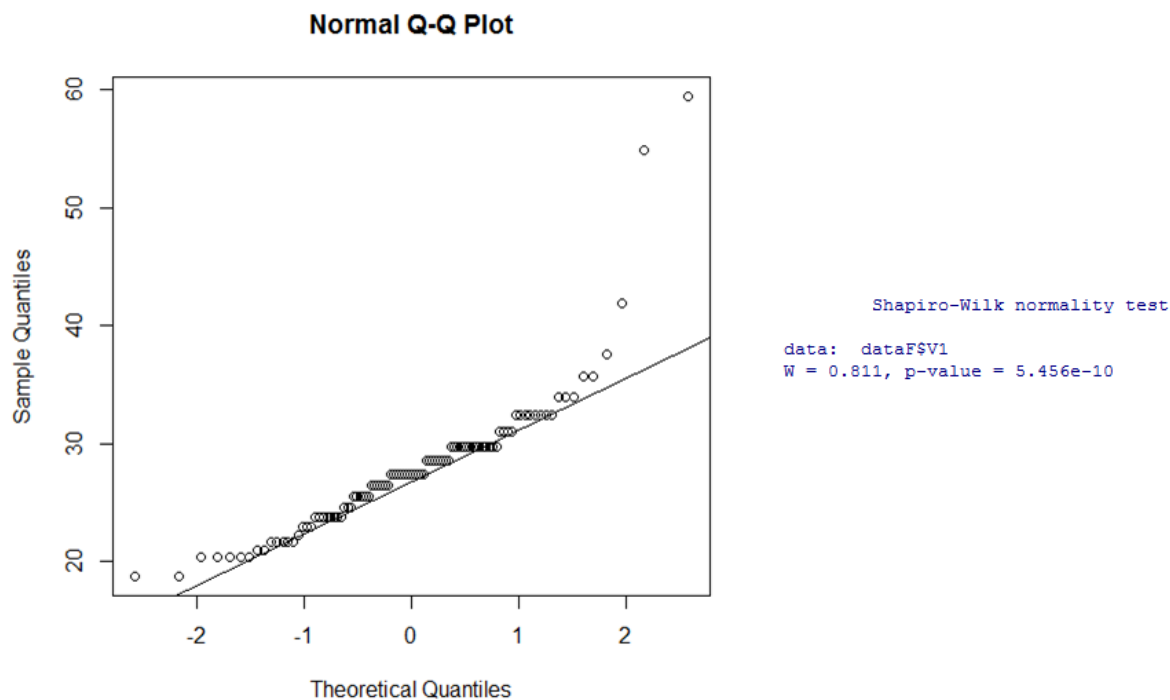
kameravinkel, som nævnt tidligere. Dette er der, som nævnt, foretaget en korrigerende for, så forskellen i hastigheden mellem de to metoder er så lille, som mulig. Efter før nævnte sammenligning og korrigerende er foretaget kan projektets egentligt omdrejningspunkt blive undersøgt.

Omdrejningspunktet er undersøgelse af om, der er en forskel i hastigheden på projektlokaliteterne. For at afgøre om, der er forskel i hastigheden på projektlokaliteterne, anvendes der statistiske analyser. Et kvalificeret gæt til valg af test er uparret t-test. Formålet med t-test er at sammenligne to uparrede populationers middelværdier. Dette er gjort ud fra en stikprøve fra hver af populationerne, så det er muligt at afgøre, om det kan accepteres, at middelværdierne er ens, eller at de er forskellige. For tests, der omhandler middelværdi, opstilles ofte en nulhypotesen og hypotese 1, hvor nulhypotesen er, at middelværdierne er ens, og hypotese 1 er, at middelværdierne er forskellige, illustreret i formel 4.2. Det er valgt, at anvende uparret t-test, fordi der arbejdes med uafhængige målinger, dog er det først nødvendigt, at undersøge om forudsætningerne for anvendelse af t-test er opfyldt. (Bendsen, 2016)

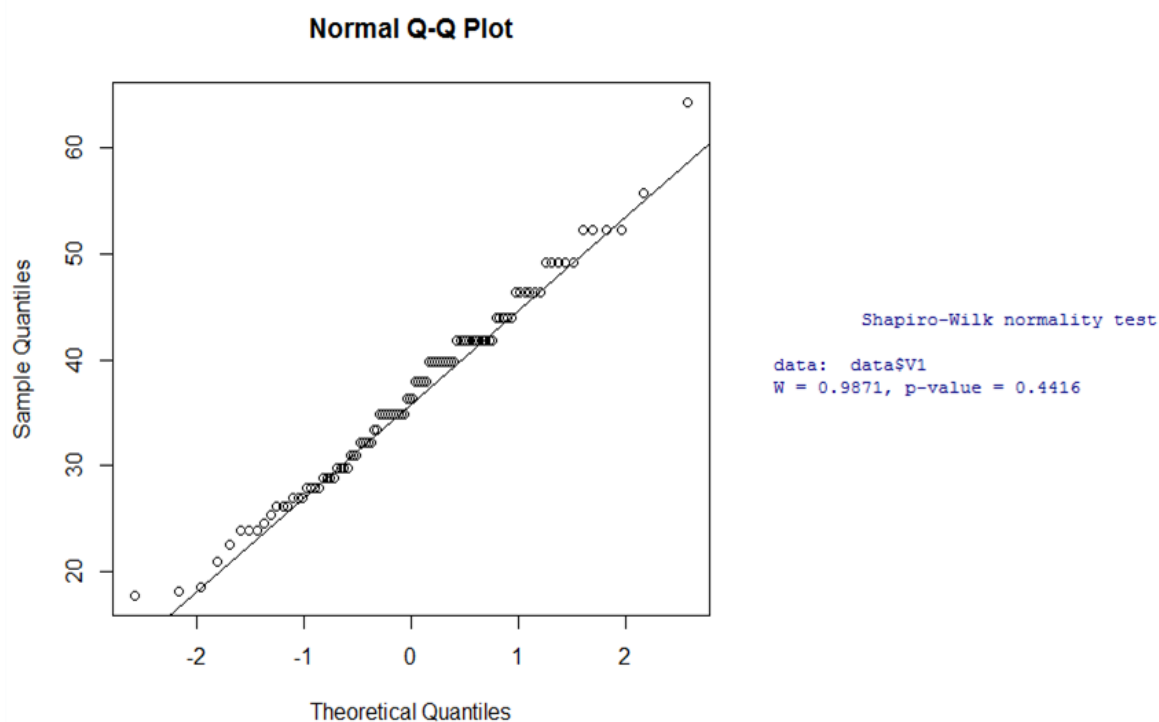
$$\begin{aligned} H_0: \mu_1 &= \mu_2 \\ H_1: \mu_1 &\neq \mu_2 \end{aligned}$$

Formel 4.2: Nulhypotesen og hypotese 1. (Bendsen, 2016) *

Forudsætningerne for brug af uparret t-test er, at dataene er normalfordelte, derudover afgør stikprøvernes spredning, også kaldet varianshomogenitet, om der anvendes t-test med ens eller forskellig spredning. I denne del af efterbehandlingen anvendes både projektlokalitet 1 ved før- og efteroptagelserne og projektlokalitet 1 ved efteroptagelserne for, at kunne foretage en sammenligning af resultaterne af hastighedsanalysen. De statistiske analyser udført på projektlokalitet 1 ved før- og efteroptagelserne, beskrevet i dette afsnit, er ligeledes udført på kombinationer af de øvrige projektlokaliteter, hvilket er illustreret i appendiks D, side 81. I figur 4.14. og 4.15. er dataene for projektlokalitet 1 ved før- og efteroptagelserne testet for, om de er normalfordelte, hvilket er gjort i statistikprogrammet R, (R Development Core Team, 2016), ved et QQ-plot og ved en Shapiro-Wilk test. (Bendsen, 2016)



Figur 4.14: Test for normalfordeling ved hjælp af QQ-plot med tilhørende Shapiro-Wilk test for projektlokalitet 1 ved føroptagelserne. (R Development Core Team, 2016)*



Figur 4.15: Test for normalfordeling ved hjælp af QQ-plot med tilhørende Shapiro-Wilk test for projektlokalitet 1 ved efteroptagelserne. (R Development Core Team, 2016)*

Ud fra figur 4.14 kan det konkluderes, at stikprøven for projektlokalitet 1 ved føroptagelserne ikke er normalfordelt, fordi dataene på QQ-plottet afviger kraftigt fra tendenslinjen, og Shapiro-Wilk testen giver en p-værdi under 0,05. P-værdien er sandsynligheden for, at observere en værdi der ligger lige så langt eller længere væk fra nulhypotesen forudsat, at hypotesen er sand. Valget af de 0,05 hænger sammen med konfidensintervallet. Dette betyder, konfidensintervallet indeholder værdier af middelværdiparameter, som vil føre til accept af nulhypotesen, hvorimod værdier uden for konfidensintervallet vil føre til forkastelse af nulhypotesen. Signifikantsniveauet er risikoen for at forkaste et sandt resultat. Signifikantniveauet vælges normalt til 5 %. (Bendsen, 2016; Olesen, 2015)

Det er nødvendigt, udover at foretage en t-test, at foretage en ikke-parametrisk test, når en af stikprøverne ikke er normalfordelt. Ikke-parametriske tests anvendes, når der ikke er kendskab til den bagvedliggende fordeling, hvilket teoretisk set vil betyde, at der ikke kan anvendes t-test på stikprøven fra projektlokalitet 1 ved føroptagelserne. Det er dog valgt både at foretage en t-test og en ikke-parametrisk test i de sammenligninger, hvor den ene af stikprøverne ikke er normalfordelt, så de to tests supplerer hinanden, da Mann-Whitney testen, som er en ikke-parametrisk test, og en t-test ofte giver samme resultat. Mann-Whitney testen, også kaldt Wilcoxon Rank Sum eller Wilcoxon Two Sample, er den ikke parametriske udgave af en uparret t-test, og anvendes derfor også til uparrede stikprøver. Programmet, R, er brugt til udførelse af Mann-Whitney testene. (Bendsen, 2016)

For at kunne afgøre, hvilken t-test der skal anvendes, testes stikprøverne for ens spredning. I tabel 4.2. er stikprøverne for projektlokalitet 1 ved før- og efteroptagelserne testet for ens spredning, hvilket er gjort med en F-test i Excel ved hjælp af en udvidelsespakke kaldet, Analysis ToolPak, (Microsoft Office Home, 2016).

F-test: Dobbelt stikprøve for varians

	<i>Variabel 1</i>	<i>Variabel 2</i>
Middelværdi	27,92	36,65
Varians	36,02	80,69
Observationer	100	100
fg	99	99
F	0,45	
P(F<=f) en-halet	3,9E-05	
F-kritisk en-halet	0,72	

Tabel 4.2: Stikprøverne testes for ens spredning, også kaldet varians. (Microsoft Office Home, 2016)*

Efter testen er foretaget kan hypotesen om ens varians, enten forkastes eller ikke. Dette vurderes ud fra den beregnede P-værdi, hvor hypotesen forkastes, hvis P-værdien er under 0,05. P-værdi, illustreret i tabel 4.2., er i dette tilfælde under 0,05, og hypotesen om ens varians forkastes. Der foretages derfor på de to stikprøver en uparret t-test med forskellig varians og en Mann-Whitney test. T-testene foretages i Excel, og Mann-Whitney testene foretages i R. Resulta-

tet af t-testen er illustreret i tabel 4.3. og resultatet af Mann-Whitney testen er illustreret i figur 4.16.

T-test: To stikprøver med forskellig varians

	Variabel 1	Variabel 2
Middelværdi	36,65	27,92
Varians	80,69	36,02
Observationer	100	100
Hypotese for forskel i middelværdi	0	
Fg	173	
t-stat	8,08	
P(T<=t) en-halet	5,29E-14	
t-kritisk en-halet	1,65	
P(T<=t) to-halet	1,06E-13	
t-kritisk to-halet	1,97	

Tabel 4.3: Stikprøverne testes for ens middelværdi ved hjælp af t-test.

Asymptotic Wilcoxon Mann-Whitney Rank Sum Test

```
data: dataFE$hast by dataFE$tid (e, f)
Z = 7.3801, p-value = 1.581e-13
alternative hypothesis: true mu is not equal to 0
```

Figur 4.16: Stikprøverne testes for ens middelværdi ved hjælp af Mann-Whitney test.

Tabellen og figuren illustrerer begge, at testene er enige om, at hypotesen om ens middelværdi forkastes, da P-værdien i begge tests er under 0,05. Det vil sige, at resultaterne fra før- og efteroptagelserne er signifikant forskellige.

Fremgangsmåden beskrevet i dette afsnit er ligeledes anvendt på de øvrige projektlokaliteter, og anvendt på de øvrige statistiske sammenligninger af hastighederne i stikprøverne. I kapitel 5 er resultaterne af efterbehandlingen vist.

4.4. Øvrige bemærkninger

I dette afsnit er øvrige bemærkninger til efterbehandlingen af projektlokalitet 2 og 3, samt projektlokalitet 1 for efteroptagelserne, beskrevet.

4.4.1. Projektlokalitet 1 for efteroptagelserne

I efterbehandlingen for projektlokalitet 1 har det været nødvendigt, ved opstilling af detektorer, at sørge for, at detektoren dækker både det overkørbare overkørselsareal og cirkulationsarealet, uden detektoren dækker over afmærkningen. Dækker detektoren over afmærkningen vil det betyde, at afmærkningen enten konstant detekteres, eller at den detekteres ved selv den mindste rystelse af kameraet. Derfor har det ikke været muligt ved opstilling af den fjerneste detektor til hastighedsanalysen, at denne blev firkantet, som de øvrige detektorer. Detektoren er illustreret i figur 4.17.



Figur 4.17: Den fjerneste detektor i hastighedsanalysen.

Det er observeret, at der på nogle tidspunkter af dagen i videooptagelserne er problemer med skygger fra nærtliggende bevoksning og fra udsmykningen i midterøen. Dette gør, at der i perioder ikke detekteres køretøjer. Dette er dog umiddelbart svært at gøre noget ved, udover at ændre på trigger threshold parametre, så detektorens grænseværdi for, hvornår en aktivitet skal detekteres ændres. Dette kan dog have den ulempe, at færre køretøjer detekteres. Det er derfor valgt ikke, at ændre på trigger threshold værdien og derved acceptere, at der i perioder ikke kan detekteres.

I hastighedsanalysen udvælges, der som nævnt, 100 fritkørende personbiler, og for denne projektlokalitet fordeler udvælgelseskriterierne sig som illustreret i tabel 4.4.

	Dato	Ugedag	Klokkeslæt	Antal
Projektlokalitet 1, efter	16.06.15	Tirsdag	21.00-22.00	10
	17.06.15	Onsdag	05.00-06.00	10
	18.06.15	Torsdag	16.00-17.00	10
	18.06.15	Torsdag	20.00-21.00	10
	19.06.15	Fredag	07.00-08.00	10
	20.06.15	Lørdag	09.00-10.00	10
	20.06.15	Lørdag	15.00-16.00	10
	21.06.15	Søndag	11.00-12.00	10
	21.06.15	Søndag	14.00-15.00	10
	22.06.15	Mandag	18.00-19.00	10

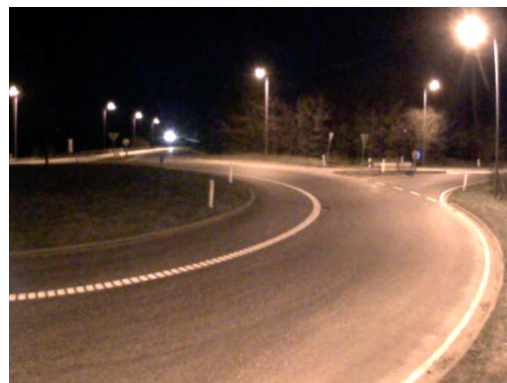
Tabel 4.4: Udvalgelseskriterier for de 100 fritkørende personbiler for projektlokalitet 1 ved efteroptagelserne.

4.4.2. Projektlokalitet 2

I efterbehandlingen for projektlokalitet 2 har det første trin været at frasortere de timer af optagelserne, der ikke kan anvendes, enten fordi solens skær rammer direkte ind i kameraet, eller fordi lyset fra lygtepælene laver et genskær i vejen, illustreret i figur 4.18 og 4.19.



Figur 4.19: Skær fra solen.



Figur 4.18: Lyset fra lygtepælene.

De frasorterede timer er illustreret i tabel 4.5.

Dato	Tidsperiode
11.04.16	19.00-21.00
12.04.16	05.00-06.00 21.00-22.00
13.04.16	05.00-06.00 21.00-22.00
14.04.16	05.00-07.00

Tabel 4.5: De frasorterede timer for projektlokalitet 2.

Derudover er det observeret, at på nogle tidspunkter i videooptagelserne er problemer med en skygge fra en lygtepæl, der er beliggende igennem detektorerne, hvilket gør at der i perioder ikke detekteres køretøjer. Dette er dog umiddelbart svært at gøre noget ved, hvilket er beskrevet i det forrige afsnit.

Det er endvidere ikke muligt, at opstille en detektor over både overkørselsarealet og cirkulationsarealet, da afmærkningen i mellem de to vil gøre, at detektoren konstant vil detektere afmærkning som et køretøj. Det er derfor valgt at anvende følgende opstilling for optælling af køretøjer illustreret i figur 4.20, hvilket vil betyde, at der kun detekteres køretøjer, som kører i eller tæt ved cirkulationsarealet, så detektoren stadig aktiveres. Dette betyder, at køretøjer, der kører tæt ved midterøen ikke vil blive detekteret. Dog er det vurderet ud fra en stikprøve i videooptagelserne, at være få køretøjer, som det drejer sig om. Den samme problemstilling gør sig gældende ved hastighedsanalysen, og derfor er samme procedure anvendt. Det kunne være valgt, at opstille to detektorer ved optælling af personbiler og fire detektorer ved hastighedsanalysen. Dette er dog ekstremt tidskrævende, da der skal foretages en sammenligning mellem hvert køretøj, som hver af detektorerne detektere for at afgøre, om detektoren i cirkulationsarealet har detekteret det givne køretøj. Dette vil betyde over 13.000 sammenligninger for blot optælling af personbiler på denne projektlokalitet.



Figur 4.20: Anvendt opstilling til optælling af køretøjer i RUBA.

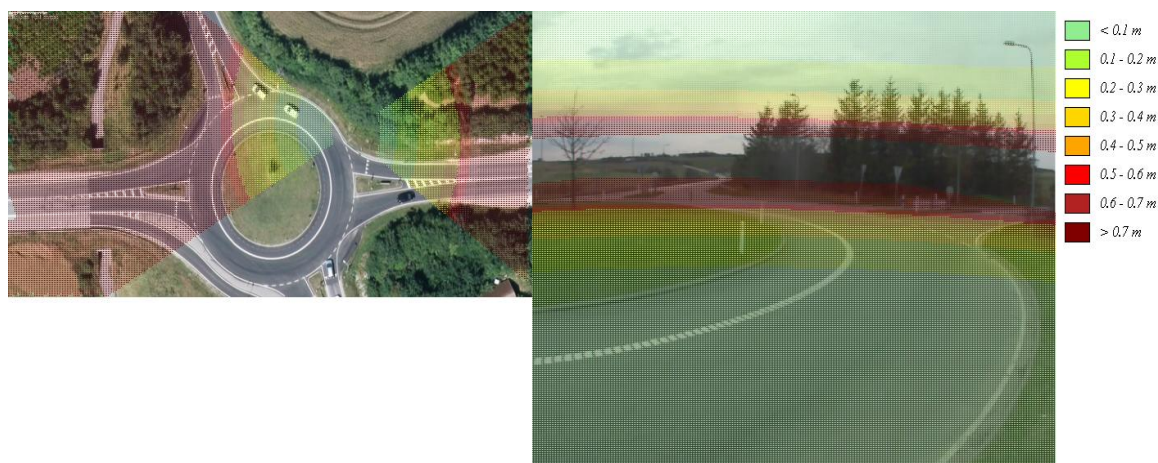
I hastighedsanalysen udvælges, der som nævnt, 100 fritkørende personbiler, og for denne projektlokalitet fordeler udvælgelseskriterierne sig som illustreret i tabel 4.6.

	Dato	Ugedag	Klokkeslæt	Antal
Projektlokalitet 2	16.06.15	Tirsdag	21.00-22.00	10
	17.06.15	Onsdag	05.00-06.00	10
	18.06.15	Torsdag	16.00-17.00	10
	18.06.15	Torsdag	20.00-21.00	10
	19.06.15	Fredag	07.00-08.00	10
	20.06.15	Lørdag	09.00-10.00	10
	20.06.15	Lørdag	15.00-16.00	10
	21.06.15	Søndag	11.00-12.00	10
	21.06.15	Søndag	14.00-15.00	10
	22.06.15	Mandag	18.00-19.00	10

Tabel 4.6: Udvalgelseskriterier for de 100 fritkørende personbiler for projektlokalitet 2.

I efterbehandlingen af projektlokalitet 2 i forhold til hastighedsanalysen opstod, der problemer i kalibreringen foretaget i T-Calibrering, hvilket gjorde, at målestoksforholdet fra kalibrering ikke gav det rigtige resultat i T-analyst. Resultaterne var over 20 m/s ved kørsel igennem rundkørslen, hvilket er over 72 km/t, og dette er urealistisk. Det blev forsøgt, at indsætte flere billeder, kaldet Camera 2, 3 og så videre, i T-Calibration for, at gøre kalibreringen mere præcis. Der blev i alt indsat otte ekstra billeder, hvilket umiddelbart gav en mindre forbedring, men hastighederne i T-analyst var stadig på over 15 m/s i området mellem detektorerne.

Ved en kalibrering i T-Calibration beregner programmet ligeledes usikkerheden ved kalibreringen, illustreret i figur 4.21. Figuren er vedlagt i Bilag A, side 91. I figuren kan det ses, at der ved vejgrene mod Hanstholm er en forholdsvis høj usikkerhed, hvilket kan være en af grundene til, at hastighederne er så høje. Derudover er der opstået en fejl, hvilket kan ses på venstre del af figuren ved, at der er to farveskalaer i hver sin retning på ortofotoet, hvor der for de øvrige projektlokaliteter kun er i én retning.



Figur 4.21: Usikkerhed i T-Calibration på projektlokalitet 2. (Trafvid, 2014)

Det er derfor valgt for projektlokalitet 2, at anvende gennemsnitshastigheden fra bilen er synlig i kameravinklen til bilen når den første farveændring på figur 4.21. Dette er dog ikke helt den samme strækning, som detektorerne detektere over, og det er derfor valgt for at kunne afgøre, om den førnævnte gennemsnitshastighed kan anvendes som erstatning for den egentlige gennemsnitshastighed, at foretage en manuel opmåling af tiden mellem detektorerne. Ud fra den opmålte tid kan der beregnes en hastighed over den givne strækning. Den manuelt beregnede hastighed sammenlignes med den gennemsnitlige hastighed fra T-analyst, illustreret i tabel 4.7. Det er valgt ikke, at anvende timestamp fra RUBA, fordi disse vil mangle korrigeringen, der foretages mellem resultaterne fra RUBA og T-analyst. I tabellen er forskellen mellem hastighederne maksimalt omkring 1 m/s, og det er derfor valgt, at anvende gennemsnitshastighederne fra T-analyst.

Personbil	Beregnet hastighed [m/s]	T-analyst [m/s]	Forskel [m/s]
1	9,30	9,29	0,01
2	10,53	10,72	-0,19
3	13,30	12,33	0,97
4	11,10	10,14	0,96
5	10,53	10,97	-0,44
6	10,00	8,89	1,11
7	8,70	8,66	0,04
8	11,10	10,12	0,98
9	9,50	9,16	0,34
10	10,00	9,64	0,36

Tabel 4.7: Sammenligning af hastigheder fra manuelle beregninger og T-analyst.

4.4.2. Projektlokalitet 3

I efterbehandlingen for projektlokalitet 3 har det første trin været at frasortere de timer af optagelserne, der ikke kan anvendes, enten fordi solens skær rammer direkte ind i kameraet, der er regndråber på kameraet, der blæser så voldsomt, at kameraet ryster for meget, eller lyset fra

lygtepælene laver et genskær i vejen. Eksempler på ovenstående er illustreret i figur 4.22., 4.23. og 4.24.



Figur 4.23: Skær fra solen.



Figur 4.22: Regndråber på kameraet.



Figur 4.24: Lyset fra lygtepælene.

De frasorterede timer er illustreret i tabel 4.8.

Dato	Tidsperiode
16.04.16	21.00-22.00
17.04.16	05.00-06.00 19.00-22.00
18.04.16	15.00-17.00 19.00-21.00
19.04.16	05.00-06.00 18.00-21.00
20.04.16	18.00-21.00
21.04.16	18.00-21.00
22.04.16	18.00-21.00
23.04.16	18.00-21.00
24.04.16	18.00-19.00 20.00-21.00

Tabel 4.8: De frasorterede timer for projektlokalitet 3.

I optagelserne er det ligeledes observeret, at der på nogle tidspunkter er skygger fra en lygtepæl, der giver problemer i forhold til detektoren, hvilket får den betydning, at der i perioder ikke

Kapitel 4 - Behandling af data

detekteres køretøjer. Denne problematik er beskrevet tidligere, og vil derfor ikke blive beskrevet igen.

I hastighedsanalysen udvælges, der som nævnt, 100 fritkørende personbiler, og for denne projektlokalitet fordeler udvælgelseskriterierne sig som illustreret i tabel 4.9.

	Dato	Ugedag	Klokkeslæt	Antal
Projektlokalitet 3	16.06.15	Tirsdag	21.00-22.00	10
	17.06.15	Onsdag	05.00-06.00	10
	18.06.15	Torsdag	16.00-17.00	10
	18.06.15	Torsdag	20.00-21.00	10
	19.06.15	Fredag	07.00-08.00	10
	20.06.15	Lørdag	09.00-10.00	10
	20.06.15	Lørdag	15.00-16.00	10
	21.06.15	Søndag	11.00-12.00	10
	21.06.15	Søndag	14.00-15.00	10
	22.06.15	Mandag	18.00-19.00	10

Tabel 4.9: Udvalgelseskriterier for de 100 fritkørende personbiler for projektlokalitet 3.

Kapitel 5 Resultater og diskussion

I dette kapitel præsenteres resultaterne for optælling af personbiler og hastighedsanalysen for hver af de tre projektlokaliteter, hvorefter resultaterne for projektlokaliteterne diskuteres. Efterfølgende er der foretaget en sammenligning af resultaterne for hastighedsanalysen ved hjælp af statistiske analyser for at afgøre om, der er forskel i hastigheden mellem rundkørsler med og uden overkørbart overkørselsareal. Der er foretaget sammenligning mellem før- og efteroptagelserne, med- og udenoptagelserne, før- og udenoptagelserne, efter- og medoptagelserne og afslutningsvist før- plus udenoptagelserne og efter- plus medoptagelserne.

5.1. Resultater for optælling af personbiler

I dette afsnit er resultaterne for optællingen af personbiler for hver af projektlokaliteterne præsenteret. Efter præsentation er resultater for projektlokaliteterne diskuteret.

For hver projektlokalitet er der først foretaget en analyse i RUBA og derefter en manuel gennemgang af frames. I tabel 5.1. er resultaterne for optællingen af personbiler illustreret. Kolonnen kaldet "Køretøjer i alt" er det samlede antal frames, detektoren på hver af projektlokaliteterne har detekteret. Næste kolonne kaldet "Personbiler" er det samlede antal personbiler detekteret over den givne tidsperiode. Sidste kolonne kaldet "Øvrige" er de frasorterede frames fra den manuelle gennemgang, og dækker over busser, lastbiler, varevogne, cyklister, knallerter, motorcykler samt fejldetekteringer f.eks. på grund af skygger.

Projektlokalitet	Køretøjer i alt [kt]	Personbiler [pb]	Øvrige [kt]
Projektlokalitet 1, Før	44.543	36.736	7.807
Projektlokalitet 1, Efter	53.839	41.798	12.041
Projektlokalitet 2	16.386	13.632	2.754
Projektlokalitet 3	28.510	24.308	4.202

Tabel 5.1: Resultater af optælling af personbiler.

Resultaterne i tabel 5.1. kan ikke direkte sammenlignes, da antallet af timer, der er optalt i, er forskellige, og det er derfor valgt, at beregne et gennemsnit af antal personbiler pr. time illustreret i tabel 5.2.

Projektlokalitet	Personbiler [pb]	Antal timer [t]	Personbiler pr. time [pb/t]
Projektlokalitet 1, Før	36.736	119	309
Projektlokalitet 1, Efter	41.798	136	307
Projektlokalitet 2	13.632	40	341
Projektlokalitet 3	24.308	126	193

Tabel 5.2: Gennemsnit af antal personbiler pr. time.

Resultaterne af optællingen for projektlokaliteterne indikerer, at forskellen mellem projektlokaliteternes gennemsnitlige antal personbiler pr. time varierer med 146 personbiler fra projektlokalitet 2 til 3. Forskellen mellem det gennemsnitlige antal personbiler for projektlokalitet 1 ved før- og efteroptagelserne er på 2 personbiler. Forskellen mellem det gennemsnitlige antal personbi-

ler for projektlokalitet 1 ved både før- og efteroptagelserne kontra projektlokalitet 2 er på 32 til 34 personbiler, hvilket også kan siges, at være en mindre forskel. Dog er det gennemsnitlige antal personbiler pr. time for projektlokalitet 3 langt fra de øvrige to projektlokaliteter, hvilket også kan ses ud fra antallet af detekteringer, hvor projektlokalitet 1 ligger på mellem 44.000 til 54.000 køretøjer, og projektlokalitet 3 ligger på 28.500 kørekøjer, jævnfør tabel 5.2. Dette kan indikere, at trafikmængden er betydelig mindre på projektlokalitet 3 end de øvrige, dog kan det også indikere, at detekteringen af køretøjer har været utrolig mangelfuld, f.eks. fordi frasorteringen af timer ikke har været god nok, da der stadig har været timer, hvor solens skær rammer direkte ind i kameraet, der er regndråber på kameraet og skygger giver problemer for detektoren. Det er vurderet, at det er en kombination af både mangelfuld detektering og lavere trafikmængde, da årssdøgntrafikken, fundet i kapitel 3, var lavere for projektlokalitet 3 end de øvrige. Dog vurderes det, at de tre projektlokaliteter kan anvendes til sammenligning af hastigheden på trods af forskellen i antallet af personbiler.

5.2. Resultater for hastighedsanalysen

I dette afsnit er resultaterne for hastighedsanalysen for hver af projektlokaliteterne præsenteret. Efter præsentation er resultater for projektlokaliteterne diskuteret.

5.2.1. Projektlokalitet 1 ved føroptagelserne

Resultatet af hastighedsanalysen på projektlokalitet 1 ved føroptagelserne for de 100 fritkørende personbiler er illustreret i tabel 5.3.

Dato	Ugedag	Klokkeslæt	Gennemsnitlig hastighed
23.06.14	Mandag	18.00-19.00	25,79 km/t
24.06.14	Tirsdag	21.00-22.00	27,25 km/t
25.06.14	Onsdag	05.00-06.00	28,58 km/t
26.06.14	Torsdag	16.00-17.00	31,27 km/t
26.06.14	Torsdag	20.00-21.00	29,51 km/t
27.06.14	Fredag	07.00-08.00	28,92 km/t
28.06.14	Lørdag	09.00-10.00	28,97 km/t
28.06.14	Lørdag	15.00-16.00	26,51 km/t
29.06.14	Søndag	11.00-12.00	26,65 km/t
29.06.14	Søndag	14.00-15.00	25,72 km/t
Samlet gennemsnitlige hastighed			27,92 km/t

Tabel 5.3: Gennemsnitlige hastigheder på projektlokalitet 1 ved føroptagelserne.

Resultaterne af hastighedsanalysen for projektlokalitet 1 ved føroptagelserne viser, at hastigheden i rundkørslen for stikprøven varierer mellem 25 km/t til 31 km/t med et gennemsnit på næsten 28 km/t.

5.2.2. Projektlokalitet 1 ved efteroptagelserne

Resultatet af hastighedsanalysen på projektlokalitet 1 ved efteroptagelserne for de 100 fritkørende personbiler er illustreret i tabel 5.4.

Kapitel 5 - Resultater og diskussion

Dato	Ugedag	Klokkeslæt	Gennemsnitlig hastighed
16.06.15	Tirsdag	21.00-22.00	37,66 km/t
17.06.14	Onsdag	05.00-06.00	39,65 km/t
18.06.15	Torsdag	16.00-17.00	33,84 km/t
18.06.15	Torsdag	20.00-21.00	37,31 km/t
19.06.15	Fredag	07.00-08.00	33,05 km/t
20.06.15	Lørdag	09.00-10.00	35,91 km/t
20.06.15	Lørdag	15.00-16.00	35,21 km/t
21.06.14	Søndag	11.00-12.00	34,73 km/t
21.06.14	Søndag	14.00-15.00	38,22 km/t
22.06.14	Mandag	18.00-19.00	40,88 km/t
Samlet gennemsnitlige hastighed			36,65 km/t

Tabel 5.4: Gennemsnitlige hastigheder på projektlokalitet 1 ved efteroptagelserne.

Resultaterne af hastighedsanalysen for projektlokalitet 1 ved efteroptagelserne viser, at hastigheden i rundkørslen for stikprøven varierer mellem 33 km/t til 40 km/t med et gennemsnit på næsten 37 km/t. I optagelserne er det tydeligt, at mange køretøjer, både personbiler, varevogne, lastbiler m.m., anvender det overkørbare overkørselsareal, og frygten ved dette er, som sagt, at det overkørbare overkørselsareal giver anledning til øgede hastighed i forhold til enten at have et ikke overkørbart overkørselsareal eller intet overkørselsareal, som ved føroptagelserne. Forskellen i gennemsnitshastigheden mellem før- og efteroptagelserne er på næsten 9 km/t, hvilket klart indikere, at et overkørbart overkørselsareal er med til at øge hastigheden, dog skal dette først verificeret ved hjælp af t-tests og ikke-parametriske tests i næste afsnit.

5.2.3. Projektlokalitet 2

Resultatet af hastighedsanalysen på projektlokalitet 2 for de 100 fritkørende personbiler er illustreret i tabel 5.5.

Dato	Ugedag	Klokkeslæt	Gennemsnitlig hastighed
11.04.16	Mandag	18.00-19.00	28,65 km/t
12.04.16	Tirsdag	06.00-07.00	31,28 km/t
12.04.16	Tirsdag	14.00-15.00	32,60 km/t
12.04.16	Tirsdag	20.00-21.00	36,42 km/t
13.04.16	Onsdag	11.00-12.00	34,84 km/t
13.04.16	Onsdag	15.00-16.00	31,50 km/t
13.04.16	Onsdag	16.00-17.00	36,74 km/t
13.04.16	Onsdag	20.00-21.00	30,59 km/t
14.04.16	Torsdag	09.00-10.00	30,17 km/t
14.04.16	Torsdag	07.00-08.00	34,90 km/t
Samlet gennemsnitlige hastighed			32,77 km/t

Tabel 5.5: Gennemsnitlige hastigheder på projektlokalitet 2.

Resultaterne af hastighedsanalysen for projektlokalitet 2 viser, at hastigheden i rundkørslen for stikprøven varierer mellem 28 km/t til 36 km/t med et gennemsnit på næsten 33 km/t. Sammenlignes dette resultat med resultatet fra projektlokalitet 1 ved efteroptagelserne, er forskellen mellem projektlokaliteternes gennemsnitshastighed næsten 4 km/t. Grunden til forskellen i hastigheden kendes ikke, dog kan den være tilfældig eller lægge til grund i køreadfærd, geometri, vejret og så videre.

Sammenlignes resultaterne med projektlokalitet 1 ved føroptagelserne, er forskellen i hastigheden næsten 5 km/t, hvilket kan, som ved projektlokalitet 1 ved efteroptagelserne, indikere, at et overkørbart overkørselsareal er med til at øge hastigheden. Dette vil blive forsøgt verificeret ved hjælp af t-tests i næste afsnit.

5.2.4. Projektlokalitet 3

Resultatet af hastighedsanalysen på projektlokalitet 3 for de 100 fritkørende personbiler er illustreret i tabel 5.6.

Dato	Ugedag	Klokkeslæt	Gennemsnitlig hastighed
16.04.16	Lørdag	20.00-21.00	31,39km/t
18.04.16	Mandag	18.00-19.00	33,31 km/t
19.04.16	Tirsdag	21.00-22.00	30,58 km/t
20.04.16	Onsdag	05.00-06.00	33,36 km/t
21.04.16	Torsdag	16.00-17.00	25,87 km/t
22.04.16	Fredag	07.00-08.00	34,14 km/t
23.04.16	Lørdag	09.00-10.00	33,72 km/t
23.04.16	Lørdag	15.00-16.00	35,42 km/t
24.04.16	Søndag	11.00-12.00	28,81 km/t
24.04.16	Søndag	14.00-15.00	33,32 km/t
Samlet gennemsnitlige hastighed			31,99 km/t

Tabel 5.6: Gennemsnitlige hastigheder på projektlokalitet 3.

Resultaterne af hastighedsanalysen for projektlokalitet 3 viser, at hastigheden i rundkørslen for stikprøven varierer mellem 25 km/t til 35 km/t med et gennemsnit på næsten 32 km/t. Gennemsnitshastigheden for denne projektlokalitet er, i forhold til projektlokalitet 1 ved føroptagelserne, omkring 4 km/t højere. Grunden til denne forskel kendes ikke, dog kan den være tilfældig eller lægge til grund i f.eks. geometri, da projektlokalitet 3 har et overkørselsareal, dog ikke overkørbart.

Gennemsnitshastigheden for projektlokalitet 3 er dog stadig lavere end projektlokalitet 1 ved efteroptagelserne med næsten 5 km/t og projektlokalitet 2 med næsten 1 km/t. Forskellen på 5 km/t i gennemsnitshastigheden mellem projektlokalitet 1 ved efteroptagelserne og projektlokalitet 3 antyder ligeledes, at hastigheden øges ved etablering af et overkørbart overkørselsareal, og ikke blot et overkørselsareal med kantsten. Endvidere kan det observeres, at forskellen mellem projektlokalitet 2 og projektlokalitet 3 er væsentlig mindre, hvilket måske mere antyder, at forskellen mellem ikke overkørbart og overkørbart overkørselsareal på disse to projektlokaliteter ikke har en betydning, eller at lokale faktorer har en betydning for hastigheden.

5.3. Sammenligning af projektlokaliteterne

I dette afsnit er der foretaget sammenligninger af resultaterne fra de forskellige projektlokaliteter ved hjælp af statistiske analyser, herunder uparret t-test og ikke-parametrisk test, så det er muligt, at afgøre om et overkørbart overkørselsareal har betydning for hastigheden i en rundkørsel. De sammenligninger, der er foretaget, er føroptagelserne kontra efteroptagelserne, medoptagelserne kontra udenoptagelserne, føroptagelserne kontra udenoptagelserne, efteroptagelserne kontra medoptagelserne, føroptagelserne kontra medoptagelserne, efteroptagelserne kontra udenoptagelserne og afslutningsvist f r- og udenoptagelserne kontra efter- og medoptagelserne.

5.3.1. Førøptagelserne kontra efterøptagelserne for projektlokalitet 1

Resultatet af sammenligningen af stikprøverne fra før- og efterøptagelserne for projektlokalitet 1, fundet ved hjælp af statistiske analyser, er illustreret i tabel 5.7.

Stikprøve	Førøptagelserne	Efterøptagelserne
Normalfordelt	Ikke normalfordelt	Normalfordelt
Varianshomogenitet	Forskellig varians	
Resultat af t-test	Nulhypotesen forkastes	
Resultat af Mann-Whitney test	Nulhypotesen forkastes	

Tabel 5.7: Resultatet af de statistiske analyser ved sammenligning af før- og efterøptagelserne.

Resultaterne betyder, at nulhypotesen om ens middelværdi forkastes, og det kan dermed konkluderes, at middelværdierne mellem før- og efterøptagelserne er signifikant forskellige. Derfor kan det konkluderes, at der er en forskel i gennemsnitshastigheden fra før ombygningen af projektlokalitet 1, rundkørslen nær Aars, til efter ombygningen af projektlokaliteten på omkring 9 km/t.

5.3.2. Medøptagelserne fra projektlokalitet 2 kontra udenøptagelserne fra projektlokalitet 3

Resultatet af sammenligningen af stikprøverne fra med- og udenøptagelserne for henholdsvis projektlokalitet 2 og 3, fundet ved hjælp af statistiske analyser, er illustreret i tabel 5.8.

Stikprøve	Medøptagelserne	Udenøptagelserne
Normalfordelt	Ikke normalfordelt	Normalfordelt
Varianshomogenitet	Ens varians	
Resultat af t-test	Nulhypotesen kan ikke forkastes	
Resultat af Mann-Whitney test	Nulhypotesen kan ikke forkastes	

Tabel 5.8: Resultatet af de statistiske analyser ved sammenligning af med- og udenøptagelserne.

Resultaterne betyder, at nulhypotesen om ens middelværdi ikke kan forkastes, og det kan dermed konkluderes, at middelværdierne mellem med- og udenøptagelserne ikke er signifikant forskellige. Derfor kan det konkluderes ud fra stikprøverne, at der ikke er en forskel i hastighederne mellem projektlokalitet 2, rundkørslen nær Thisted, og projektlokalitet 3, rundkørslen nær Løkken. Dog var det ikke muligt i efterbehandlingen for rundkørslen ved Thisted, at få timestamp for personbiler kørende i det overkørbare overkørselsareal i RUBA, fordi detektoren skulle placeres over afmærkningen, hvilket gav fejldetekteringer eller én samlet detektering over hele perioden. Dette kan have haft den betydning, at de hurtigst kørende personbiler måske ikke er repræsenteret i stikprøven fra Thisted. Dette er dog kun en formodning, baseret på observationer af videoøptagelserne fra projektlokaliteten.

5.3.3. Førøptagelserne fra projektlokalitet 1 kontra udenøptagelserne fra projektlokalitet 3

Resultatet af sammenligningen af stikprøverne fra før- og udenøptagelserne for henholdsvis projektlokalitet 1 og 3, fundet ved hjælp af statistiske analyser, er illustreret i tabel 5.9.

Stikprøve	Føroptagelserne	Udenoptagelserne
Normalfordelt	Ikke normalfordelt	Normalfordelt
Varianshomogenitet	Forskellig varians	
Resultat af t-test	Nulhypotesen forkastes	
Resultat af Mann-Whitney test	Nulhypotesen forkastes	

Tabel 5.9: Resultatet af de statistiske analyser ved sammenligning af før- og udenoptagelserne.

Resultaterne betyder, at nulhypotesen om ens middelværdi forkastes, og det kan dermed konkluderes, at middelværdierne mellem før- og udenoptagelserne er signifikant forskellige. Derfor kan det konkluderes ud fra stikprøverne, at der er en forskel i hastighederne mellem projektlokalitet 1, rundkørslen nær Aars, og projektlokalitet 3, rundkørslen nær Løkken. Dette kan endvidere tolkes som om, at der er en forskel mellem at have et overkørselsareal og ikke at have et på trods af, at overkørselsarealet ikke er overkørbart. Dette skal der dog udføres flere forsøg med før, at det kan verificeres, da forskellen også kan skyldes andre faktorer, såsom trafikantadfærd, befolkningssegment, geometri.

5.3.4. Efteroptagelserne fra projektlokalitet 1 kontra medoptagelserne fra projektlokalitet 2

Resultatet af sammenligningen af stikprøverne fra efter- og medoptagelserne for henholdsvis projektlokalitet 1 og 2, fundet ved hjælp af statistiske analyser, er illustreret i tabel 5.10.

Stikprøve	Efteroptagelserne	Medoptagelserne
Normalfordelt	Normalfordelt	Ikke normalfordelt
Varianshomogenitet	Forskellig varians	
Resultat af t-test	Nulhypotesen forkastes	
Resultat af Mann-Whitney test	Nulhypotesen forkastes	

Tabel 5.10: Resultatet af de statistiske analyser ved sammenligning af efter- og medoptagelserne.

Resultaterne betyder, at nulhypotesen om ens middelværdi forkastes, og det kan dermed konkluderes, at middelværdierne mellem efter- og medoptagelserne er signifikant forskellige. Derfor kan det konkluderes ud fra stikprøverne, at der er en forskel i hastighederne mellem projektlokalitet 1, rundkørslen nær Aars, og projektlokalitet 2, rundkørslen nær Thisted.

5.3.5. Føroptagelserne fra projektlokalitet 1 og medoptagelserne fra projektlokalitet 2

Resultatet af sammenligningen af stikprøverne fra før- og medoptagelserne for henholdsvis projektlokalitet 1 og 2, fundet ved hjælp af statistiske analyser, er illustreret i tabel 5.11.

Stikprøve	Føroptagelserne	Medoptagelserne
Normalfordelt	Ikke normalfordelt	Ikke normalfordelt
Varianshomogenitet	Ens varians	
Resultat af t-test	Nulhypotesen forkastes	
Resultat af Mann-Whitney test	Nulhypotesen forkastes	

Tabel 5.11: Resultatet af de statistiske analyser ved sammenligning af før- og medoptagelserne.

Resultaterne betyder, at nulhypotesen om ens middelværdi forkastes, og det kan dermed konkluderes, at middelværdierne mellem før- og medoptagelserne er signifikant forskellige. Derfor kan det konkluderes ud fra stikprøverne, at der er en forskel i hastighederne mellem projektlokalitet 1, rundkørslen nær Aars, og projektlokalitet 2, rundkørslen nær Thisted. Det kan dermed

også konkluderes ud fra stikprøverne, at et overkørbart overkørselsareal har en betydning for hastigheden i rundkørsler, hvilket også blev bekræftet i sammenligningen af stikprøven for før- og efteroptagelserne.

5.3.6. Efteroptagelserne fra projektlokalitet 1 og udenoptagelserne fra projektlokalitet 3

Resultatet af sammenligningen af stikprøverne fra efter- og udenoptagelserne for henholdsvis projektlokalitet 1 og 2, fundet ved hjælp af statistiske analyser, er illustreret i tabel 5.12.

Stikprøve	Efteroptagelserne	Udenoptagelserne
Normalfordelt	Normalfordelt	Normalfordelt
Varianshomogenitet	Forskellig varians	
Resultat af t-test	Nulhypotesen forkastes	
Resultat af Mann-Whitney test	Nulhypotesen forkastes	

Tabel 5.12: Resultatet af de statistiske analyser ved sammenligning af efter- og udenoptagelserne.

Resultaterne betyder, at nulhypotesen om ens middelværdi forkastes, og det kan dermed konkluderes, at middelværdierne mellem efter- og udenoptagelserne er signifikant forskellige. Derfor kan det konkluderes ud fra stikprøverne, at der er en forskel i hastighederne mellem projektlokalitet 1, rundkørslen nær Aars, og projektlokalitet 3, rundkørslen nær Løkken. Det kan dermed også konkluderes ud fra de to stikprøver, at et overkørbart overkørselsareal i dette tilfælde har en betydning for hastigheden i de to rundkørsler i forhold til et ikke overkørbart overkørselsareal.

5.3.7. Førøptagelserne fra projektlokalitet 1 og udenoptagelserne fra projektlokalitet 3 kontra efteroptagelserne fra projektlokalitet 1 og medoptagelserne fra projektlokalitet 2

Resultatet af sammenligningen af stikprøverne fra før- og udenoptagelserne for henholdsvis projektlokalitet 1 og 3 kontra efter- og medoptagelserne for henholdsvis projektlokalitet 1 og 2, fundet ved hjælp af statistiske analyser, er illustreret i tabel 5.13.

Stikprøve	Før- og udenoptagelserne	Efter- og medoptagelserne
Normalfordelt	Ikke normalfordelt	Ikke normalfordelt
Varianshomogenitet	Forskellig varians	
Resultat af t-test	Nulhypotesen forkastes	
Resultat af Mann-Whitney test	Nulhypotesen forkastes	

Tabel 5.13: Resultatet af de statistiske analyser ved sammenligning af før- og udenoptagelserne kontra efter- og medoptagelserne.

Resultaterne betyder, at nulhypotesen om ens middelværdi forkastes, og det kan dermed konkluderes, at middelværdierne mellem før- og udenoptagelserne kontra efter- og medoptagelserne er signifikant forskellige. Derfor kan det konkluderes ud fra stikprøverne, at der er en forskel i hastighederne mellem før- og udenoptagelserne kontra efter- og medoptagelserne. Det kan dermed også konkluderes ud fra stikprøverne, at et overkørbart overkørselsareal har en betydning for hastigheden i de fire rundkørsler i forhold til ikke at have et overkørselsareal eller at have et ikke overkørbart overkørselsareal.

Kapitel 6 Metodeovervejelser

I dette kapitel er overvejelser omkring metoden, anvendt i dette projekt, beskrevet. I kapitlet er der fokuseret på tiltag til forbedring af projektet, herunder efterbehandlingen. Forbedringstiltag til projektet kan være højden, som kameraet er sat i, og den kameravinkel, der er valgt at optage med, i forhold til problemer med detektorerne, antallet af projektlokaliteter.

På projektlokaliteterne er det et analyse-mæssigt problem, at videooptagelserne har en skrå vinkel i forhold til at optage direkte ovenfra, fordi det i hastighedsanalysen gør, at det er nødvendigt at korrigere den opmålte længde mellem detektorerne, fordi det ikke kan sikres, at det er bilens front, der entrerer detektoren først, som ønsket er, men måske i stedet bilens tag. Dette gør, at den beregnede hastighed er højere, end den reelt set er i virkeligheden. Dette er dog forsøgt undgået ved minimering af fejlmargenen ved hjælp af beregnede hastigheder i T-analyst, hvilket yderligere er beskrevet i appendiks C, side 79. Dog har der stadig været foretaget en frasertering, hvis det er vurderet, at hastigheden er urealistisk, f.eks. hvis hastigheden er 10 km/t eller 80 km/t i gennem rundkørslen. Problemet er størst på projektlokalitet 2 og 3, da kameraet er placeret lavest på disse to projektlokaliteter.

Generelt for alle projektlokaliteter har det været et problem, at skygger på bestemte tidspunkter af dagen har skabt problemer for detektoren, så der er foretaget en del fejl-detekteringer, og det formodes, at der i disse perioder ikke er detekteret alle køretøjer, da detektorens fokus er på skyggen, hvilket er afspejlet ifigur 6.1., da denne bilist ikke er detekteret på de forgående frames. Endvidere er et generelt problem for alle projektlokaliteter ved optælling af personbiler, at detektoren i RUBA ikke kan detektere køretøjer, der køre for tæt, hvilket derved betyder, at disse køretøjer vil blive detekteret som et samlet køretøj. Disse generelle problematikker kan desværre kun minimeres ved bedre kalibrering, men en kalibrering vil stadig ikke kunne fjerne fejl-detekteringer helt.



Figur 6.1: Manglende detektering af køretøj i RUBA, fordi at detektoren påvirkes af skygger.

Øvrige problematikker igennem analysen har været genskær fra lyset i lygtepælene, specielt om morgen, og solens stråler ved solnedgang. Disse to problematikker er kun gældende på projektlokalitet 2 og 3, som er optaget i april måned, hvorimod optagelserne for projektlokalitet 1 både før og efter er foretaget i juni måned. Det kan derfor diskuteres om valg af optageperiode i april måned burde være undgået, og derved i stedet være foretaget i sommerperioden f.eks. juni måned. Dette har dog ikke været muligt i forhold til projektperioden. Et andet perspektiv kunne være, at frasortering af optagelserne skulle have været større, end den har været, da dette ville have gjort, at der var færre fejldetekteringer på grund af solens skær og genskær fra lygtepælene. Dette ville dog også betyde, at der vil blive frasorteret tidsperioder uden før omtalte problemer, fordi optagelserne er inddelt i timer, f.eks. fra klokken 16.00 til klokken 17.00. Det er ikke ønsket, at frasortere yderligere, og specielt ikke på projektlokalitet 2, hvor optageperioden i forvejen er kort, så det er derfor valgt, at acceptere problemerne for efterfølgende at frasortere dem i manuelt. Endvidere ville det give en skævt billede af virkeligheden, hvis samtlige eftermiddagstimer frasorteres, da eftermiddagsmyldreperioden derved mangler. Det kunne også være valgt, at optage over en længere periode, og foretage en grovere frasortering, så der stadig var et tilstrækkeligt datagrundlag, og perioder med gener kan kunne frasorteres.

På trods af at projektets problemstillingen bliver verificeret ud fra hastighedsanalysen, kunne det stadig være en styrkelse at se på flere projektlokaliteter. Dette skyldes både yderligere bekræftelse af problemstillingen, men også fordi der ikke opnås signifikant forskel mellem med- og udenanalysen, hvilket kan være en fejl i metoden eller den reelle virkelighed, hvilket kunne verificeres ved yderligere projektlokaliteter. I med- og udenanalyser kan der også forekomme lokale faktorer, hvilket også kan være årsagen til at forskellen mellem med- og udenanalysen er lille. Problemstillingerne i forhold til en med- og udenanalyse er beskrevet yderligere i kapitel 2. Det er dog svært, at korrigere for lokale faktorer, fordi det vil kræve flere analyser eller et kendskab til lokalområderne. Det kan endvidere diskuteres om, valget af rundkørsler kunne have været bedre, så eksempelvis rundkørslerne i med- og udenanalysen var mere ens i forhold til trafikmængde og -sammensætning, m.m. Endvidere vil inddragelse af flere projektlokaliteter fra flere steder i Danmark minimere lokale og stedbetonede faktorer, såsom trafikantadfærd, befolkningssegment m.m., og inddragelse af flere projektlokaliteter vil også gøre resultaterne mere valide, da datagrundlaget øges.

Kapitel 7 **Konklusion**

Dette kandidatspeciale har undersøgt og besvaret problemstillingen præsenteret i kapitel 1, der lød som følger:

Hvordan påvirkes hastigheden for personbiler i rundkørsler ombygget til kørsel med modulvogntog?

Problemstillingen er undersøgt ved hjælp af en før- og efteranalyse, samt en med- og udenanalyse. I før- og efteranalysen anvendes en rundkørsel nær Aars, der er ombygget til kørsel med modulvogntog. Ombygningen har været etablering af et overkørbart overkørselsareal. I medanalysen anvendes en rundkørsel nær Thisted, der er ombygget til kørsel med modulvogntog, og som ligeledes har et overkørbart overkørselsareal. I udenanalysen anvendes en rundkørsel nær Løkken, som ikke skulle være ombygget, og dermed ikke have haft et overkørselsareal. Rundkørslen var dog ombygget med overkørselsareal, da kameraet skulle opstilles, hvilket ikke har været muligt at forudse, da rundkørslen er ombygget mellem foråret 2015 og frem til nu, og diverse kortforsyningsenheder har ingen kort nyere end foråret 2015. Det er dog vurderet ved observationer baseret på videooptagelserne, at personbiler ikke anvender overkørselsarealet på grund af den omkring 10 cm høje kantsten, og derfor kan rundkørslen stadig anvendes til udenanalysen set i forhold til det perspektiv.

Ud fra de beregnede hastigheder for projektlokaliteterne kan det konkluderes, at forskellen i den samlede gennemsnitshastighed mellem projektlokaliteterne varierer med maksimalt 9 km/t. Forskellen i den samlede gennemsnitlige hastighed er størst mellem før- og efteranalysen, hvor den samlede gennemsnitshastighed for før- og efteranalysen henholdsvis er 28 km/t og 37 km/t. Forskellen i den samlede gennemsnitshastighed mellem projektlokalitet 2 og 3 var på lige knap 1 km/t, hvor gennemsnitshastighederne var henholdsvis 33 km/t og 32 km/t. Sammenlignes de øvrige projektlokaliteters samlede gennemsnitlige hastighed vil forskellen, som sagt, maksimalt være 9 km/t, men før det kan konkluderes, om resultaterne er signifikant forskellige, er det nødvendigt at foretage statistiske analyser, her under t-test og ikke-parametrisk test.

De sammenligninger af hastighederne, der er foretaget ved hjælp af statistiske analyser, er projektlokalitet 1 ved før- og efteroptagelserne, projektlokalitet 2 og 3, projektlokalitet 1 ved før- og efteroptagelserne og projektlokalitet 2, projektlokalitet 1 ved før- og efteroptagelserne og projektlokalitet 3, projektlokalitet 1 ved efteroptagelserne og projektlokalitet 2, projektlokalitet 1 ved efteroptagelserne og projektlokalitet 3, og afslutningsvis er projektlokalitet 1 ved før- og efteroptagelserne og projektlokalitet 3 sammenlignet med projektlokalitet 1 ved efteroptagelserne og projektlokalitet 2. De statistiske analyser viste, at der er signifikant forskel i middelværdierne i alle sammenligninger på nær mellem projektlokalitet 2 og projektlokalitet 3. Det kan derfor konkluderes, at ved etablering af et overkørbart overkørselsareal i forhold til ingen overkørselsareal eller overkørselsareal med kantsten, stiger hastigheden for personbiler igennem rundkørslen. Dog viser den statistiske analyse, at der mellem projektlokalitet 2 og 3 ikke er en signifikant forskel i hastigheden på trods af, at projektlokalitet 2 har et overkørbart overkørselsareal. Dette kan skyldes, at det ikke har været muligt i RUBA, at placere detektoren over både cirkulationsarealet og overkørselsarealet, og det blev derfor valgt kun at placere detektoren i cirkulationsarealet. Dette kan

have betydet, at personbiler med højere hastighed kørende i overkørselsarealet ikke er detekteret, og derfor ikke er en del af hastighedsanalysen, hvilket kan medvirke til, at hastigheden vurderes lavere, end den reelt set måske er. Dette er dog kun formodninger bygget på observationer i videooptagelserne for projektlokalitet 2. En anden forklaring kunne være i forhold til selve analysemetoden, altså med- og udenanalyse, da der er nogle ulemper ved denne analysemetode, der er svære at eliminere, så de ikke får betydning for resultatet, såsom trafikantadfærd, befolkningssegment m.m.

Udover analyse af hastigheden på de tre projektlokaliteter er der foretaget en optælling af køretøjer. Formålet med optællingen er at klarlægge antallet af personbiler, så det er muligt at afgøre om, projektlokaliteterne er sammenlignelige i forhold til antal personbiler pr. time. Dette er valgt at gøre, fordi det ikke har været muligt at få en troværdig årsdøgntrafik, da årsdøgntrafikken i Vejman, (Vejdirektoratet, 2015b) , er lav sammenlignet med Vejdirektoratets årsrapport, (Vejdirektoratet, 2010), over trafikken på det rutenummereret vejnet. Resultatet af optællingen, foretaget i RUBA, var, at projektlokalitet 1 ved før- og efteroptagelserne og projektlokalitet 2 havde mellem 307 til 341 personbiler pr. time, og projektlokalitet 3 havde 193 personbiler pr. time. Det blev konkluderet, at projektlokalitet 3 havde en væsentlig mindre andel af personbiler pr. time, dog kan dette skyldes, at en del skygger m.m. har givet detektoren problemer i flere perioder, hvor der dermed ikke er blevet optalt samtlige køretøjer, og at projektlokalitet 3 har en lavere årsdøgntrafik end de øvrige to projektlokaliteter. Det konkluderes dog, at projektlokaliteterne stadig kan anvendes til sammenligning af hastigheder på trods af forskellen i antallet af personbiler.

Den anvendte metode i projektet, herunder f.eks. videoanalyse, har både fordele og ulemper, men for kort at opridse nogle af de problematikker, der har været igennem projektet, kan der nævnes kameravinklen og højden på kameraet. I projektet har det været nødvendigt, at foretage en korrigerende af længden mellem detektorerne i efterbehandlingen i Excel, da højden kameraet sidder i, får betydning for den vinkel, der optages med, som får betydning i efterbehandlingen i RUBA. Ønsket er, at detektere fronten af køretøjerne, når de entrerer detektoren, dog er dette ikke tilfældet ved alle køretøjer, da det kan risikeres, at det f.eks. er taget af bilen, der detekteres i stedet for på grund af, at der optages fra en skrå vinkel. Jo lavere kameraet er sat, jo større er problemet, og problemet er størst ved projektlokalitet 2 og 3. Endvidere var der en problematik vedrørende kameravinklen, da der ofte i morgen-, eftermiddag- og aftenstimer for projektlokalitet 2 og 3 opleves problemer med solen, lyset fra lygtepælene og m.m., hvilket umiddelbart kun kan løses ved frasortering i optagelserne eller optage i en sommermåned, som ved projektlokalitet 1, hvor der udelukkende kun observeres gener på grund af skygger fra det omkringliggende bevoksning og de omkringliggende lygtepæle.

Kapitel 8 Perspektivering

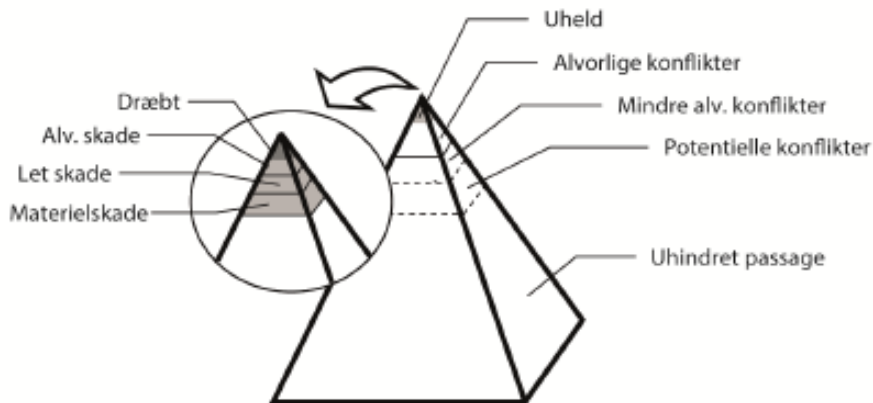
I dette afsnit er en anden vinkel og metode til hvordan videooptagelserne kunne have været anvendt og analyseret end den valgte i dette projekt, dog stadig med en trafiksikkerhedsmæssig vinkel. I stedet for at analysere på hastigheden i RUBA og T-analyst, kunne der være fokuseret på antallet af uheld eller konfliktsituationer på de tre projektlokaliteter.

Ombygningerne af rundkørslerne kan, som nævnt, medføre øget hastigheder for bilister, hvilket både øger uhedsrisikoen og uheldets alvorlighedsgrad, jævnfør Nilsson (2000), fordi køretøjets bremselængde er længere, den kinetiske energi stiger eksponentielt med hastigheden, bilisters reaktionstid forbliver uændret, m.m. Sammenhængen mellem hastigheden og risikoen for uheld er beskrevet i Nilssons potensmodel, illustreret i figur 1.3. på side 5, og modellen bygger på, at antallet af personskadeuheld falder eller stiger eksponentielt med hastigheden. Derfor kunne et andet aspekt være, at undersøge om antallet af uheld eller konfliktsituationer ændrer sig i forhold til om, der er et overkørbart overkørselsareal.

Forekomsten af uheld i et vejsystem anvendes normalt som beskrivende faktor for trafiksikkerheden. Dette har dog en række ulemper, som eksempelvis at uhedsforekomsten er sjælden, hvilket gør det nødvendigt, at anvende data over en længere årrække før de generelle tendenser i uheldene kan findes, samt at mørketallet er stigende, hvor specielt mindre alvorlige uheld og uheld med fodgængere og cyklister sjældent registreres. Endvidere beskriver uhedsstatistikkerne udelukkende sammenstødet og ikke de adfærds- og situationsmæssige aspekter, der sker inden uheldets indtræden. Der er derfor udviklet andre mål for trafiksikkerheden, såsom konfliktteknik, hvor antallet af konflikter anvendes som et surrogat for uheld. (Madsen et al., 2014)

For projektlokaliteterne i dette projekt er der sket forholdsvis få uheld inden for de seneste år, og efterperioden for projektlokalitet 1 er under to år, hvilket ligeledes gør det svære at foretage en reel sammenligning. Derfor er anvendelse af uheld, som beskrivende faktor for trafiksikkerheden næppe løsningen i dette projekt, derfor kunne det være mere relevant at anvende konfliktteknikmetoden.

Konfliktteknikmetoden bygger på antagelsen om, at antallet af uheld og antallet af konflikter er sammenhængende. Grundtanken bag konfliktteknikmetoden er, at et hvert møde mellem trafikanter medfører en sandsynlighed for kollision. De forskellige situationer i trafikken kan herefter inddeles efter deres sandsynlighed for kollision. Opstilles uheld og konfliktsituationer på baggrund af frekvens og alvorlighedsgrad, vil de ifølge Hydén danne en pyramide, illustreret i figur 8.1. Den største og nederste del af pyramiden illustrerer de uhindrede passager mellem forskellige trafikanttyper, hvorefter alvorlighedsgraden er stigende op igennem pyramiden. I toppen er først konflikter og efterfølgende uheld at finde. Pyramiden indikerer dermed, at der opstår flere konflikter, end der sker uheld på en given lokalitet, hvilket betyder, at anvendelse af konflikter frem for uheld gør, at sikkerhedsniveauet på en given lokalitet, under disse præmisser, bedømmes med rimelig statistisk sikkerhed. (Madsen et al., 2014)



Figur 2.8: Hydéns pyramide.

Figur 8.1: Hydéns pyramide. (Madsen et al., 2014)

På projektlokaliteterne kunne der været foretaget en manuel gennemgang eller en gennemgang i RUBA af optagelserne, så eventuelle konfliktsituationer i før- og efteroptagelserne, samt med- og udenoptagelserne, blev fundet. Disse kunne derefter indeles efter uheldssituation, hvilket kunne gøres for, at analysere på om ombygningerne af vejnettet til kørsel med modulvogntog har haft indflydelse på antallet af konflikter, og hvordan uheldssituationerne ville fordele sig på projektlokaliteterne, alt efter om projektlokaliteten har overkørbart overkørselsareal.

Sammenkobles dette perspektiv med projektets omdrejningspunkt, nemlig hastighedsparameteren, antages det ud fra Nilsson potensmodel, jævnfør Nilsson (2000), og Hydén's pyramide, jævnfør Madsen et al. (2014), at en øget hastighed er lig med flere uheld, hvilket også må betyde, at en øget hastighed er lig med flere konflikter. Så det kan dermed i denne sammenhæng antages, at hvis hastigheden øges, vil antallet af konflikter ligeledes stige, og derfor vil analyse af konflikter, være en anden måde, hvorpå projektet kunne være drejet.

Litteratur

Bahnsen et al., 2014. Chris Bahnsen, Tanja K. O. Madsen, Anders Jørgensen, Harry Lahrman, og Thomas B. Moeslund. *Road User Behaviour Analysis, RUBA*. Software, 2014.

BedreBilist (2016). Bedrebilist.dk, *Risiko ved fart i trafikken*. 2016.
<http://www.bedrebilist.dk/risiko-ved-fart-og-trafik/>. Besøgt d. 13 marts 2016.

Bendsen, T. (2016). Thomas Bendsen. *Noter i statistik. Bioanalytikeruddannelsen VIA University College*. 2016. <http://statnoter.dk/index.php?sectionID=8>. Besøgt d. 23. maj 2016.

Corelogic & Ana (2016). F. A.Corelogic & S. Ana. *A Quick Start Guide for MRIS Users. Manual til t-analyst*. 2016.

Google Maps (2014). Google. *Google Earth og Street View*. 2014. <https://www.google.dk/maps/>. Sidst besøgt d. 25 maj 2016.

Greibe, P. (2005). Poul Greibe. *Hastighedens betydning for trafiksikkerheden – danske og udenlandske studier*. Dansk Vejtidskrift, September 2005, page 46–49. Downloadet d. 16. marts 2016.

Hauer, E. (1997). Ezra Hauer. *Observational before-after studies in road safety. Estimating the effects of highway and traffic engineering measures on road safety*. ISBN: 0-08-043-053-8. University of Toronto. 1997.

Jørgensen, A. (2014). Anders Jørgensen. *Extract Frames. Visual Analysis of People Laboratory*, Aalborg Universitet, 2014.

Kortforsyningen (2015). Kortforsyningen. *Kortmateriale fra kortforsyningen*. 2015.
<http://www.kortforsyningen.dk/> Sidst besøgt d. 25. april 2016.

Ludvigsen (2008). Henrik S. Ludvigsen. *Forsøg med anvendelse af af modulvogntog*. Dansk Vejtidskrift, August 2008, page 46–47. Downloadet d. 8. februar 2016.

Madsen (2016). Tanja K. O. Madsen. *Brugervejledning - Traffic Detector - v1*. Aalborg Universitet. 2016.

Madsen & Lahrman (2014). Tanja K. O. Madsen & Harry Spaabæk Lahrman. *Krydsløsninger for cyklister*. 2014.
http://vbn.aau.dk/files/205483989/Krydsl_sninger_for_cyklister_Anvendelse_af_konfliktteknik_til_vurdering_af_forskellige_l_sningers_sikkerhed.pdf. Downloadet d. 23. maj 2016.

Microsoft Office Home (2016). Microsoft Office Home. *Analysis ToolPak*. Software. 2016.
<https://www.office.com/>

Nilsson, G. (2000). Göran Nilsson. *Hastighetsförändringar och trafiksäkerhetseffekter. Potensmodellen. Vägverket*. <http://www.vti.se/EPIBrowser/Publikationer/N76-2000.pdf>. 2000. Downloadet d. 13. april 2016.

Olesen (2015). Anne Vingaard Olesen. *Statistik undervisning på 8. semester af Vej og trafikuddannelsen*, Aalborg Universitet, 2015.

QGIS Development Team (2016). QGIS Development Team. *QGIS.DK*. Software. 2016.
<http://qgis.dk/>

- R Development Core Team (2016).** R Development Core Team. *R: The R Project for Statistical Computing*. Software. 2016. <https://www.r-project.org/>
- Trafikministeriet (2004).** Trafikministeriet. *Modulvogntog. Intern udredning. Marts 2004*. ISBN: 87-91013-53-4. 2004. Downloadet d. 23. februar 2016.
- Trafvid (2014).** Trafvid. *T-Calibration*. Software. Lunds Universitet. Lund, Sverige. 2014.
- Trafvid (2015).** Trafvid. *T-Analyst*. Software. Lunds Universitet. Lund, Sverige. 2015.
- TV2 Nord (2016).** TV2 Nord. *Kunst i rundkørsler brander byer*. 2016. <http://www.tv2nord.dk/artikel/kunst-i-rundkoersler-brander-byer>. Besøgt d. 10 marts 2016.
- Vejdirektoratet (2010).** Vejdirektoratet. *Trafik på det rutenummereret vejnet*. 2010. Downloadet d. 27. april 2016.
- Vejdirektoratet (2011a).** Vejdirektoratet, Grontmij og Tetraplan. *Evaluering af forsøg med modulvogntog - danske erfaringer*. December 2011. <http://www.vejdirektoratet.dk/DA/trafik/erhverv/modulvogntog/Documents/evaluering%20forsog%20modulvogntog%20danske%20erfaringer%20dec%202011.pdf>. Downloadet d. 8. februar 2016.
- Vejdirektoratet (2011b).** Vejdirektoratet, Grontmij og Tetraplan. *Evaluering af forsøg med modulvogntog - Teknisk rapport*. December 2011. [http://www.vejdirektoratet.dk/DA/trafik/erhverv/modulvogntog/Documents/20120105Slu trapport_Endelig%20Final%20til%20VD.pdf](http://www.vejdirektoratet.dk/DA/trafik/erhverv/modulvogntog/Documents/20120105Slu%20trapport_Endelig%20Final%20til%20VD.pdf). Downloadet d. 8. februar 2016.
- Vejdirektoratet (2012).** Vejdirektoratet. *Uheldssituation*. 2012. <http://vej08.vd.dk/vis/help/B279.htm>. Besøgt d. 17. marts 2016.
- Vejdirektoratet (2013).** Vejdirektoratet. *Fakta om modulvogntog*. december 2013. <http://www.vejdirektoratet.dk/DA/trafik/erhverv/modulvogntog/vejnetmodulvogntog/Documents/Fakta%20om%20modulvogntog%20-%20rapport.pdf>. Downloadet d. 23. februar 2016.
- Vejdirektoratet (2015a).** Vejdirektoratet. *Modulvogntog*. 2012 . <http://www.vejdirektoratet.dk/da/trafik/erhverv/modulvogntog/sider/default.aspx>. Besøgt d. 23. februar 2016.
- Vejdirektoratet (2015b).** Vejdirektoratet. *Vejman*. Database. 2015. <http://vejman.vd.dk/query/>. Sidst besøgt d. 25. maj 2016.
- Vejdirektoratet (2016).** Vejdirektoratet. *Vejnet til modulvogntog*. 2016. <http://www.vejdirektoratet.dk/DA/trafik/erhverv/modulvogntog/vejnetmodulvogntog/Sider/default.aspx>. Besøgt d. 23. februar 2016.
- Vejen Kommune (2015).** Vejen Kommune. *Notat – udbredelsen af modulvogntogsnettet*. 2015. http://vejen.dk/edagsorden/committee_77947/agenda_180497/documents/a234bf3f-b9fa-4ba3-8496-8f455821c057.pdf. Downloadet d. 23. februar 2016.

Appendiks A - Optælling af køretøjer

I dette appendiks er skærmbilleder af detektorer for projektlokalitet 1 ved efteroptagelserne, projektlokalitet 2 og projektlokalitet 3 ved optælling af køretøjer i RUBA illustreret i henholdsvis figur A.A.1., A.A.2. og A.A.3.



Figur A.A.1: Opstilling af detektorer til optælling af køretøjer i RUBA for projektlokalitet 1 ved efteroptagelserne.



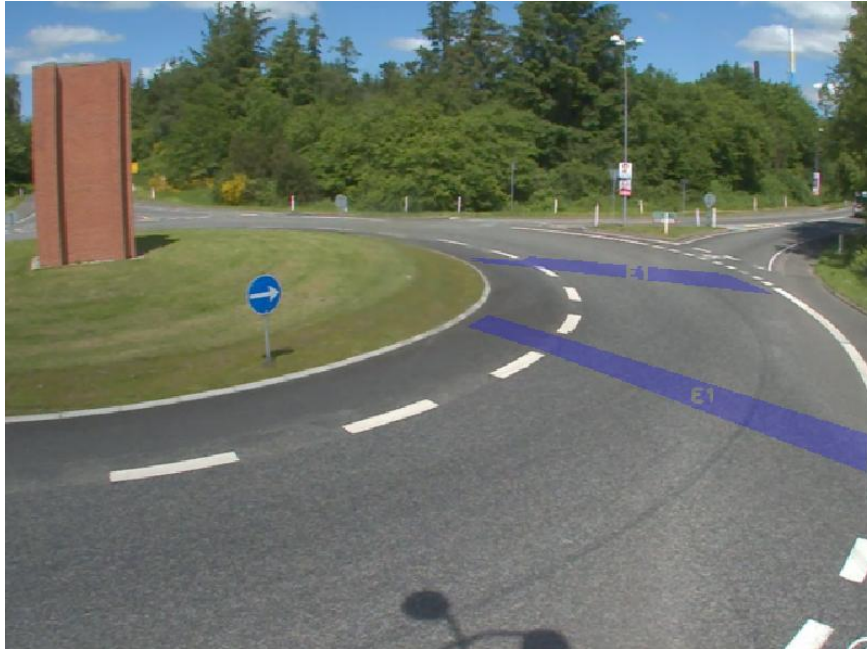
Figur A.A.2: Opstilling af detektorer til optælling af køretøjer i RUBA for projektlokalitet 2.



Figur A.A.3: Opstilling af detektorer til optælling af køretøjer i RUBA for projektlokalitet 3.

Appendiks B - Hastighedsanalyse

I dette appendiks er skærmbilleder af detektorer for projektlokalitet 1 ved efteroptagelserne, projektlokalitet 2 og projektlokalitet 3 ved analyse af hastigheden i RUBA illustreret i henholdsvis figur A.B.1., A.B.2. og A.B.3.



Figur A.B.1: Opstilling af detektorer til hastighedsanalyse i RUBA for projektlokalitet 1 ved efteroptagelserne.



Figur A.B.2: Opstilling af detektorer til hastighedsanalyse i RUBA for projektlokalitet 2.



Figur A.B.3: Opstilling af detektorer til hastighedsanalyse i RUBA for projektlokalitet 3.

Appendiks C - Korrigering af længden mellem detektorer i hastighedsanalysen

I dette appendiks er metoden til korrigering af længden mellem detektoren i hastighedsanalysen beskrevet. Det er nødvendigt, at foretage en korrigering af længden på grund af kameravinklen, hvilket er beskrevet yderligere i kapitel 6.

Korrigeringen af længden er foretaget ved udpegning af 10 fritkørende personbiler i tidsrummet 16.00 til 17.00 på torsdage, dog med undtagelse af projektlokalitet 2, hvor der i stedet for torsdag kokken. 16.00 til klokken 17.00 anvendes onsdag klokken 16.00 til klokken 17.00. Dette er gjort, fordi at der på projektlokalitet 2 kun er optaget fra mandag middag til torsdag middag. Disse 10 fritkørende personbilers hastighed beregnes både ved hjælp af T-analyst og ved hjælp af timestamp fra RUBA. Hastighederne fra de to programmer sammenlignes, hvorefter korrigeringen foretages. Hastighederne fra T-analyst antages, at være den mest pålidelige, og det er derfor valgt, at lave korrigeringen af længden på baggrund af denne. Korrigeringen foretages ved, at antage hastigheden fra T-analyst er den pålidelig, og timestampene fra RUBA er pålidelig, dog er længden den ukendte faktor. Længden beregnes ved hjælp af formel A.C.1., hvor længden isoleres.

$$\text{Hastigheden} \left[\frac{\text{km}}{\text{t}} \right] = \frac{\text{Længden af strækningen [km]}}{\text{Tiden det tog at passere strækningen[t]}}$$

Formel A.C.1: Beregning af hastigheden.

I figur A.C.1. er timestampene fra RUBA for de to detektorer illustreret. Det er valgt, at anvende tidspunktet, når personbilen entrere detektorerne, til beregning af tiden. I figur A.C.1. er dette tidspunkt benævnt Entering.

Date	Detektor 1		Detektor 2	
	Entering	Leaving	Entering	Leaving
26-06-2014	16:00:03.280	16:00:04.080	16:00:04.320	16:00:05.400
26-06-2014	16:00:23.120	16:00:23.400	16:00:23.600	16:00:24.480
26-06-2014	16:00:54.240	16:00:55.200	16:00:55.360	16:00:57.080
26-06-2014	16:01:19.960	16:01:20.640	16:01:20.920	16:01:22.120
26-06-2014	16:01:39.720	16:01:40.480	16:01:40.680	16:01:41.760
26-06-2014	16:01:49.920	16:01:50.600	16:01:50.800	16:01:52.000
26-06-2014	16:02:17.600	16:02:18.800	16:02:19.000	16:02:20.600
26-06-2014	16:03:25.400	16:03:26.080	16:03:26.320	16:03:27.160
26-06-2014	16:03:54.000	16:03:54.720	16:03:55.040	16:03:56.440
26-06-2014	16:04:57.720	16:04:58.440	16:04:58.680	16:04:59.760

Figur A.C.1: Timestamp for de to detektorer på projektlokalitet 1 ved føroptagelserne..

Ved hjælp af timestampene for entering fra figur A.C.1. kan tiden mellem de to detektorer, som sagt, beregnes, og ved hjælp af den opmålte afstand i QGIS på 11 meter, kan hastigheden beregnes, illustreret i figur A.C.2. Herefter kan den korrigerede afstand beregnes.

Tid [s]	Afstand [m]	Hastighed [m/s]	Hastighed [km/t]	T-analyst [m/s]	T-analyst [km/t]	Forskel [km/t]	%	Korrigeret afstand [m]
1,04	11,00	10,58	38,08	8,10	29,17	8,91	-30,53	8,43
0,48	11,00	22,92	82,50	9,06	32,63	49,87	-152,83	4,35
1,12	11,00	9,82	35,36	7,17	25,81	9,55	-36,99	8,03
0,96	11,00	11,46	41,25	7,51	27,04	14,21	-52,55	7,21
0,96	11,00	11,46	41,25	8,53	30,72	10,53	-34,28	8,19
0,88	11,00	12,50	45,00	10,11	36,41	8,59	-23,59	8,90
1,4	11,00	7,86	28,29	5,91	21,26	7,03	-33,05	8,27
0,92	11,00	11,96	43,04	10,09	36,31	6,73	-18,54	9,28
1,04	11,00	10,58	38,08	7,62	27,44	10,64	-38,76	7,93
0,96	11,00	11,46	41,25	9,01	32,44	8,81	-27,16	8,65
							Gennemsnit	7,92

Figur A.C.2: Korrigeringen af længden foretaget i Excel.

Efter den korrigerede afstand er beregnet indsættes denne i feltet kaldet afstand, og derved beregnes der en ny hastighed for de ti fritkørende personbiler, illustreret i figur A.C.3. Den korrigerede afstand vil betyde, at forskellen mellem hastigheden fra RUBA og hastigheden fra T-analyst er betydelig mindre, hvilket antages, at være pålideligt. Endvidere vil korrigeringsligningen gøre de resterende 90 fritkørende personbilers hastighed mere pålidelig, da der, som sagt, tages højde for kameravinklens betydning for beregningen af hastigheden.

Tid [s]	Afstand [m]	Hastighed [m/s]	Hastighed [km/t]	T-analyst [m/s]	T-analyst [km/t]	Forskel [km/t]	%	Korrigeret afstand [m]
1,04	7,92	7,62	27,43	8,10	29,17	-1,74	5,97	8,43
0,48	7,92	16,51	59,43	9,06	32,63	26,80	-82,12	4,35
1,12	7,92	7,07	25,47	7,17	25,81	-0,34	1,32	8,03
0,96	7,92	8,25	29,71	7,51	27,04	2,67	-9,89	7,21
0,96	7,92	8,25	29,71	8,53	30,72	-1,01	3,28	8,19
0,88	7,92	9,00	32,41	10,11	36,41	-4,00	10,97	8,90
1,4	7,92	5,66	20,37	5,91	21,26	-0,89	4,16	8,27
0,92	7,92	8,61	31,01	10,09	36,31	-5,31	14,61	9,28
1,04	7,92	7,62	27,43	7,62	27,44	-0,01	0,05	7,93
0,96	7,92	8,25	29,71	9,01	32,44	-2,73	8,41	8,65
							Gennemsnit	7,92

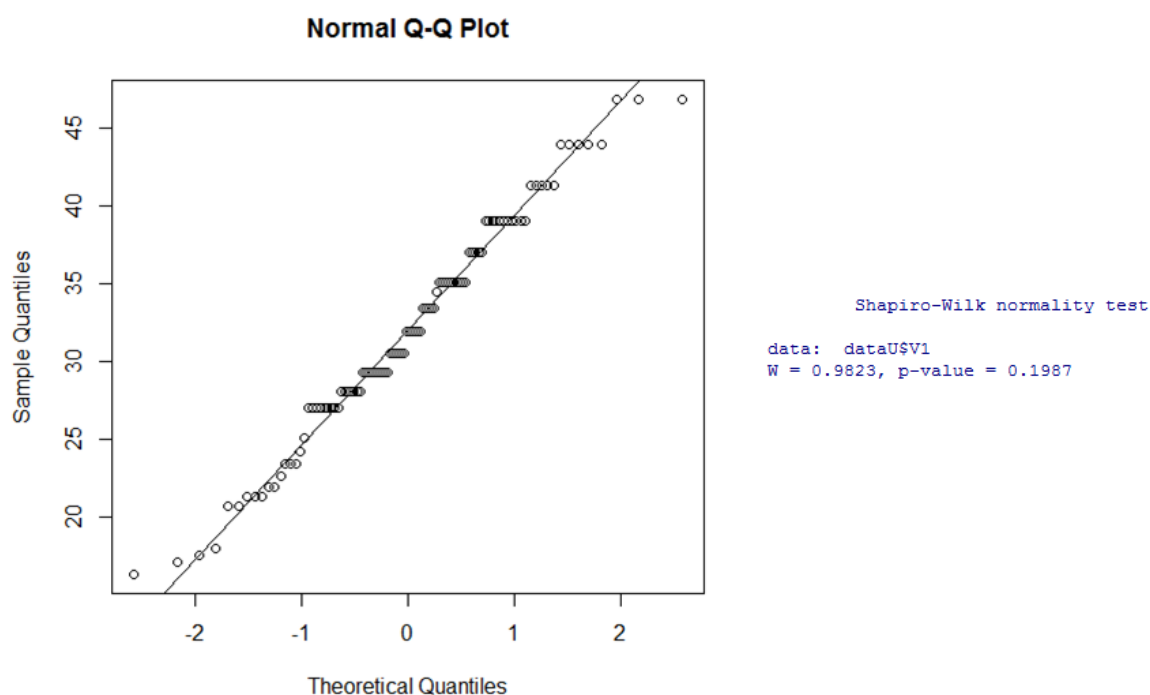
Figur A.C. 3: Den korrigerede hastighed.

Appendiks D: Statistiske analyser

I dette appendiks er resultaterne af de statistiske analyser fra de øvrige sammenligning af projektlokaliteterne beskrevet.

D.1. Projektlokalitet 1 ved føroptagelserne kontra projektlokalitet 3

Det første trin er, at teste om stikprøverne er normalfordelt. Stikprøven for projektlokalitet 1 ved føroptagelserne blev testet i kapitel 4, hvor QQ-plottet og Shapiro-Wilk testen viste, at stikprøven ikke er normalfordelt. Stikprøven fra projektlokalitet 3 testes ligeledes for, om den er normalfordelt, hvilket er illustreret i figur A.D.1., hvor der er udført et QQ-plot og en Shapiro-Wilk test.



Figur A.D.1: Stikprøven for projektlokalitet 3 testes for, om den er normalfordelt ved hjælp af et QQ-plot og en Shapiro-Wilk test.

Stikprøven fra projektlokalitet 3 er normalfordelt, hvilket både kan ses ud fra QQ-plot, ved at denne hverken er "glad" eller "sur", og det kan ses ud fra Shapiro-Wilk testen, hvor p-værdien er over 0,05, men fordi at stikprøven fra projektlokalitet 1 ved føroptagelserne ikke er normalfordelt, skal der både foretages en uparret t-test og en ikke-parametrisk test, nemlig en Mann-Whitney test. Før en t-test kan foretages, skal stikprøven testes for ens varians, hvilket er gjort ved hjælp af en F-test, illustreret i tabel A.D.1.

F-test: Dobbelstikprøve for varians

	Variabel 1	Variabel 2
Middelværdi	27,92	31,99
Varians	36,02	51,36
Observationer	100	100
fg	99	99
F	0,70	
P(F<=f) en-halet	0,04	
F-kritisk en-halet	0,72	

Tabel A.D.1: Stikprøverne testes for ens varians.

F-testen viser, at hypotesen om ens varians kan forkastes, og derfor udføres der uparret t-test med forskellige varians. De udførte test er vist i tabel A.D.2. og i figur A.D.2.

t-test: To stikprøver med forskellig varians

	Variabel 1	Variabel 2
Middelværdi	27,92	31,99
Varians	36,02	51,36
Observationer	100	100
Hypotese for forskel i middelværdi	0	
fg	192	
t-stat	-4,36	
P(T<=t) en-halet	1,05E-05	
t-kritisk en-halet	1,65	
P(T<=t) to-halet	2,1E-05	
t-kritisk to-halet	1,97	

Tabel A.D. 2: Stikprøverne testes for ens middelværdi ved hjælp af t-test

Asymptotic Wilcoxon Mann-Whitney Rank Sum Test

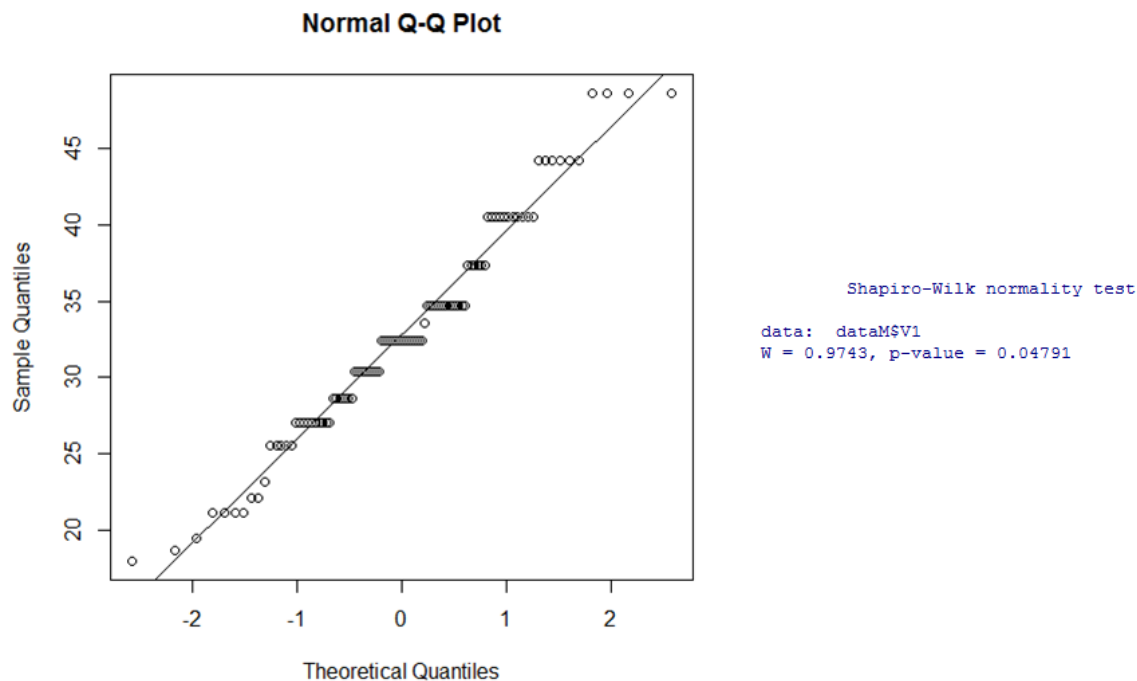
```
data: dataFU$hast by dataFU$tid (e, f)
Z = -4.5803, p-value = 4.642e-06
alternative hypothesis: true mu is not equal to 0
```

Figur A.D.2: Stikprøverne testes for ens middelværdi ved hjælp af Mann-Whitney test.

Ved hjælp af både t-testen og den ikke-parametriske test kan hypotesen om ens middelværdi forkastes, fordi p-værdien er under 0,05.

D.2. Projektlokalitet 1 ved føroptagelserne kontra projektlokalitet 2

Det første trin er, som nævnt, at teste om stikprøverne er normalfordelt. Stikprøven for projektlokalitet 1 ved føroptagelserne blev, som nævnt allerede testet i kapitel 4, og var ikke normalfordelt. Stikprøven fra projektlokalitet 2 testes ligeledes for, om den er normalfordelt, hvilket er illustreret i figur A.D.3., hvor der er udført et QQ-plot og en Shapiro-Wilk test.



Figur A.D.3: Stikprøven for projektlokalitet 3 testes for, om den er normalfordelt ved hjælp af et QQ-plot og en Shapiro-Wilk test.

Stikprøven fra projektlokalitet 3 er ikke normalfordelt, hvilket både kan ses ud fra QQ-plot, og det kan ses ud fra Shapiro-Wilk testen, hvor p-værdien er under 0,05. Stikprøverne fra projektlokaliteter ikke er normalfordelte, og derfor skal der både foretages en uparret t-test og en ikke-parametrisk test. Før en t-test kan foretages, skal stikprøven testes for ens varians, hvilket er gjort ved hjælp af en F-test, illustreret i tabel A.D.3

F-test: Dobbelt stikprøve for varians

	Variabel 1	Variabel 2
Middelværdi	32,77	27,92
Varians	49,01	36,02
Observationer	100	100
fg	99	99
F	1,36	
P(F<=f) en-halet	0,06	
F-kritisk en-halet	1,39	

Tabel A.D.3: Stikprøverne testes for ens varians.

F-testen viser, at hypotesen om ens varians ikke kan forkastes, og derfor udføres der uparret t-test med ens varians. De udførte test er vist i tabel A.D.4. og figur A.D.4.

t-test: To stikprøver med ens varians

	Variabel 1	Variabel 2
Middelværdi	27,92	32,77
Varians	36,02	49,01
Observationer	100	100
Puljevarians	42,51	
Hypotese for forskel i middelværdi	0	
fg	198	
t-stat	-5,26	
P(T<=t) en-halet	1,83E-07	
t-kritisk en-halet	1,65	
P(T<=t) to-halet	3,66E-07	
t-kritisk to-halet	1,97	

Tabel A.D.4: Stikprøverne testes for ens middelværdi ved hjælp af t-test

Asymptotic Wilcoxon Mann-Whitney Rank Sum Test

```
data: dataFM$hast by dataFM$tid (e, f)
Z = -5.5654, p-value = 2.615e-08
alternative hypothesis: true mu is not equal to 0
```

Figur A.D.4: Stikprøverne testes for ens middelværdi ved hjælp af Mann-Whitney test.

Ved hjælp af både t-testen og den ikke-parametriske test kan hypotesen om ens middelværdi forkastes, fordi p-værdien er under 0,05.

D.3. Projektlokalitet 1 ved efteroptagelserne kontra projektlokalitet 3

Stikprøven for projektlokalitet 1 ved efteroptagelserne blev testet i kapitel 4, og stikprøven er normalfordelt. Stikprøven fra projektlokalitet 3 blev testet i et af de forrige afsnit, og stikprøven er også normalfordelt. Stikprøverne fra projektlokaliteterne er begge normalfordelte, og derfor er det kun nødvendigt, at foretage en uparret t-test, men det er valgt også, at foretage en ikke-parametriske test. Før en t-test kan foretages, skal stikprøven testes for ens varians, hvilket er gjort ved hjælp af en F-test, illustreret i tabel A.D.5.

F-test: Dobbelstikprøve for varians

	Variabel 1	Variabel 2
Middelværdi	36,65	31,99
Varians	80,69	51,36
Observationer	100	100
fg	99	99
F	1,57	
P(F<=f) en-halet	0,01	
F-kritisk en-halet	1,39	

Tabel A.D.5: Stikprøverne testes for ens varians.

F-testen viser, at hypotesen om ens varians kan forkastes, og derfor udføres der uparret t-test med forskellig varians. De udførte test er vist i tabel A.D.6. og figur A.D.5.

t-test: To stikprøver med forskellig varians

	Variabel 1	Variabel 2
Middelværdi	31,99	36,65
Varians	51,36	80,69
Observationer	100	100
Puljevariens	0	
Hypotese for forskel i middelværdi	189	
fg	-4,05	
t-stat	3,74E-05	
P(T<=t) en-halet	1,65	
t-kritisk en-halet	7,48E-05	
P(T<=t) to-halet	1,97	
t-kritisk to-halet	31,99	36,64

Tabel A.D.6: Stikprøverne testes for ens middelværdi ved hjælp af t-test.

```

Asymptotic Wilcoxon Mann-Whitney Rank Sum Test

data: dataEU$hast by dataEU$tid (e, f)
Z = 3.6478, p-value = 0.0002645
alternative hypothesis: true mu is not equal to 0
    
```

Figur A.D.5: Stikprøverne testes for ens middelværdi ved hjælp af Mann-Whitney test.

Ved hjælp af både t-testen og den ikke-parametriske test kan hypotesen om ens middelværdi forkastes, fordi p-værdien er under 0,05.

D.4. Projektlokalitet 1 ved efteroptagelserne kontra projektlokalitet 2

Stikprøven for projektlokalitet 1 ved efteroptagelserne blev testet i kapitel 4, og stikprøven er normalfordelt. Stikprøven fra projektlokalitet 2 blev testet i et af de forrige afsnit, og stikprøven er ikke normalfordelt. Stikprøverne fra projektlokaliteterne er ikke begge normalfordelte, og derfor er det nødvendigt både at foretage en uparret t-test og en ikke-parametriske test. Før en t-test kan foretages, skal stikprøven testes for ens varians, hvilket er gjort ved hjælp af en F-test, illustreret i tabel A.D.7.

F-test: Dobbelt stikprøve for varians

	Variabel 1	Variabel 2
Middelværdi	32,77	36,65
Varians	49,01	80,69
Observationer	100	100
fg	99	99
F	0,61	
P(F<=f) en-halet	0,69E-02	
F-kritisk en-halet	0,72	

Tabel A.D.7: Stikprøverne testes for ens varians.

F-testen viser, at hypotesen om ens varians kan forkastes, og derfor udføres der uparret t-test med forskellig varians. De udførte test er vist i tabel A.D.8. og figur A.D.6.

t-test: To stikprøver med forskellig varians

	Variabel 1	Variabel 2
Middelværdi	36,65	32,77
Varians	80,69	49,01
Observationer	100	100
Puljevarians	0	
Hypotese for forskel i middelværdi	187	
fg	3,40	
t-stat	0,41E-03	
P(T<=t) en-halet	1,65	
t-kritisk en-halet	0,81E-03	
P(T<=t) to-halet	1,97	
t-kritisk to-halet	36,65	32,77

Tabel A.D.8: Stikprøverne testes for ens middelværdi ved hjælp af t-test.

```

Asymptotic Wilcoxon Mann-Whitney Rank Sum Test

data: dataEM$hast by dataEM$tid (e, f)
Z = 3.1845, p-value = 0.00145
alternative hypothesis: true mu is not equal to 0
    
```

Figur A.D.6: Stikprøverne testes for ens middelværdi ved hjælp af Mann-Whitney test.

Ved hjælp af både t-testen og den ikke-parametriske test kan hypotesen om ens middelværdi forkastes, fordi p-værdien er under 0,05.

D.5. Projektlokalitet 2 kontra projektlokalitet 3

Stikprøverne fra projektlokaliteterne er ikke begge normalfordelte, og derfor er det nødvendigt både at foretage en uparret t-test og en ikke-parametriske test. Før en t-test kan foretages, skal stikprøven testes for ens varians, hvilket er gjort ved hjælp af en F-test, illustreret i tabel A.D.9.

F-test: Dobbelt stikprøve for varians

	Variabel 1	Variabel 2
Middelværdi	31,99	32,77
Varians	51,36	49,01
Observationer	100	100
fg	99	99
F	1,04	
P(F<=f) en-halet	0,41	
F-kritisk en-halet	1,39	

Tabel A.D.9: Stikprøverne testes for ens varians.

F-testen viser, at hypotesen om ens varians ikke kan forkastes, og derfor udføres der uparret t-test med ens varians. De udførte test er vist i tabel A.D.10. og figur A.D.8.

t-test: To stikprøver med ens varians		
	Variabel 1	Variabel 2
Middelværdi	31,99	32,77
Varians	51,36	49,01
Observationer	100	100
Puljevariens	50,19	
Hypotese for forskel i middelværdi	0	
fg	198	
t-stat	-0,77	
P(T<=t) en-halet	0,22	
t-kritisk en-halet	1,65	
P(T<=t) to-halet	0,44	
t-kritisk to-halet	1,97	

Tabel A.D.10: Stikprøverne testes for ens middelværdi ved hjælp af t-test.

Asymptotic Wilcoxon Mann-Whitney Rank Sum Test

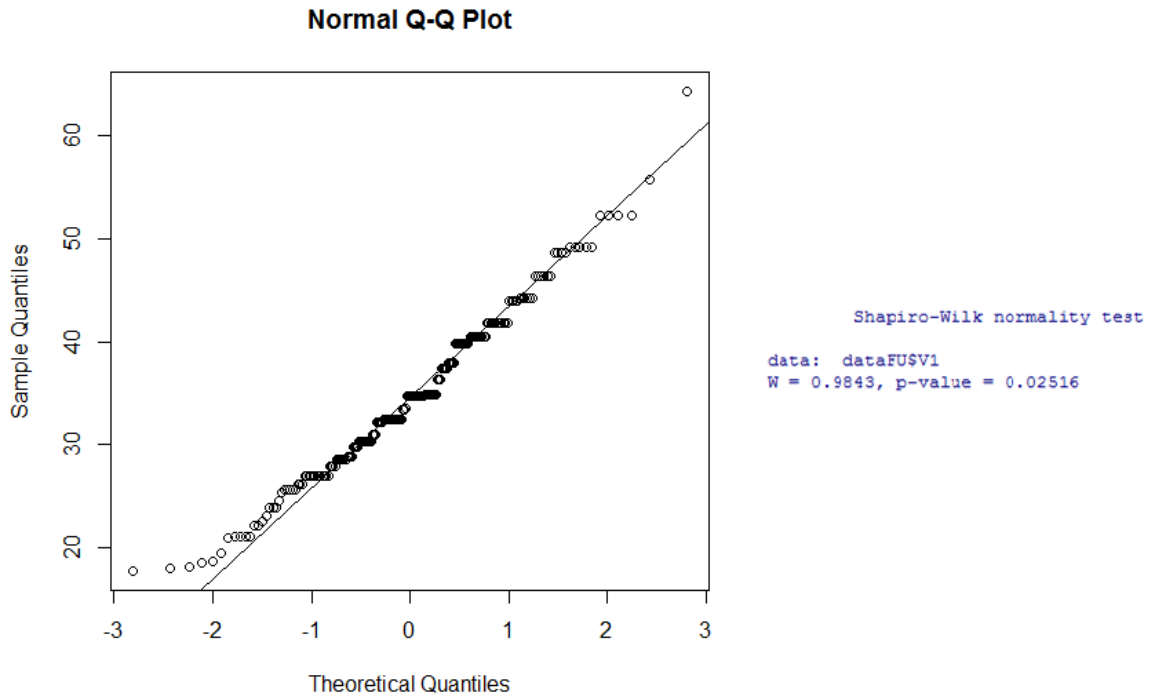
```
data: dataUM$hast by dataUM$tid (e, f)
Z = 0.537, p-value = 0.5912
alternative hypothesis: true mu is not equal to 0
```

Figur A.D.7: Stikprøverne testes for ens middelværdi ved hjælp af Mann-Whitney test.

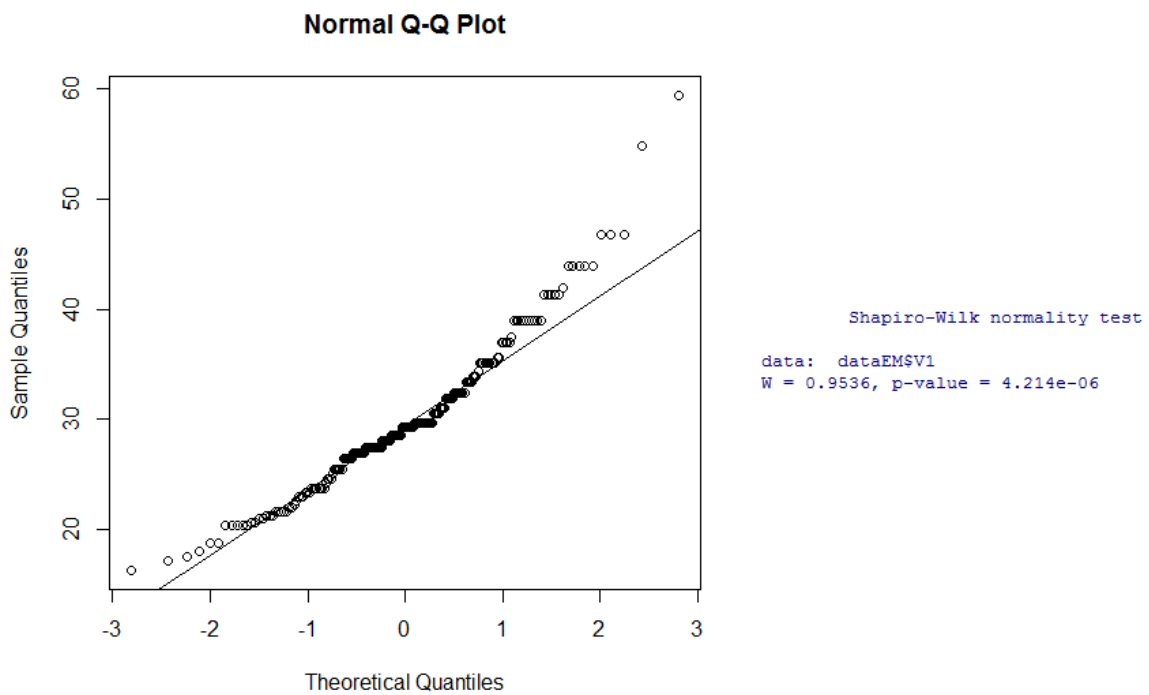
Ved hjælp af både t-testen og den ikke-parametriske test kan hypotesen om ens middelværdi ikke forkastes, fordi p-værdien er over 0,05.

D.6. Projektlokalitet 1 ved føroptagelserne plus projektlokalitet 3 kontra projektlokalitet 1 ved efteroptagelserne plus projektlokalitet 2

Stikprøver er i denne analyse sammensat i henholdsvis før- og udenoptagelserne og efter- og medoptagelserne. Det er derfor nødvendigt, at foretage en ny test for, om de sammensatte stikprøver er normalfordelte, hvilket er illustreret i figur A.D.9. og A.D.10.



Figur A.D. 8: Den sammensatte stikprøve for før- og udenoptagelserne testes for, om den er normalfordelt ved hjælp af et QQ-plot og en Shapiro-Wilk test.



Figur A.D. 9: Den sammensatte stikprøve for efter- og medoptagelserne testes for, om den er normalfordelt ved hjælp af et QQ-plot og en Shapiro-Wilk test.

Stikprøverne fra projektlokaliteterne er ikke normalfordelte, fordi p-værdien i Shapiro-Wilk testene er under 0,05, og derfor er det nødvendigt både at foretage en uparret t-test og en ikke-parametrisk test. I testene sammenlignes resultaterne fra før- og udenoptagelserne med efter-

og medoptagelserne. Det er gjort ved at sammenlægge stikprøverne fra føroptagelserne med udenoptagelserne og efteroptagelserne med medoptagelserne. Før en t-test kan foretages, skal stikprøven testes for ens varians, hvilket er gjort ved hjælp af en F-test, illustreret i tabel A.D.11.

F-test: Dobbelt stikprøve for varians

	Variabel 1	Variabel 2
Middelværdi	34,32	30,34
Varians	71,13	48,22
Observationer	200	200
fg	199	199
F	1,48	
P(F<=f) en-halet	0,32E-02	
F-kritisk en-halet	1,26	

Tabel A.D. 11: Stikprøverne testes for ens varians.

F-testen viser, at hypotesen om ens varians kan forkastes, og derfor udføres der uparret t-test med forskellig varians. De udførte test er vist i tabel A.D.12. og figur A.D.10.

t-test: To stikprøver med forskellig varians

	Variabel 1	Variabel 2
Middelværdi	34,32	30,34
Varians	71,13	48,22
Observationer	200	200
Puljevariens	0	
Hypotese for forskel i middelværdi	384	
fg	5,15	
t-stat	2,1E-07	
P(T<=t) en-halet	1,65	
t-kritisk en-halet	4,21E-07	
P(T<=t) to-halet	1,97	
t-kritisk to-halet	34,32	30,34

Tabel A.D.12: Stikprøverne testes for ens middelværdi ved hjælp af t-test.

Asymptotic Wilcoxon Mann-Whitney Rank Sum Test

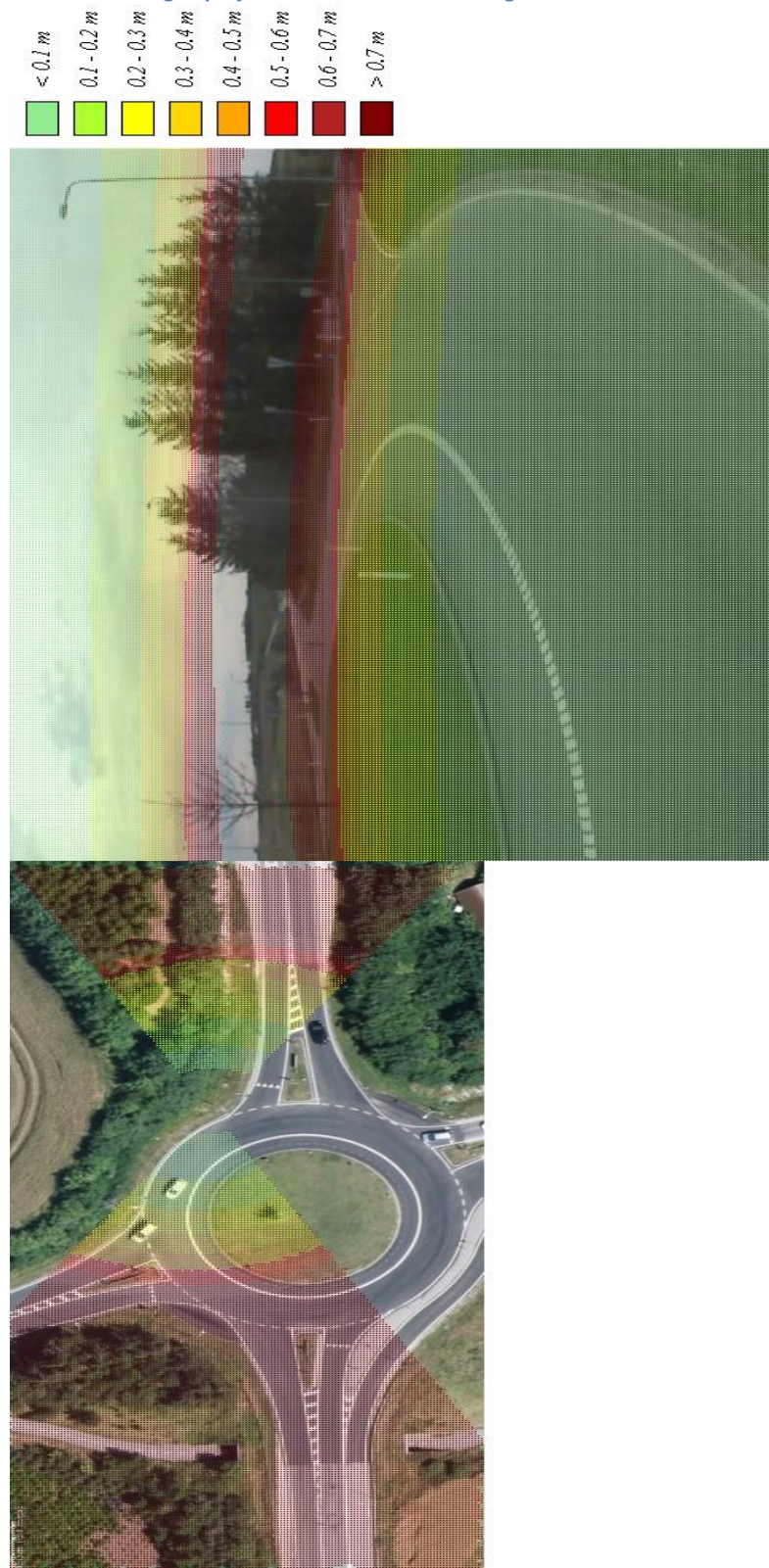
```
data: dataFEUM$hast by dataFEUM$tid (e, f)
Z = 6.0601, p-value = 1.36e-09
alternative hypothesis: true mu is not equal to 0
```

Figur A.D.10: Stikprøverne testes for ens middelværdi ved hjælp af Mann-Whitney test.

Ved hjælp af både t-testen og den ikke-parametriske test kan hypotesen om ens middelværdi forkastes, fordi p-værdien er under 0,05.

Bilag A: T-Calibration

I dette bilag er usikkerheden ved kalibrering af projektlokalitet 2 illustreret i figur B.A.1.



Figur B.A.1: Usikkerhed i T-Calibration på projektlokalitet 2.(Trafvid, 2014)