NTNU
Det skapende universitet

Prioritering av kollektivtrafikk i signalregulerte rundkjøringer med midstilt kollektivfelt

Lars Arild Bråtveit

Master i veg og jernbane
Innlevert: mai 2016
Hovedveileder: Arvid Aakre, BAT
Medveileder: Ingve Undheim, Statens vegvesen Region vest

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for bygg, anlegg og transport

Forord

Rapporten er utarbeidet som besvarelse på en masteroppgave ved Institutt for bygg, anlegg og transport ved NTNU våren 2016. Oppgaven er utført i nært samarbeid med Statens vegvesen, Rogaland fylkesavdeling som har bidratt med utstyr, hjelp og veiledning i både planleggings- og gjennomføringsfasen.

Det er i fram til i dag publisert få undersøkelser om hvordan rundkjøringer med midtstilt bussfelt fungerer med tanke på trafikkavvikling, kø og forsinkelse for de ulike trafikantgruppene. Å bidra til å finne svar på dette har vært spennende, inspirerende og lærerikt.

Jeg vil rette en spesiell takk til Arvid Aakre og Torbjørn Haugen ved NTNU, videre Ingve Lygre Undheim og andre kollegaer i Statens vegvesen for god hjelp og veiledning underveis.

Figurene som jeg ikke har oppgitt kilde under, har jeg laget selv. Registreringene ute i felten har jeg stort sett gjennomført på egen hånd, med unntak av den første trafikkregistreringen som jeg gjorde sammen med kollegaer i Statens vegvesen.

Jeg har ikke tatt hensyn til politiske føringer for prioritering av enkelte trafikantgrupper når jeg har foreslått alternative løsninger, men har forsøkt å ha en faglig og faktabasert tilnærming til problemstillingen i oppgaven.

Jeg har benyttet «jeg» -form på en del av kommentarene da dette er en personlig masteroppgave.

Stavanger, 15.05.2016

Lars Arild Bråtveit

Sammendrag

Etablering av kollektivfelt i norske byer skjer nå i økende grad som følge av den generelle kollektivsatsningen initiert av myndighetenes krav til at all fremtidig trafikkvekst skal tas med kollektivtrafikk, sykkel- og gange. Midtstilte kollektivfelt er mer aktuelt enn tidligere på grunn av satsingen på såkalte Superbusskonsepter med bussmateriell som har større personkapasitet og høyere komfort enn tradisjonelle bussløsninger.

Midtstilte kollektivfelt og krav til større fremføringshastighet og punktlighet for bussen, har fremtvunget nye kryssløsninger som ivaretar høy bussprioritering og komfort for passasjerene.

I Sandnes og Stavanger er det etablert flere signalregulerte rundkjøringer med midtstilte bussfelt. Rapporten viser at slike kryssløsninger gir passasjerene fortrinn med hensyn til reisetid og komfort, men påvirker fremkommeligheten for bil- og sykkeltrafikk i de ordinære kjørefeltene i negativ grad.

Om man ser for seg den aktuelle rundkjøringen på fv. 44 i bydelen Hillevåg i Stavanger uten signalanlegg i drift, er trafikkbelastningen i rushtiden så stor at rundkjøringen allerede er på kapasitetsgrensen. Med signalanlegget i drift, selv med dagens busstrafikk, blir rundkjøringen tidvis overbelastet. Det oppstår lange køer av biler i begge retninger på fv. 44 Hillevågsveien og på den mest belastende sidevegen, fv. 428 Sandvikveien.

Spesielt uheldig er det at det like sør for rundkjøringen, er etablert en holdeplass i nordgående retning. Bussene som kjører i retning nord genererer 40 sekunder rødtid for øvrig trafikk. En buss som passerer rundkjøringen i retning sør, der det ikke er holdeplass like før krysset, genererer rundt 20 sekunder rødtid.

Undersøkelser som er gjennomført indikerer at 10 % av bilistene på fv. 44 kjører mot rødt lys. Denne rapporten antyder at kanskje så mange som 50 % av syklistene sykler mot rødt lys.

Med denne bakgrunn forslår jeg flere alternative reguleringer av rundkjøringer med midtstilte bussfelt, både med og uten signalregulering. Reguleringen som anbefales er etablering av egne kjørefelt for bilister og syklister som skal rett fram eller til høyre i rundkjøringene, parallelt med bussen. Alternativt egne sykkelfelt for syklister som skal rett frem eller til høyre, mens biltrafikken følger dagens regulering. Dernest en reguleringsform med dagens geometri uten signalanlegg og til sist etablering av signalanlegg inne i sirkulasjonsarealet, men betinget av større ytre diameter enn dagens rundkjøringsmodell.

Summary

The pace at which new bus lanes are being built in Norwegian towns is increasing as a direct consequence of the Governments focus on public transport, and the requirement that all future traffic growth is split between an increased use of buses, bikes and walking. The use of centrally placed “midtstilt” bus lanes is a favoured solution given the increased focus on a so called “Super bus concept”, based on buses which have larger passenger capacity, increased quality and improved comfort in comparison to more traditional bus services.

“Midtstilt” bus lanes, and a demand for higher average speeds and better reliability, have forced planners to consider new solutions for getting public transport in and through junctions and crossings. These solutions have to ensure that buses are given full priority and that passenger comfort is maintained.

There are now opened several traffic signal controlled roundabouts in Sandnes and Stavanger. The buses drive through the centre of these roundabouts in a new and innovative design. This report demonstrates how this solution ensures that bus passengers benefit in terms of travel time and comfort, but that this negatively affects the flow of traffic for other modes, e.g. cars and cyclists.

If we look at the roundabout in Hillevåg, Stavanger, as an example, we can see that this junction, without traffic signals, is already near its capacity limit. When the traffic signals are used, even with todays limited bus traffic, the road junction can be overloaded in rush periods. Long queues of cars are generated in both directions along the fv. 44 and also along the busy side road, fv. 428 Sandvikveien.

What is especially ‘unfortunate’ is the fact that there has been built a bus stop close to the junction on the south side of the roundabout. Buses travelling towards Stavanger activate the signal system, which stops all other traffic in the roundabout. If the bus then stops to pick up / drop off passengers before crossing the junction, car drives and cyclists be delayed for up to 40 seconds. Buses travelling in the opposite direction, which do not stop before the roundabout, generate only a 20 second delay for other road users.

Traffic observations show that up to 10 % of motorists, and 50 % of cyclists deliberately drive through a red light at these roundabouts.

With a background in these findings, I recommend several alternative forms of traffic control, both with and without the use of signals. It is also recommended that there should be established separate lanes, including extra bike lanes, for traffic that is travelling straight ahead or to the right. These road users will then be able to continue through the junction without conflict with the public transport system. There is also proposed a solution which uses traffic signals within the roundabouts circulation area, but this solution requires that the junctions are of sufficient size, larger than today's examples.

Innhold

Forord I

Sammendrag II

Summary III

Figurer IX

Tabeller XIII

1 Innledning 1

1.1 Bakgrunn 1

1.2 Historien bak dagens kryssløsning 2

1.3 Formålet med arbeidet 5

1.4 Omfanget av arbeidet 5

1.5 Begrensing av rapportens arbeid med temaet 6

1.6 Beskrivelse av rapportens oppbygging 7

2 Problemstilling og metode 9

2.1 Alternative metoder 9

2.2 Valg av metode 9

3 Litteratursøk 11

3.1 Evaluering av midtstilte kollektivfelt fv. 44 Hillevåg (Statens vegvesen) 12

3.2 BRT og bussprioritering gjennom rundkjøring (Urbanet Analyse) 15

3.3 Tiltak for fotgjengere og kollektivtrafikk i bykryss (TØI) 16

3.4 Hvilken betydning har kollektivfelt ført i gjennom sentraløy i rundkjøring på sikkerhet og fremkommelighet (Statens vegvesen) 16

3.5 Rundkjøringer og kollektivtrafikkens fremkommelighet (SINTEF) 17

3.6 Samspill mellom sykkel og kollektivtiltak (TØI) 17

3.7 Superbusskonsept og midtstilt kollektivfelt (Statens vegvesen) 18

3.8 Roundabouts: a State of the Art in Germany (Brilon, W.) 21

3.9 Superbuss i Trondheim (Multiconsult AS) ... 23
3.10 Konklusjon ... 24
3.10.1 Fremkommelighet ... 24
3.10.2 Trafikksikkerhet ... 25
4 Begreper benyttet i denne rapporten ... 26
5 Beskrivelse av eksisterende forhold ... 29
5.1 Innledning ... 29
5.2 De to største byene på Nord-Jæren ... 29
5.3 Beskrivelse av det aktuelle krysset ... 30
5.4 Geometrisk utforming ... 30
5.5 Beskrivelse signalanleggets virkemåte ... 32
6 Tidligere utførte trafikkregisteringer ... 38
6.1 Tidligere registreringer av kjøring mot rødt lys ... 38
6.2 Tidligere manuelle trafikkregistreringer ... 39
7 Registreringer utført i rapportarbeidet ... 40
7.1 Generelle betraktinger ... 40
7.1.1 Utrykket dimensjonerende timestrafikk ... 40
7.1.2 Trafikkregistreringspunkter ... 41
7.1.3 Usikkerhet i registeringer fra nivå -1 punkt ... 42
7.2 Trafikkdata fra nivå -1 punktet ved Skjæringen ... 43
7.3 Trafikkvolum for busstrafikken ... 44
7.4 Trafikkvolum i kjørefeltene ... 45
7.5 Dimensjonerende time ... 47
7.6 Trafikkregistreringer utført i rapportarbeidet ... 48
7.7 Manuell trafikkregistrering onsdag 13. oktober 2015 ... 49
7.8 Videoregistreringer av bussen mandag 11. januar 2016 ... 51

7.9 Videoregistrering onsdag 26. januar 2016 54
7.9.1 Registrering av sykkeltrafikken 57
7.9.2 Registrering av biltrafikken 58
7.9.3 Registrering av rødlystider generert av busstrafikken 59
7.9.4 Observasjoner av busstrafikken 61
7.9.5 Registrering av gangtrafikken 61
7.9.6 Enkel registrering av kølengder 61
7.9.7 Andre observasjoner 63
7.9.8 Registrering av reisetid og forsinkelse 64
7.9.9 Registrering av kølengder 66
7.10 Oppsummering av resultatene fra registreringene 70
7.10.1 Dimensjonerende time 70
7.10.2 Rødtid for kjørende 72
7.10.3 Trafikkvolum biltrafikk 79
7.10.4 Trafikkvolum sykkeltrafikk 84
7.10.5 Trafikkvolum gående 84
7.10.6 Syklende mot rødt lys 84
7.10.7 Tungbilandel 85
9 Modellering og analyse av krysset 90
9.1 Analyse og modellering av trafikkstrømmer 90
9.2 Modelltyper og metoder 90
9.3 Hva er SIDRA INTERSECTION? 92
9.4 Kortfattet beskrivelse av SIDRA INTERSECTION 93
9.5 Parametersetting i SIDRA 96
9.5.1 Kapasitet 96
9.5.2 Forsinkelse 97

9.5.3 Kølengde 98
9.5.4 Kritisk tidsluke og følgetid 98
9.6 Kalibrering i SIDRA 98
9.6.1 Beskrivelse av de mest aktuelle parametrene for kalibrering 98
9.6.2 Peak Flow Factor 99
9.6.3 Environment Factor 101
10 Modellering i SIDRA 103
10.1 Innledning 103
10.2 Modellering av eksisterende løsning 103
10.3 Tilpassing av modellen 108
10.3.1 Modellering av dagens kryssløsning, muligheter og begrensinger 108
10.3.2 Fase 1: tradisjonell rundkjøring – normal belastning 109
10.3.3 Fase 2: Signalanlegget i drift – bussen passerer 115
10.3.4 Fase 3: Tradisjonell rundkjøring – økt belastning 117
10.3.5 Tidsfordelingen av de tre fasene 125
10.4 Sluttvurderinger 127
10.4.1 Med tenkt rødtid 20 sekunder 130
10.5 Hvor mye trafikk tåler denne typen rundkjøringer? 132
10.5.1 Forsinkelse 136
10.6 Usikkerhet i beregningene 139
11 Alternative løsninger 140
11.1 Dagens geometriske løsning uten signalanlegg 140
11.2 Ny geometrisk løsning for syklende 151
11.3 Ny geometrisk løsning for bil og sykkel 153
11.4 Ny geometrisk løsning – signalanlegg inne i rundkjøringen 155
12 Oppsummering av resultatene 158

Figurer

Figur 1 Oversiktskart Bussveien 3
Figur 2 ÅDT-verdier fra nivå-1 punktet ved Skjæringen 2015 4
Figur 3 Før- og etter utbyggingen 13
Figur 4 Aktuell strekning 13
Figur 5 Bilder av før- og ettersituasjonen i krysset (Ytreland, 2015) 14
Figur 6 Norra Älvstranden, Gøteborg (Sørensen, M.W., Loftsgarden, T., 2010) 18
Figur 7 signalanlegg i rundkjøringen i figur 2 (maps.google.com, 2015) 19
Figur 8 Lorient i Frankrike (Frøyland, Ristesund, & Simonsen, 2014) 19
Figur 9 Lorient i Frankrike (maps.google.com, 2015) 20
Figur 10 Nantes i Frankrike (maps.google.com, 2015) 20
Figur 11 Nantes i Frankrike (maps.google.com, 2015) 21
Figur 12 Rundkjøringer - diameter og kapasitet (Brilon, 2014) 22
Figur 13 Signalregulert rundkjøring (Brilon, 2014) 23
Figur 14 Prinsipp fra mulighetsstudien (Fremo, 2011) 24
Figur 15 Signalanlegg illustrasjonsbilde 28
Figur 16 Oversiktskart over Stavangerområdet (www.finn.no, 2015) 29
Figur 17 Oversiktsbilde (Frøyland, Ristesund, & Simonsen, 2014) 30
Figur 18 Normalprofil fv. 44 Hillevågsveien (Fredvik, J; Weum A.J. , 2007) 31
Figur 19 Fasevekslinger (Røyland, 2014) 33
Figur 20 Signalskjema (Statens vegvesen, 2010) 33
Figur 21 Tegnforklaring 34
Figur 22 Detektor for utkvittering av bussen 34
Figur 23 Rundkjøringen sett fra fv. 44 mot nord 35
Figur 24 Rundkjøringen sett fra fv. 428 Sandvikveien 35
Figur 25 Rundkjøringen sett fra fv. 44 mot sør 36
Figur 26 Rundkjøringen sett fra Øvre Sandvikveien 36
Figur 27 Rundkjøringen sett fra fv. 44 mot sør i bussfelt 37
Figur 28 Rundkjøringen sett fra fv. 44 mot nord i bussfelt 37
Figur 29 Trafikkvolum i krysset (Ytreland, Trafikktellinger Hillevåg, 2015) 39
Figur 30 Plassering av registreringspunktet (Statens vegvesen, 2015) 44
Figur 31 Trafikkvolum i bussfelt over døgnet, mars – august 2015 45

Figur 32 Trafikkvolum i ordinære kjørefelt over døgnet, mars – august 2015 46
Figur 33 Trafikkvariasjon over uken mars- desember 2015 46
Figur 34 Trafikkvariasjon over uken i begge retninger alle kjøretøyer 47
Figur 35 Trafikkregistreringsutstyr 49
Figur 36 Manuelle trafikkregistreringer gjennomført 13. oktober 2015 50
Figur 37 GoPro kamera 51
Figur 38 Plassering av kamera på leskur på holdeplass Sjøhagen sør. 52
Figur 39 Plassering av kamera på Prix 52
Figur 40 Kameraplassering 55
Figur 41 Plassering av kamera retning sør ved Riis bilglass 55
Figur 42 Plassering av kamera retning nord ved Prix 56
Figur 43 Syklist mot rødt lys 58
Figur 44 Trafikkregistreringer basert på videoopptak 27.01.2016 59
Figur 45 Registrert maksimal kølengde på tilfart i retning sør 62
Figur 46 Registrert maksimal kølengde på tilfart i retning nord 62
Figur 47 Stans ved vikelinjen 63
Figur 48 Registreringsstrekningen 65
Figur 49 Forsinkelse registrert på strekningen 66
Figur 50 Køregistreringer - lengdereferanse 67
Figur 51 Registrerte kølengder fv. 44 retning sør 68
Figur 52 Registrerte kølengder fv. 44 retning nord 69
Figur 53 Trafikkfordeling over døgnet 13.10.2015 71
Figur 54 Trafikkvolum i 15-minutters intervaller 13.10.2015 72
Figur 55 Signalskjema 73
Figur 56 Rødtid for kjøretrafikken 75
Figur 57 Passeringsdetektorer og holdeplass Sjøhagen sør 76
Figur 58 Fordeling av grønt og rødt for kjøretrafikken 77
Figur 59 Høyeste registrerte timetall i nivå - 1 registreringspunktet 79
Figur 60 Oversiktsbilde (Frøyland, Ristesund, & Simonsen, 2014) 80
Figur 61 Trafikkvolum fordelt på felt (V=venstre, H = høyre, RF = rett frem) 80
Figur 62 Trafikkvolum fordelt på felt (V=venstre, H=høyre, RF = rett frem) 81
Figur 63 Sammenligning av timestrafikk fra de tre registreringsdagene 83
Figur 64 Vehicle movement data, lette kjøretøyer, SIDRA 86

Figur 65 vehicle movement data, tunge kjøretøyer, SIDRA 86
Figur 66 Kjøretøykategori Light Rigid (www.rms.nsw.gov.au/, 2015) 88
Figur 67 Oppstartsbilde, SIDRA 93
Figur 68 Skjermbilde, SIDRA 94
Figur 69 Output - Movement summary 95
Figur 70 Utdata – gjennomsnittlig forsinkelse angitt i sekunder 95
Figur 71 Kapasitet og volum (Akcelik & Associates, 2015) 96
Figur 72 De ulike bidragene til forsinkelse (Akcelik & Associates, 2015) 97
Figur 73 Peak Flow Factor 99
Figur 74 Type Signalanlegg som kan velges 104
Figur 75 Type rundkjøring som kan velges 105
Figur 76 Signalregulert rundkjøring 106
Figur 77 Typer vikeplikts-regulert kryss som kan velges 107
Figur 78 Toplanskryss med signalregulering 107
Figur 79 Single Point Interchange 108
Figur 80 Site Layout – utforming av rundkjøringen uten bussfelt, SIDRA 110
Figur 81 Gjennomsnittlig forsinkelse i fase 1, SIDRA 112
Figur 82 Kølengde 95 % fraktil i fase 1, SIDRA 112
Figur 83 Gjennomsnittlig kølengde i fase 1, SIDRA 113
Figur 84 belastningsgrad i fase 1, Sidra 114
Figur 85 Kø og forsinkelse i signalanlegg 117
Figur 86 Tilfartsregulering (Akcelik, 2006) 119
Figur 87 Volume factors, SIDRA 121
Figur 88 Fase 3: gjennomsnittlig forsinkelse, SIDRA 123
Figur 89 Fase 3: kølengde (95% - fraktil), SIDRA 124
Figur 90 Fase 3: gjennomsnittlig kølengde, SIDRA 124
Figur 91 Fase 3: belastningsgrader, SIDRA 125
Figur 92 Forsinkelse og kø i signalanlegg 128
Figur 93 Fase 1 med PFF = 0,82 og trafikktall fra 27.1.2016, SIDRA 130
Figur 94 Fase 3 med PFF = 0,82 og trafikktall fra 27.1.2016, SIDRA 131
Figur 95 Forsinkelse i fase 1 med PFF = 1,0 og trafikktall fra 27.1.2016 134
Figur 96 Forsinkelse i fase 3 med PFF = 1,0 og trafikktall fra 27.1.2016 134
Figur 97 Forsinkelse i fase 3 med PFF 0,95 og trafikktall fra 27.1.2016 137

Figur 98 Forsinkelse i fase 1 med PFF = 0,95 og trafikktall fra 27.1.2016 138
Figur 99 Bilde fra Lorient i Frankrike 141
Figur 100 Konfliktpunkter mellom buss og bil 142
Figur 101 Kjøretøybevegelser som er i konflikt med bussfeltene 143
Figur 102 Konfliktpunktene utformet som vikepliktsregulert kryss, SIDRA 144
Figur 103 Forsinkelse og kølengder i konfliktpunktene, SIDRA 145
Figur 104 Forsinkelse og kølengde i konfliktpunktene - doblet bussfrekvens 147
Figur 105 Detalj fra Nantes i Frankrike (maps.google.com, 2015) 148
Figur 106 Lorient (Nantes) i Frankrike (maps.google.com, 2015) 149
Figur 107 Rundkjøring uten signalanlegg 150
Figur 108 Sykkelprioritering (egen skisse) 151
Figur 109 Sykkelprioritering detaljer (egen skisse) 152
Figur 110 Average Vehicle queue, SIDRA 153
Figur 111 Bil og sykkelprioritering (egen skisse) 154
Figur 112 Signalregulert rundkjøring - eksempel fra Tyskland 156
Figur 113 Ytre diameter ca. 32 meter. Nantes i Frankrike 156
Figur 114 Ytre diameter ca. 45 meter, Nantes i Frankrike 157

Tabeller

Tabell 1 Reisetider (Ytreland, 2015) ... 14
Tabell 2 Geometriske data for rundkjøringen ... 31
Tabell 3 Registrert rødlyskjøring (Ytreland, 2015) ... 38
Tabell 4 Ulike typer registreringspunkt (Statens vegvesen, 2014b) ... 41
Tabell 5 Videoregistreringer ... 51
Tabell 6 Registering av busspasseringer ... 53
Tabell 7 Rødtid generert av bussanrop ... 54
Tabell 8 Opptakstider ... 56
Tabell 9 Opptakstidspunkt og klokkeslett retning sør ... 57
Tabell 10 Opptakstidspunkt og klokkeslett retning nord ... 57
Tabell 11 Sykkelregisteringer 27.1.2016 ... 57
Tabell 12 Bussregistreringer - retning nord ... 60
Tabell 13 Bussregistreringer retning sør ... 60
Tabell 14 Data fra styreapparat i Excelformat ... 73
Tabell 15 Betydning av tallkoder ... 74
Tabell 16 Gjennomsnittlig rødtid for kjøretrafikken ... 75
Tabell 17 Anrop av buss og gjennomsnittlig rødtid ... 77
Tabell 18 Rødtider for kjøretrafikken og holdeplassforsinkelse for buss ... 78
Tabell 19 Avrundede verdier for rødtid og holdeplasstid ... 79
Tabell 20 Trafikktall 13.10.2015 (V = venstre, H= Høyre, RF = Rett frem) ... 81
Tabell 21 Trafikktall 27.01.2016 (V=venstre, H=høyre, RF = rett fram) ... 82
Tabell 22 Timesbaserte trafikktall 2014 – 2015 - 2016 ... 82
Tabell 23 Fordeling av lette og tunge kjøretøyer, SIDRA (Akcelik & Associates, 2015) ... 87
Tabell 24 Mikro- og makromodeller ... 91
Tabell 25 PHF og trafikkvolum i 15- minutters intervaller – 13.10.2015 ... 100
Tabell 26 PHF og trafikkvolum i 15-minutters intervaller - 27.1.2016 ... 101
Tabell 27 Faseinndeling ... 109
Tabell 28 Movement summary i fase 1, SIDRA ... 111
Tabell 29 Lane use and performance, SIDRA ... 114
Tabell 30 Resultater fra beregning av fase 1 i SIDRA ... 115
Tabell 31 Volum, rødtid og kølengde i fase 2 ... 116

Tabell 32 Dimensjonerende kjøretøylengder og købelegg, SIDRA 116
Tabell 33 Omløpstid, rødtid og grønntid med rødtid 30 sekunder 121
Tabell 34 Volum og kapasitet i fase 1 og 3 – rødtid 30 sekunder 122
Tabell 35 Fase 3: Lane use and performance, SIDRA 122
Tabell 36 Fase 3: Movement Summary, SIDRA 123
Tabell 37 Resultater fra beregning av fase 3 i SIDRA 125
Tabell 38 De tre fasene 125
Tabell 39 Fase 3: Resultater fra beregningene basert på formel over 126
Tabell 40 Verdier i fase 1 beregnet i SIDRA med PFF = 0,82 127
Tabell 41 Verdier i fase 3 beregnet i SIDRA med PFF = 0,82 og rødtid 30 sekunder 127
Tabell 42 Beregninger av fase 3 basert på formel på side 126 og tall fra SIDRA 130
Tabell 43 Verdier i fase 3 fra SIDRA med PFF = 0,82 og rødtid på 20 sekunder 131
Tabell 44 Parametre ved PFF 1,00 for fase 3 med trafikktall fra 27.1.2016 133
Tabell 45 Tidsfordeling av de tre fasene 133
Tabell 46 Parametre ved PFF 0,95 i fase 3 med trafikktall fra 27.1.2016 135
Tabell 47 Dimensjonerende trafikkvolum, SIDRA 136
Tabell 48 Tidsfordeling av de tre fasene 137
Tabell 49 trafikkvolum i antall kjøretøyer (RF = rett frem, V = Venstre) 143

Vedlegg

Vedlegg 1 – Oppgaveteksten

Vedlegg 2 – Skjema fra trafikkregistrering 27.01.2016

Vedlegg 3 – Skjema fra trafikkregistrering 13.10.2015

Vedlegg 4 – Skjema for køregistreringer

Vedlegg 5 – Dialogvinduer i SIDRA

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Denne rapporten er utarbeidet som er masteroppgave ved Institutt for bygg, anlegg og transport ved NTNU våren 2016. Rapporten er i første rekke en evaluering av trafikkavviklingskvaliteten i en bestemt signalregulert rundkjøring med midtstilt bussfelt på fv. 44 i Stavanger kommune.

Signalregulerte rundkjøringer med midtstilt bussfelt er en relativt ny krysstype som i veldig begrenset grad er beskrevet i faglitteraturen og som ikke er utprøvd i særlig grad her til lands, eller i utlandet. Det faktum at det finnes lite forskning og studier på denne typen kryssløsning, har vært en av de viktigste drivkreftene bak valg av masteroppgave.

Det er i skrivende stund etablert to slike signalregulerte rundkjøringer på fv. 44 i Hillevåg i Stavanger kommune og to på fv. 44 på Forussletta i Sandnes kommune.

Oppslag i media og meldinger som har kommet til Statens vegvesen kan tyde på at slike kryssløsninger ikke fungerer like bra for alle trafikantgrupper. Bilister og syklister har gitt utrykk for at de opplever det frustrerende å måtte vente på bussen når de selv skal i samme kjøreretning og uten at de er i konflikt med bussen.

Statens vegvesen har registrert at bilistene i større grad enn normalt kjører mot rødt lys og at en kanskje så mange som halvparten av de syklende velger å sykle i strid med lyssignalet.

Bakgrunnen for valg av oppgave er først og fremst et ønske om å finne ut hvordan signalregulerte rundkjøringer med midtstilt bussfelt fungerer. Ikke bare for bussen, men også for syklende og andre kjørende trafikanter.

Det er et mål at denne oppgaven kan bidra til å gjøre rundkjøringer med midtstilt bussfelt så effektive og velfungerende som mulig, i første rekke for busstrafikken og de syklende, og uten at biltrafikken blir unødig skadelidende i form av forsinkelser og kø.

Signalregulerte rundkjøringer er definert som standard kryssløsning i «Bussveien» - prosjektet på nord-Jæren. Få slike signalregulerte rundkjøringer er hittil etablert, mens et stort antall er under planlegging og prosjektering.

Evalueringen av de etablerte rundkjøringene, kan gi fagmiljøer og beslutningstakere nyttig kunnskap i dette arbeidet.

Eventuelle forbedringspunkter kan i innføres i planleggings- og prosjekteringsfasen - før bygging. Det er viktig å investere tilstrekkelig med tid på planlegging og prosjektering av gode trafikale løsninger fremfor etablering av løsninger som viser seg å ikke fungere optimalt.

1.2 Historien bak dagens kryssløsning

Mellom Stavanger og Sandnes foregår det i dag en etappevis utbygging av midtstilt bussfelt på fv.44, som er av de viktigste forbindelsesvegene mellom de to største byene på Nord-Jæren. Hovedformålet med etableringen av det midtstilte bussfeltet er å skape en forsinkelsesfri hovedåre for kollektivtrafikken mellom de to byene, med en klar henvisning til et overordnet nasjonalt mål om at all fremtidig trafikkvekst skal tas med kollektivtrafikk, sykkel og gange.

Flere års diskusjoner om kollektivløsninger på Nord-Jæren ble oppsummert og landet i rapporten «Konseptvalgutredning (KVU) for transportsystemet på Jæren» (Rogaland fylkeskommune, 2009). Med bakgrunn i denne fattet Rogaland fylkesting i desember 2012 et vedtak om en buss- og jernbanebasert kollektivtransportutvikling i Jæren-regionen, som består av kommunene Stavanger, Sandnes, Sola, Gjesdal, Time og Klepp.

Denne satsingen er nå konkretisert i prosjektet «Bussveien» som innebærer etablering av til sammen ca. 50 km med nye bussfelt på Nord-Jæren. Satsingen inkluderer bygging av ca. 13 km midtstilt bussfelt, forberedt for bybane, mellom de to største byene i regionen, Sandnes og Stavanger.

FIGUR 1 OVERSIKTSKART BUSSVEIEN

Figur 1 viser Bussveien med til sammen 50 kilometer sammenhengende bussfelt på Nord-Jæren som skal være etablert innen 2021. Disse 50 kilometrene er inklusive strekningen mellom Stavanger og Sandnes som det skal etableres midtstilt bussfelt på med tanke på en fremtidig bybane. Ca 12-13 av de ovennevnte 50 kilometerne i bussveiprosjektet planlegges midtstilte. De resterende vil være en sidestilte bussfelt eller egne bussgater uten øvrig trafikk. I oktober 2015 besluttet for øvrig Rogaland fylkesting at det skal etableres et trolleybussystem i Bussveien.

Reguleringsplanen for de første midtstilte kollektivfeltene på fv. 44 gjennom bydelen Hillevåg i Stavanger ble vedtatt i kommunestyret i september 2009. På dette tidspunktet var KVU for transportsystemet på Jæren under utvikling og det var følgelig ikke tatt endelig stilling til hvilke kollektivsystem det skulle satses på i fremtiden.

Reguleringsplanen viste derfor en løsning med midtstilte kollektivfelt som relativt enkelt kunne konverteres til bybanebruk, dersom KVU skulle konkludere med dette. Kryssene var regulert som rundkjøringer med kjørefelt for buss som gikk gjennom sentraløya.

Statens vegvesen sendte i juli 2009 en søknad til Vegdirektoratet om å få tillatelse til å kjøre busstrafikken gjennom rundkjøringens sentraløy i det første krysset mellom Bussveien og fv. 428 Sandvikveien i Stavanger kommune.

Det er nå bygget til sammen 1,6 km midtstilte kollektivfelt på fv. 44 i Stavanger kommune. Disse 1,6 kilometerne utgjør to av tre etapper i den regulerte strekningen på totalt 2,5 kilometer. Den første etappen som er ca. 0,9 km lang ble åpnet i november 2011. I september 2013 ble den andre etappen med lengde 0,7 km åpnet. Til sammen på de to strekningene er det to signalregulerte rundkjøringer med midtstilt kollektivfelt gjennom sentraløya. Den tredje etappen på ca. 0,9 kilometer er i skrivende stund under bygging.

Gjennomsnittlig årsdøgntrafikk (ÅDT) på fv. 44 mellom Stavanger og Sandnes varierer, men er ca. 15.600 kjøretøyer like sør for krysset mellom fv. 44 Hillevåg og Fv. 428 Sandvikveien (2015). Fv. 44 er i dag hovedsakelig regulert som forkjørsveg mellom de to byene, men har et stort antall rundkjøringer og andre typer kryss som fører til fremkommelighetsproblemer og trafikkulykker. I rushtiden går det ca. 15 busser i timen i hver av retningene. (Ytreland, 2015).

Statens vegvesen

Trafikkmengde - årsverdier - kjøretøy

NorTraf

Region: **Vest**

Retning: **Sum begge retninger**

Periode: **2015**

HILLEVÅG/SKJÆRING, Rogaland, FV44 HP 9 Meter 3670 (1100011)

Lengdekl.	ÅDT	ÅDT avvik	YDT	YDT avvik	HDT	HDT avvik	SDT	SDT avvik	JDT	JDT avvik
Alle	15644	67	17711	74	10975	48	15058	0	12919	0
Mindre enn 5,6m	14500	63	16300	70	10435	47	13932	0	11944	0
Større eller lik 5,6m	1144	8	1411	10	540	5	1126	0	975	0

FIGUR 2 ÅDT-VERDIER FRA NIVÅ-1 PUNKTET VED SKJÆRINGEN 2015

Slik som planene er nå, skal det bygges til sammen ca. 20 nye rundkjøringer mellom Stavanger og Sandnes. Det midtstilte kollektivfeltet skal gå gjennom sentraløya i alle rundkjøringene.

1.3 Formålet med arbeidet

Formålet med denne oppgaven er å skaffe kunnskap om hvordan signalregulerte rundkjøringer med bussfelt gjennom sentraløya fungerer for de kjørende trafikantene, innbefattet syklister.

I oppgaven settes det fokus på hvordan denne krysstypen fungerer. Funksjonsbegrepet er i stor grad knyttet til fremkommelighet og trafikkavvikling og i liten grad til trafikksikkerhet.

Det er i oppgaven valgt å se bort fra fotgjengerne som trafikantgruppe. De gående vil stort sett forholde seg på samme måte som i en tradisjonelt utformet rundkjøring. Løsningene for gangtrafikken innbefattes ikke av signalanlegget og berøres ikke av bussfeltene gjennom sentraløya.

Det er kryssets særegenheter som er i søkelyset. Bussfeltene gjennom sentraløya særpreger denne kryssløsningen sammen med signalanlegget.

1.4 Omfanget av arbeidet

Masteroppgaven er begrenset til 30 studiepoeng og en samlet arbeidstid på ca. 20 uker. Arbeidet er derfor konsentrert om en bestemt rundkjøring på fv. 44 i bydelen Hillevåg i Stavanger kommune, som var den første rundkjøringen som ble bygget med bussfelt gjennom sentraløya.

Rapporten forsøker å belyse hvordan denne bestemte signalregulerte rundkjøringen fungerer for kjøretrafikken, inklusive sykkeltrafikken. De trafikale forholdene for gående er ikke vurdert eller belyst. Trafikksikkerhetsmessige utfordringer er bare påpekt, ikke utdypende analysert.

Rapporten inneholder forslag til forbedringspunkter. Disse er bare skissemessig beskrevet. Forbedringspunktene er ikke basert på eksisterende regelverk og vegnormaler for signalregulering, skilting og geometrisk utforming, men gjort på et fritt grunnlag ut fra en trafikkteknisk vurdering av kryssets geometriske utforming og de stedlige forhold.

Det er i oppgaven foretatt modellering av rundkjøringen i trafikksimuleringsprogrammet SIDRA INTERSECTION. Programmet er for enkelthets skyld kalt SIDRA videre i rapporten. Programmets oppbygging og virkemåte er for øvrig beskrevet i kapittel 5.3. Konkrete

eksempler på aktuelle dialogvinduer for innlegging og uttak av data i SIDRA er vist i rapportens vedleggsdel.

Fremgangsmåten og vurderinger som er gjort ved simuleringen er detaljert beskrevet i analysedelen i kapittel 8. Både dagens kryssløsning og de foreslåtte modifiserte kryssløsningene er forsøkt modellert, beregnet og analysert. Resultatene fra modelleringen av eksisterende løsning er sammenholdt med feltobservasjoner for kalibrering og validering.

Oppgaven inneholder videre et litteratsøk. Søkeresultater fra bibliotektjenesten til Statens väg- og transportforskningsinstitutt i Sverige (VTI) tyder på at det foreligger få studier som dokumenterer erfaringer med kollektivprioritering gjennom rundkjøringers sentraløy. VTI mener at det kan være to mulige forklaringer på manglende dokumentasjon eller få funn i litteratursøk. En grunn kan være at det ikke er skrevet mye om dette temaet, en annen kan være at eventuell litteratur ikke er søkbar. Dessuten er det slik at den eksisterende litteraturen om dette temaet ofte er tilpasset lokale forutsetninger (Siedler & Ruud, 2012).

Det er likevel funnet noen få relevante studier som omhandler temaet i denne oppgaven. Rapporten inneholder noen eksempler på sammenlignbare kryssløsninger i Norge og utlandet.

Hoveddelen av oppgaven har bestått av innhenting av data og gjennomføring av trafikkregistreringer samt bearbeiding og tolking av disse. De to viktigste parametrene som er behandlet i modeller forsinkelse og kølengde. Relevante faguttrykk er beskrevet og forklart.

Det er i oppgavesammenheng gjort en spesiell registrering av sykkeltrafikken i for å finne ut hvordan de syklende forholder seg til signalanlegget i rundkjøringen. Resultatene fra denne registreringen er utfyllende beskrevet i kapittel 8.

1.5 Begrensing av rapportens arbeid med temaet

Rapporten fokuserer i all hovedsak på trafikkavviklingskvaliteteten i det aktuelle krysset. Trafikksikkerhetsbetraktninger er ikke viet mye oppmerksomhet. Konfliktpunkter og trafikksikkerhetsutfordringer er påpekt, men ikke utdypende behandlet.

Det er heller ikke gjort vurderinger i andre tilsvarende kryss på samme kollektivstrekning.

De skisserte forbedringstiltakene i krysset er ikke vurdert opp mot gjeldende forskrifter og regelverk eksempelvis for skilting, oppmerking og signalanlegg. Anbefalingene er derfor gitt på et fritt grunnlag, men basert på resultatene fra oppgaven og faglige vurderinger.

Problemstillinger rundt fremkommelighet og trafikkavvikling for gående er ikke vurdert.

Det er ikke gjort beregninger av sykkeltrafikken i SIDRA. I analysene av det aktuelle krysset er det i større grad fokusert på trafikkavvikling, kø og forsinkelse på fv. 44 Hillevågsveien og i mindre grad på de to sidevegene fv. 428 Sandvikveien og Øvre Sandvikveien.

1.6 Beskrivelse av rapportens oppbygging

Rapporten er delt inn i fire deler.

Den første innledende delen er en enkel litteraturstudie og omhandler kort den litteratur som er funnet om temaet. Her er det forsøkt å kartlegge litteraturen og knytte denne opp mot den konkrete kryssløsningen og problemstillingen som er utgangspunkt for rapporten. Innholdet i litteraturen er kort beskrevet. Det er også foretatt en oppsummering av de viktigste, relevante funnene. I denne delen er delen er dagens kryssløsning utfyllende beskrevet. Den inneholder fakta om trafikkvolum, kryssets geometriske utforming samt signaleggets funksjon og virkemåte. Kryssløsningen er videre illustrert med bl. annet oversiktsbilder og signaltegninger. Planene for utbyggingen av hele trekningen mellom Stavanger og Sandnes er også enkelt beskrevet. Det presenteres videre hvordan trafikkregistreringene i krysset er planlagt og gjennomført og hvilke resultater som har fremkommet. Det er også gjort rede for hvilke vurderinger som ligger bak valg av tidspunkt for registreringene samt hvilken kvalitet en antar å ha på det registrerte tallmaterialet. Til slutt forklares hvordan sykkelregistreringene er gjennomført og hvilke resultater som har fremkommet.

Den andre delen består hovedsakelig av analysen og modelleringen av dagens løsning i SIDRA. Det er også foretatt en sammenligning av resultater fra modell mot observerte data som eksempelvis kølengder og forsinkelse. Innledningsvis er det en kort beskrivelse av trafikkmodelleringsprogammet SIDRA med fokus på oppbygging, virkemåte og resultater. Denne delen inneholder også informasjon om hvilke type data som legges inn og hvilke data en kan hente ut av SIDRA.

I den tredje delen blir det foreslått alternative reguleringer av krysset der en forsøker å ta hensyn til alle trafikantgruppene. Så langt det lar seg gjøre, blir disse alternative løsningene analysert og evaluert ved hjelp av SIDRA.

Til slutt blir det i den fjerde delen blir det foreslått en regulering av krysset som gir en høy prioritet for kollektivtrafikken uten at andre trafikantgrupper blir unødig hindret. Det er ut fra

denne foreslåtte nye reguleringen foreslått retningslinjer og anbefalinger for hvordan kollektivtrafikk kan prioriteres i rundkjøringer, uten at dette går på bekostning av de andre trafikantgruppene sin fremkommelighet.

2 Problemstilling og metode

I dette kapittelet beskrives hvilke vurderinger som ligger bak valg av metode som er benyttet for å kunne besvare spørsmålet om hvordan signalregulerte rundkjøringer fungerer for de kjørende. Det er også gjort en kort redegjørelse for begrepene kvalitativ og kvantitativ metode.

2.1 Alternative metoder

Det er innen forskning vanlig å benytte både kvalitativ og kvantitativ metode for å finne svar på problemstillingen eller hypotesen som det skal forskes på. Eller en kombinasjon av disse.

Kvantitative metoder kan sies å være forskningsmetoder som benytter tall og statiske størrelser (kvantifiseres). Kvantitative metoder for datainnsamling innen veg- og trafikkfaget kan eksempelvis være registreringer av kø og forsinkelse. Denne type datainnsamling etterfølges normalt av statistiske analyser. Resultatene av kvantitative metoder kan altså benyttes til å besvare spørsmålene det søkes svar på. Produktet av registreringene blir da tall eller tallrekker, eksempelvis antall sekund forsinkelse pr. kjøretøy eller antall passerte kjøretøyer pr. tidsenhet. Resultatene kan fremstilles på ulike måter i tabeller og grafer. De kan også benyttes modellereringsprogrammer for å behandle tallverdiene - som det gjøres i denne oppgaven.

Ved bruk av kvalitativ metode hentes data inn eksempelvis ved hjelp av intervjuer, spørreundersøkelser og/eller observasjoner av adferd. Kvalitativ metode innhenter kunnskap ved å undersøke relativt få forekomster i motsetning til kvantitativ metode som ofte baserer seg på store datamengder.

Det kan også benyttes en kombinasjon av kvalitativ og kvantitativ metode. Den kvalitative forskningen kan f.eks. utdype kvantitative funn og totalt sett gi en bedre forståelse av årsakene bak dem.

2.2 Valg av metode

I denne oppgaven er det hovedsakelig brukt kvantitative metoder for å svare på spørsmålene. Dette fordi det har vært et ønske om å kvantifisere trafikkvolum fordelt på svingebevegelser, registrere forsinkelser for kjøretrafikken relatert til signalanlegget, registrere antall syklister som passerer krysset og gående som krysser i gangfeltene. Det er til en viss grad er det også benyttet kvalitative metoder. Det er eksempelvis gjennomført flere videoopptak, som ikke bare er benyttet til trafikkregisteringer, men også til observasjoner av bilister og syklisters adferd i

kryssområdet. Blant annet er det gjort observasjoner av kølengder og av syklistenes opptreden i forhold signallyset. Bussjåførenes adferd er også observert og kort beskrevet. De kvantitative metodene innbefatter i denne oppgaven ikke intervjuer og spørreundersøkelser.

3 Litteratursøk

I dette kapitlet blir det faglige innholdet i litteraturen som er funnet på området kort beskrevet. Det er under hvert litteraturfunn gjort en enkel oppsummering av hva som eventuelt er sagt om fremkommelighet i signalregulerte rundkjøringer med bussfelt gjennom sentraløya. Til slutt er hele litteratursøket oppsummert punktmessing med de viktigste og mest relevante funnene.

Hensikten med litteratursøket har vært å finne ut om det finnes relevant litteratur som kan fortelle noe om hvordan signalregulerte rundkjøringer med midtstilt kollektivfelt fungerer for bussen og for andre trafikanter. Ikke først og fremst trafikksikkerhetsmessig, men i forhold til avvikling. Er det gjort registreringer på forsinkelse i slike rundkjøringer? Finnes det tilsvarende rundkjøringer i Norge eller utlandet som det er gjort studier- eller undersøkelser på og er disse eventuelt sammenlignbare med krysset som er case i denne oppgaven?

Litteratursøket har i hovedsak blitt gjort på følgende måter:

- Internettsøk via scholar.google.no og www.google.no
- Litteratursøk i fagdatabaser, blant annet i Statens vegvesen, NTNU, TØI og SINTEF
- Kontakt med personer forskningsmiljøer og i Statens vegvesen

Kort oppsummert er min erfaring at faglitteratur, studier og undersøkelser som omhandler trafikkavvikling og trafikksikkerhet i rundkjøringer hvor buss kjører gjennom sentraløya vært vanskelig å finne. Spesielt er fremkommelighet et tema som er lite berørt.

Flere av rapportene som er funnet, overlapper hverandre ved at de beskriver samme type kollektivløsninger og viser til de samme eksemplene på rundkjøringer med bussfelt gjennom sentraløya. Spesielt er kollektivløsningene i byene Nantes og Lorient i Frankrike hyppig beskrevet. Følgende rapporter er funnet:

RAPID–Utredning om fremkommelighet for kollektivtransporten (Asplan Viak)

Asplan Viak AS har gjennomført et prosjekt som blant annet undersøkte effektene av å føre bussen gjennom sentraløya i rundkjøringer. Prosjektet benyttet trafikksimuleringsprogrammet Aimsun. Analysen tok utgangspunkt i to rundkjøringer på Jonsvannsveien i Sør-Trøndelag fylke. Tre ulike kryssløsninger ble simulert. Den første var dagens situasjon. Den andre med midtstilt kollektivfelt som ble opphevet før krysset og til sist en løsning hvor bussen ble kjørt gjennom sentraløya uten å måtte vike for annen trafikk.

Resultatet fra simuleringene viste at reisetiden for buss ble redusert med ca. 50 sekunder når den kjører gjennom sentraløya sammenlignet med fletting ca. 30 meter før rundkjøringen. Det ble også beregnet at reisetiden for buss som kom fra sideveg økte med ca. 30 sekunder når det etableres midtstilt kollektivfelt i hovedvegen. Videre er det sagt i rapporten at kombinasjon av rundkjøring og signalregulering i samme kryss kan gi bedre fremkommelighet for prioriterte trafikanter, men vil redusere framkommeligheten for andre enn prioriterte trafikanter i forhold til rundkjøring uten signalregulering (Halvorsen, B., 2012).

Min vurdering av denne rapporten, som for så vidt er konkret i forhold til en eventuell reisegevinst eller forsinkelse for bussen, er at den ikke uten videre kan overføres til rundkjøringen som er case i denne oppgaven. Simuleringen er gjort på en bestemt strekning i Trondheim og i tre rundkjøringer. Disse har ulike karakteristika i forhold til utforming og størrelse. Ingen av rundkjøringene er geometrisk helt like rundkjøringen som er case i denne rapporten. I krysset mellom Jonsvannsveien og Kong Øysteins vei går bussfeltet til venstre i rundkjøringen og kun i vestgående retning, mens bussfeltene går rett fram i krysset mellom Jonsvannveien og Brøsetveien og i krysset mellom Jonsvannveien og Frode Rinnans vei.

Rapporten er den eneste av de jeg har funnet som kvantifiserer reisetidsgevinsten for bussen.

3.1 Evaluering av midtstilte kollektivfelt fv. 44 Hillevåg (Statens vegvesen)

Statens vegvesen har gjennomført en erfaringsevaluering av en 1,6 km lang vegstrekning i Stavanger kommune som har midtstilte kollektivfelt og to signalregulerte rundkjøringer med bussfelt gjennom sentraløya. Rapporten er utarbeidet etter krav fra Vegdirektoratet i forbindelse med godkjenningen av denne spesielle kryssløsningen som et prøveprosjekt (Ytreland, 2015).

Erfaringsevalueringen som er gjort av de første 1,6 km av «Bussveien-prosjektet» har sett på virkningen av tiltaket med tanke på valg av transportmiddel og hvordan det å kjøre bussfeltene gjennom sentraløya i rundkjøringene fungerer med tanke på trafikksikkerhet og trafikkavvikling. Det er gjort observasjoner av trafikantadferd og utført reisetidsregistreringer av busstrafikken. Forsinkelser for busstrafikken er registrert og sammenlignet med førsituasjonen. Det er videre gjort trafikktellinger i krysset mellom fv. 44 Hillevågsveien og Sandvikveien ved to anledninger. Rapporten ser også på betydningen av tiltaket for fotgjengerne i forhold til risiko og avvikling.

Den 1,6 kilometer lange strekningen som evalueres i rapporten hadde før utbyggingen to kjørefelt. Gang-/sykkeltilbudet var tosidig og vekslet mellom fortau og gang-/sykkelveg.

Bussene kjørte i de ordinære kjørefeltene og stanset i busslommer. Etter utbyggingen er det fortsatt to ordinære kjørefelt, men vegen har nå midtstilte bussfelt, tosidige sykkelfelt og tosidig fortau som gjennomgående løsning

FIGUR 3 FØR- OG ETTER UTBYGGINGEN

Figur 3 viser fv. 44 Hillevågsveien før- og etter utbyggingen. Bildene er tatt fra samme sted.

Den aktuelle strekningen ses på figur 4 til høyre. De gule strekene indikerer start- og sluttpunkt. Strekningen har nå, etter utbyggingen to fullverdige kryss, hvor begge er signalregulerte rundkjøringer med bussfelt gjennom sentraløya. Disse nye kryssene er markert med blå sirkel. Alle øvrige avkjørsler og mindre kryss er utformet som høyre av -/ høyre på løsning, hvor venstresvingebehovet løses gjennom U-sving i nærmeste rundkjøring. Det har i prosjektet vært ønskelig å fjerne kryss hvor det tillates venstresving, ettersom dette innebærer kryssing av de midtstilte bussfeltene. Før utbyggingen var det nordre av disse to kryssene rundkjøring, mens det søndre krysset var et signalregulert x-kryss. I tillegg hadde fv. 44 før utbyggingen ytterligere ett signalregulert kryss samt flere vikepliktsregulerte kryss og avkjørsler. Det nordre av de to

FIGUR 4 AKTUELL STREKNING

hovedkryssene, krysset fv. 44 x Sandvikveien, er nå utformet som signalregulerte rundkjøringer hvor bussene kjører gjennom sentraløya. Både i førsituasjonen og etter utbyggingen hadde alle fire armene kun ett kjørefelt for bil og buss inn mot rundkjøringen.

FIGUR 5 BILDER AV FØR- OG ETTERSITUASJONEN I KRYSSET (YTRELAND, 2015)

Figur 5 viser et av kryssene på strekningen før- (til venstre) og etter utbyggingen.

	Førsituasjon			Ettersituasjon		
	Buss inkl. holdeplasstid	Buss eks. holdeplasstid	Bil	Buss inkl. holdeplasstid	Buss eks. holdeplasstid	Bil
Morgenrush						
Gjennomsnitt	04:36	03:05	03:05	04:06	03:00	03:19
Raskeste tur	02:55	02:34	02:34	02:44	02:38	02:30
Langsomste tur	06:40	03:46	03:46	06:14	03:42	05:07
Ettermiddagsrush						
Gjennomsnitt	04:46	03:15	03:15	04:29	03:07	03:49
Raskeste tur	03:16	02:40	02:40	03:06	02:30	02:34
Langsomste tur	06:49	04:28	04:28	06:10	03:55	05:50

TABELL 1 REISETIDER (YTRELAND, 2015)

Tabell 1 viser resultatene fra reisetidsregistreringene. Om man sammenligner resultatene fra før- og ettersituasjonen ser man at bussene i gjennomsnitt har omtrent samme reisetid i både morgen- og ettermiddagsrush, men at førsituasjonen for bussene er mer følsom ved stor trafikkbelastning. Dette kan en se på reisetidene for langsomste tur (rød sirkel). For biltrafikken har gjennomsnittlig reisetid har gått opp både i formiddags- og ettermiddagsrushet. Totalt sett ser det ut som innføringen av midtstilt kollektivfelt med sammen med rundkjøringer med

bussfelt gjennom sentraløya har ført til bedre fremkommelighet for busstrafikken, men dårligere fremkommelighet for biltrafikken. Man ser at reisetiden for biltrafikken på langsomste tur har gått opp med nesten tre minutter, mens den på raskeste tur har gått opp med over ett minutt. Gjennomsnitts reisetid for bilistene har totalt sett økt med 14 sekunder i morgenrushet og 24 sekunder i ettermiddagsrushet.

Den aktuelle strekningen inngår som en viktig del av hovedrutenettet for sykkel. Trafikkreglene betrakter syklister som kjørende som skal stanse for rødt lys, på lik linje med bilister. Som prioritert gruppe i transportsammenheng, er det åpenbart uheldig at syklistene holdes tilbake, også når de ikke har vært i konflikt med bussene gjennom krysset. Dette påpekes som en utilsiktet konsekvens av signalreguleringen. Det vises for øvrig til offentlige styringsdokumenter hvor det heter at sykkel og gange skal prioriteres.

Rapporten påpeker videre at sykkelboksen foran stopplinjen for bilistene ofte blir benyttet av bilene som stanser for det røde lyset ved syklistenes stopplinje. Det ble for øvrig senhøstes 2015 lagt rød farge i sykkelboksene for å synliggjøre disse bedre i den hensikt at bilistene i større grad stanser ved stopplinjen (min kommentar). Det er i forbindelse med rapportarbeidet ikke gjort registreringer av eventuell sykling mot rødt lys, men slik sykling er observert i forbindelse med andre registreringer.

Denne evalueringsrapporten tar opp relevante problemstillinger som jeg søker svar på i oppgaven. Den sier noe om reisetiden for buss- og kjøretrafikken i før- og ettersituasjonen. Resultatene kan benyttes som referanse for mine forsinkelsesregistreringer som skal gjennomføres i rapportarbeidet.

Videre er det i rapporten gjort noen enkle betraktninger av sykkeltrafikken. Det indikeres at enkelte av syklistene ikke respekterer rødt lys samtidig som løsningen generelt påpekes som uheldig for syklistene i forhold til fremkommelighet.

3.2 BRT og bussprioritering gjennom rundkjøring (Urbanet Analyse)

Rapporten er gjennomført av Urbanet Analyse og er en oppsummering av litteratursøk hvor kjennetegn ved BRT (Bus Rapid Transit) - løsninger fra fire norske byer er beskrevet. Det er videre hentet inn ulike erfaringer med effekter av å kjøre buss gjennom sentraløya fra utlandet. Rapporten oppsummerer litteratursøket med at det finnes få studier eller undersøkelser om temaet og at de som finnes ofte er tilpasset lokale forutsetninger og derfor ikke uten videre kan overføres til andre stedlige, lokale forhold (Siedler & Ruud, 2012).

Denne rapporten understreker mine erfaringer om at det finnes lite litteratur som beskriver erfaringer med bussfelt gjennom sentraløya i rundkjøringer.

3.3 Tiltak for fotgjengere og kollektivtrafikk i bykryss (TØI)

Det vises i denne rapporten til flere eksempler fra Frankrike og fra Gøteborg i Sverige hvor en har kollektivprioritering gjennom rundkjøring. I de franske byene Nantes og Lorient er de fleste kryssene på viktige busstraséer i sentrum utformet som rundkjøring med egne bussfelt gjennom sentraløya.

Rundkjøringene som det vises til i Nantes er signalregulerte. Bilene som er i konflikt med bussen, må vente på grønt lys når den kommer. I bydelen Triskell i den franske byen Lorient går bussen gjennom sentrumsområdene i en egen trasé. I denne byen benyttes signalanlegg i noen rundkjøringer, mens det i andre er innført vikeplikt (skilt og oppmerking) for biler som skal krysse bussveien. I bydelen Triskell i Lorient er fartsgrensen 30 km/t i sentrum ved rundkjøringer og kryss. Det er for øvrig tillatt å sykle i kollektivfeltet som går gjennom sentraløya i rundkjøringene i denne bykjernen. I følge rapporten har det skjedd relativt få trafikkulykker knyttet til disse kryssløsningene (Sørensen, M.W., Loftsgarden, T., 2010).

Det heter i rapporten at: «hovedinntrykket fra disse undersøkelsene er at løsningene gir fordeler for bussen sin fremkommelighet i form av redusert reisetid, effekten er imidlertid sjeldent kvantifisert» (Sørensen, M.W., Loftsgarden, T., 2010, s. 89).

Denne rapporten er interessant for oppgaven. Rundkjøringer med bussfelt gjennom sentraløya, både med og uten signalanlegg er beskrevet. Rapporten sier dessverre ingenting konkret om hvordan kryssløsningen påvirker fremkommelighet for andre trafikantgrupper enn busstrafikken. For mer detaljert beskrivelse av løsningene i Gøteborg, Nantes og Lorient vises det til kapittel 3.8.

3.4 Hvilken betydning har kollektivfelt ført i gjennom sentraløy i rundkjøring på sikkerhet og fremkommelighet (Statens vegvesen)

Rapporten er en prosjektoppgave hvor en har tatt utgangspunkt i en bestemt rundkjøring i Oslo hvor trikken kjører gjennom rundkjøringens sentraløy. Analysen konkluderer med at trafikksikkerheten er akseptabel i det trikken kjører ut av sentraløya. Generelt har antall trafikkulykker gått ned i kryssene etter at rundkjøringer med gjennomkjørbar sentraløy for trikk ble etablert. Fremkommeligheten for buss og trikk forutsettes å bedres ved denne løsningen.

For øvrig påpekes det i rapporten at det av sikkerhetsmessige hensyn bør etableres signalanlegg dersom bussen skal kjøres gjennom sentraløya (Kvambe, Lovisendal, & Spørck, 2009).

Rapporten legger til grunn at buss og trikk vil ha fremkommelighetsgevinst. Det er i rapportarbeidet ikke gjennomført målinger eller observasjoner som konkretiserer denne antatte effekten på bussens fremkommelighet i rundkjøringer med kollektivfelt gjennom sentraløya.

Denne rapporten har begrenset nytte i oppgavearbeidet.

3.5 Rundkjøringer og kollektivtrafikkens fremkommelighet (SINTEF)

Rapporten ser nærmere på rundkjøringer som trafikkeres av buss og trikk i ulike byer i Norge og i utlandet. Den har samlet en del informasjon om bruken av rundkjøring i bymessige områder. Rapporten omtaler løsninger for å føre trikk gjennom sentraløya og gjør vurderinger i forhold til tilsvarende løsninger for buss i Oslo. Det anbefales å etablere eget belegg eller brostein for å synliggjøre trikken (eller buss) som føres gjennom sentraløya (Giæver & Tveit, 2006). Rapporten sier for øvrig ingenting om hvilke forbedringer man eventuelt kan få i fremkommelighetsgevinst i form av redusert reisetid, ved bruk av en slik løsning.

Rapporten er 10 år gammel og relativt generell og lite kontret i forhold til problemstillingen min, men gir nyttige anbefalinger om å synliggjøre busstraséen gjennom rundkjøringen av trafikksikkerhetshensyn.

3.6 Samspill mellom sykkel og kollektivtiltak (TØI)

Rapporten setter fokus på samspillet mellom sykkel og kollektivtrafikk og kommer med forslag til tiltak og gir eksempler på hvordan dette samspillet kan styrkes. Det er i rapporten ikke tatt hensyn til gjeldende vegnormaler og retningslinjer. Flere av de beskrevne løsningene avviker derfor fra gjeldende regelverk. Rapporten viser blant annet til løsninger fra Frankrike (Lorient) der de syklende har lov til å sykle rett frem i rundkjøringene sammen med kollektivtrafikken (Sørensen, 2013).

Det hevdes i rapporten at sykkeltrafikken som ledes gjennom sentraløya i rundkjøringer gir økt fremkommelighet framfor tradisjonelle løsninger hvor de syklende føres sammen med biltrafikken gjennom sirkulasjonsarealet. Det er imidlertid ikke vist til registreringer eller observasjoner som kan underbygge denne antagelsen. Rapporten er ikke konkret nok i forhold til å gi svar på hovedspørsmålet i oppgaven min, men er interessant i forhold til tiltak for syklistenes fremkommelighet.

3.7 Superbusskonsept og midtstilt kollektivfelt (Statens vegvesen)

Denne rapporten fra Statens vegvesen omhandler ulike superbusskonsept og beskriver erfaringer med midtstilt plassering av kollektivfelt. Det er gjort både nasjonale og internasjonale litteratursøk. Rapporten gir anbefaling om hvordan Statens vegvesen skal gå frem ved planlegging av slike tiltak. Erfaringen som er gjort viser at det internasjonalt er det mest vanlig at superbusstraséer legges midtstilt i gater med flere kjørefelt og at annen trafikk ikke tillates å kjøre i disse feltene.

Det anbefales i rapporten at fartsgrensen på slike busstraséer ikke må være høyere enn 40 km/t for å oppnå sikker kryssing for fotgjengerne, dersom kryssingsstedene ikke er planskilte. I flere utenlandske byer og langs superbusstraseen i Stavanger er det valgt å føre bussfeltene gjennom sentraløya i rundkjøringer. Det vises i rapporten relativt utfyllende til løsninger i Sverige og Frankrike hvor bussen har forkjørsrett gjennom rundkjøringer som eksempelvis Gøteborg i Sverige samt byene Lorient og Nantes i Frankrike.

FIGUR 6 NORRA ÄLVSTRANDEN, GØTEBORG (SØRENSEN, M.W., LOFTSGARDEN, T., 2010)

FIGUR 7 SIGNALANLEGG I RUNDKJØRINGEN I FIGUR 2 (MAPS.GOOGLE.COM, 2015)

Rundkjøringen som det refereres til i Gøteborg er vist på figur 6 og 7. Denne har signalanlegg for biltrafikken som skal svinge til venstre eller krysse kollektivtraséen rett frem. Bussen har signallys ved kjøring inn i rundkjøringen og ut av sentraløya, se innfelt bilde i figur 6.

Rapporten anbefaler for øvrig at midtstilt kollektivfelt blir innarbeidet i Statens vegvesens håndbokserie, først og fremst N100 *Veg- og gateutforming* (Statens vegvesen, 2014a) og V123 *Kollektivhåndboka* (Statens vegvesen, 2014c) (Frøyland, Ristesund, & Simonsen, 2014).

FIGUR 8 LORIENT I FRANKRIKE (FRØYLAND, RISTESUND, & SIMONSEN, 2014)

FIGUR 9 LORIENT I FRANKRIKE (MAPS.GOOGLE.COM, 2015)

Figur 8 og 9 viser Avenue du Faouédic i Lorient som har midtstilt kollektivfelt. Her er det ikke signalanlegg i rundkjøringen. Trafikken som skal svinge til venstre har vikeplikt for bussen regulert med skilt. I kjørebanen er det merket opp vikelinje som også markerer overgangen til bussfeltene. Det er brukt en spesiell farge på dekket for å fremheve busstraséen. Fartsgrensen er satt til 30 km/t på denne busstraséen gjennom sentrum i Lorient.

FIGUR 10 NANTES I FRANKRIKE (MAPS.GOOGLE.COM, 2015)

FIGUR 11 NANTES I FRANKRIKE (MAPS.GOOGLE.COM, 2015)

Figur 10 og 11 viser bilder fra Nantes i Frankrike hvor det på Boulevard de Berlin er etablert midtstilte kollektivfelt som går gjennom sentraløya i rundkjøringene. Det er benyttet signalanlegg for å regulere venstresvingende biler og rett fram trafikken som krysser bussfeltene. Bussen har eget signallys før rundkjøringen som vist på innfelt bilde i figur 7. Bussen har ikke egen signalstolpe på sentraløya slik som i Gøteborg. Her er det som i Lorient brukt dekke med annen (lysere) farge for å markere kollektivfeltet, men bare i rundkjøringens sirkulasjonsareal, ikke på strekningen eller gjennom sentraløya (Frøyland, Ristesund, & Simonsen, 2014).

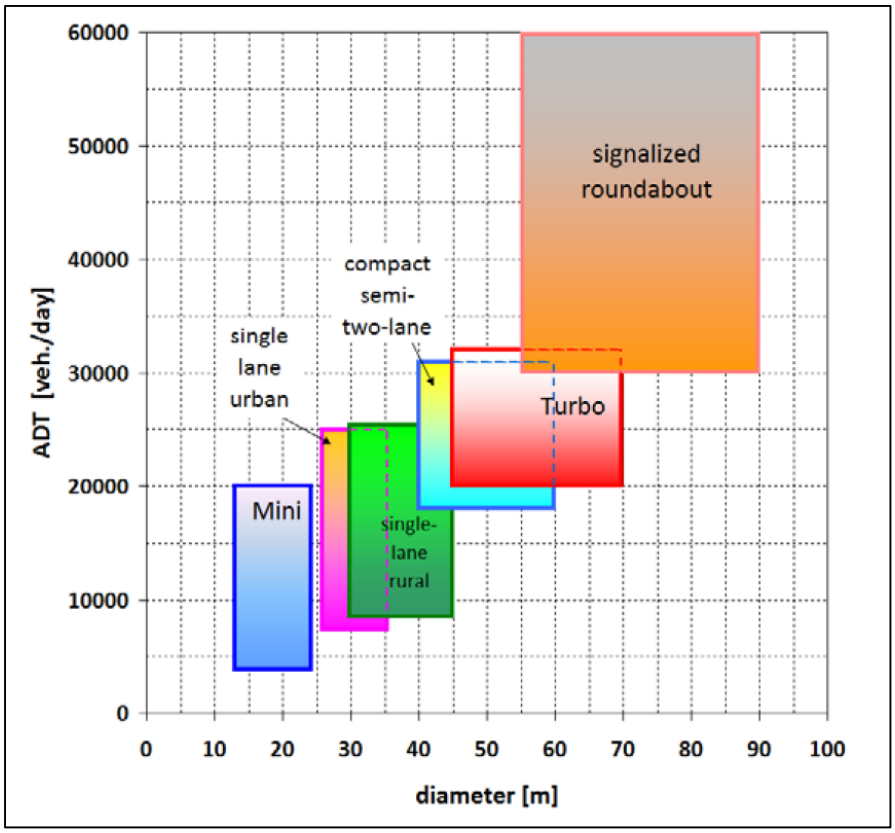
Rapporten legger ellers til grunn at slike trafikale løsninger gir fremkommelighetsgevinst for bussen, men det er ikke funnet eksakt dokumentasjon på denne gevinsten.

De konkrete løsningene interessante med tanke på eventuelle forbedringer av rundkjøringen som er case i oppgaven. Rapporten gir ikke svar på hvordan slike rundkjøringer påvirker trafikkavviklingen for andre trafikantgrupper enn busstrafikken.

3.8 Roundabouts: a State of the Art in Germany (Brilon, W.)

Rapporten beskriver ulike typer rundkjøringer og viser eksempler på utforming som betegnes som «State of the Art» i Tyskland. Rundkjøringene som omtales i rapporten er oppdelt i ulike kategorier og størrelser, herunder signalregulert rundkjøring med skinner for bybane eller trikk

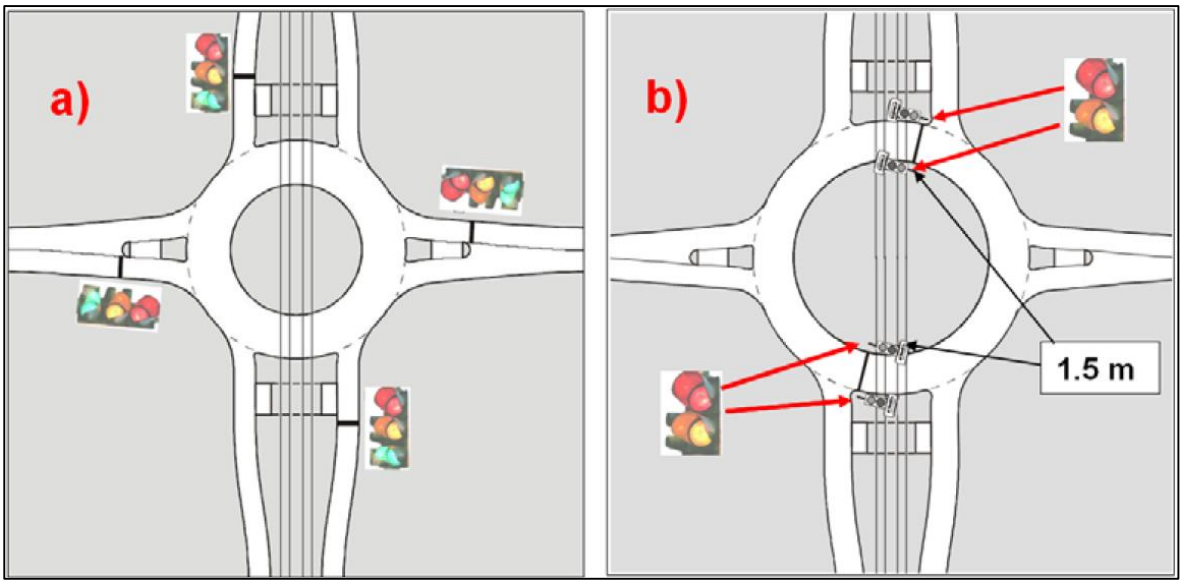
gjennom sentraløya. Det vises til to ulike løsninger for å lede bybane eller trikk gjennom slike rundkjøringer. Forfatteren hevder at slike rundkjøringer må utstyres med signalanlegg.



FIGUR 12 RUNDKJØRINGER - DIAMETER OG KAPASITET (BRILON, 2014)

Figur 12 som er hentet fra rapporten viser at signalregulerte rundkjøringer er definert med en ytre diameter mellom 55- og 90 meter og et potensiale på 30.000 – 60.000 kjøretøyer i døgnet.

Det er i rapporten beskrevet to ulike løsninger for signalregulering. Den ene alternativet, som er som er mest aktuelt i mindre signalregulerte rundkjøringer, er å regulere alle tilfartene med signallys. Det andre alternativet er å ha signallyset inne i sirkulasjonsarealet, like før skinnegangen for bybane eller trikk. Denne siste løsningen har ifølge rapporten ført til alvorlige personskadeulykker. Det har vist seg at etablering av signallys på begge sider (alt. b) som et avbøtende tiltak i konfliktpunktet, har økt trafikksikkehetsnivået i rundkjøringen.



FIGUR 13 SIGNALREGULERT RUNDKJØRING (BRILON, 2014)

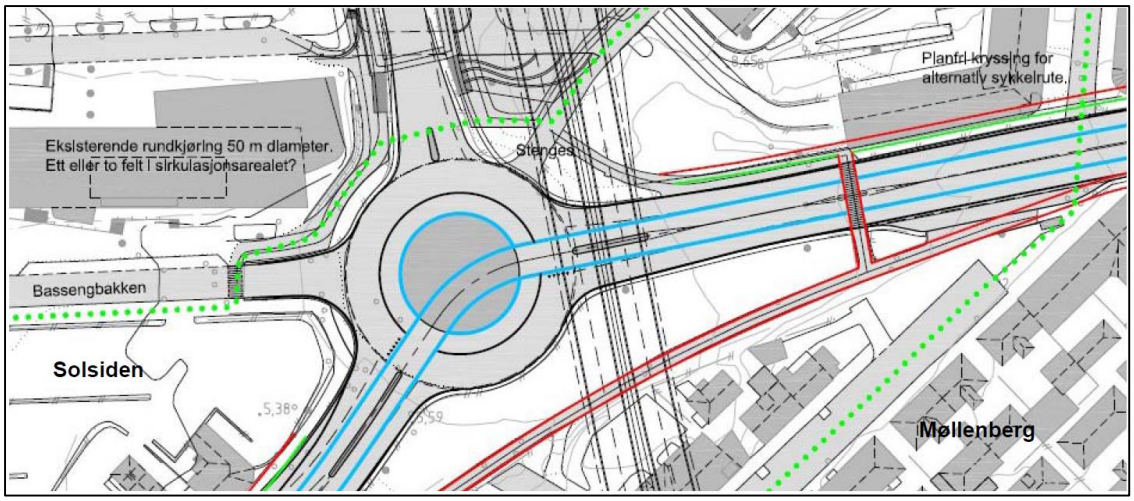
Figur 13 viser de to alternativene for signalregulering, enten plassert på utsiden av rundkjøringen til venstre i figuren (alt. a) eller inne i sirkulasjonsarealet som vist på bildet til høyre (alt. b) . Det anbefales videre at signalstolpene inklusive signalhodet inne i rundkjøringen skal ha en høyde på ca. 1,5 meter. Inne i rundkjøringen er det benyttet to-lys hoder, mens det er vist tre-lyshoder på utsiden av rundkjøringen.

Rapporten beskriver også ulike uttrykk (formler) for å beregne kapasitet i de ulike rundkjøringene, men inneholder ikke formelverk eller andre betraktninger om hvordan en kan beregne kapasitet i signalregulerte rundkjøringer (Brilon, 2014).

Rapporter er interessant fordi den beskriver to ulike konsept for plassering av signalstolper og nevner erfaringer med disse i forhold til trafikksikkerhet. Videre fordi den sier noe om hvilke mål på ytre diameter som er anbefalt for signalregulerte rundkjøringer.

3.9 Superbuss i Trondheim (Multiconsult AS)

Rapporten er en mulighetsstudie som viser flere rundkjøringer der superbussfeltene passerer rett gjennom sentraløya. Det hevdes at dette er et nytt prinsipp i Norge, og det derfor finnes lite erfaringer på utforming med hensyn på vikeplikt, sikt, skilting, trafikksikkerhet og framkommelighet. Det vises i rapporten ellers til et pilotforsøk under etablering i Stavanger, da med signalregulering. Det anbefales at Statens vegvesen (Vegdirektoratet) får utredet konsekvensene av en slik løsning, blant annet med erfaringsinnhenting fra andre land).



FIGUR 14 PRINSIPP FRA MULIGHETSSTUDIEN (FREMO, 2011)

Figur 14 som er hentet fra rapporten viser en skisse for superbusstrasé (merket med blå streker) gjennom rundkjøringen på Innherredsveien ved Bassengkanten i Trondheim. Rapporten påpeker ellers at fremkommeligheten for bilister, motorsyklister, scootere og elbiler som i dag benytter kollektivfeltet blir redusert som en konsekvens av etableringen av superbusstrasé (Fremo, 2011).

Trafikkavvikling og fremkommelighet i rundkjøringer med midtstilt bussfelt er ikke omtalt spesielt i denne mulighetsstudien. Rapporten er i mindre grad interessant for oppgaven, men viser at midtstilte kollektivfelt med bussfelt gjennom sentraløya regnes som aktuelle kryssløsninger for superbusstraséer.

3.10 Konklusjon

Det er funnet svært lite litteratur som omhandler og kvantifiserer fremkommelighet i signalregulerte rundkjøringer med bussfelt over sentraløya. De fleste funnene i litteratursøket er derfor i mindre grad relevante for hovedspørsmålet i denne oppgaven. Likevel er funnene nyttige fordi de sier noe om erfaringer og bruk av ulike varianter av geometrisk utforming, signalregulering, skilting, type belegg og fartsgrense. Enkelte rapporter sier noe om trafikksikkerhet og avvikling av sykkeltrafikken.

3.10.1 Fremkommelighet

Det er et fellestrekk i rapportene at kollektivløsninger med midtstilte bussfelt hvor bussen kjøres gjennom sentraløya i rundkjøringer oppfattes som fremkommelighetsmessig gunstig for busstrafikken. Ingen av rapportene kvantifiserer reisetidsreduksjon eller eventuell forbedring av fremkommeligheten for buss som føres gjennom sentraløya basert på trafikkregistreringer.

Evalueringsrapporten for midtstilte kollektivfelt gjennom fv. 44 i Hillevåg (Ytreland, 2015) inneholder data fra reisetidsmålinger i før- og ettersituasjonen, men jeg har ikke funnet konkrete *trafikkregistreringer* som kvantifiserer fremkommelighet eller forsinkelse for syklister eller bilister som kjører gjennom rundkjøringer med midtstilte bussfelt opp mot tradisjonelt utformede rundkjøringer utover dette. Det gjelder både signalregulerte og ikke signalregulerte rundkjøringer av denne typen.

Det er imidlertid gjort *simuleringer* i Trondheim som indikerer at reisetiden for buss som føres gjennom sentraløya er ca. 50 sekunder kortere enn ved tradisjonell fletting før sentraløya. Selv om disse resultatene ikke uten videre kan overføres til rundkjøringen som er case i denne oppgaven, er dette en interessant kvantifisering av reisetidsgevinst for buss som kjører gjennom sentraløya (Halvorsen, B., 2012).

For å slippe sykkeltrafikken frem er det i Lorient i Frankrike tillatt å sykle i de midtstilte bussfeltene og gjennom sentraløya i rundkjøringene (Sørensen, M.W., Loftsgarden, T., 2010).

Ellers påpekes det at syklister i signalregulerte rundkjøringer med midtstilt kollektivfelt er ikke tilstrekkelig prioritert (Ytreland, 2015)

3.10.2 Trafikksikkerhet

Det hevdes at syklistene opplever økt fremkommelighet og trafikksikkerhet i rundkjøringer når syklistene sykler sammen med busstrafikken (Sørensen, 2013). Det anbefales at rundkjøringer med midtstilt kollektivfelt av trafikksikkerhetshensyn signalreguleres for buss (Kvambe, Lovisendal, & Spørck, 2009). For å synliggjøre buss eller trikk som føres gjennom sentraløya anbefales det å benytte eget belegg eller brostein i bussfeltene (Giæver & Tveit, 2006).

I signalregulerte rundkjøringer med bussfelt gjennom sentraløya anbefales det ut fra trafikksikkerhetsmessige hensyn å benytte to signalstolper med ca. 1,5 meter høyde, dersom disse settes opp inne i sirkulasjonsarealet (Brilon, 2014).

4 Begreper benyttet i denne rapporten

I dette kapittelet er de mest brukte terminologiske ord og begrep kort forklart.

Definisjonene er stort sett hentet fra:

- Nordisk vegforbund (NVF), ITS-TERMINILOGY, 2012.
- Statens vegvesen, Håndbok N303 Trafikksignalanlegg, 2014.
- Statens vegvesen, Håndbok V714 Veileder i trafikkdata, 2014.

Dersom andre kilder er benyttet er det lagt inn referanser på dette. Listen er selvfølgelig ikke uttømmende. Definisjonene som er valgt ut her, er relevante for innholdet i denne rapporten.

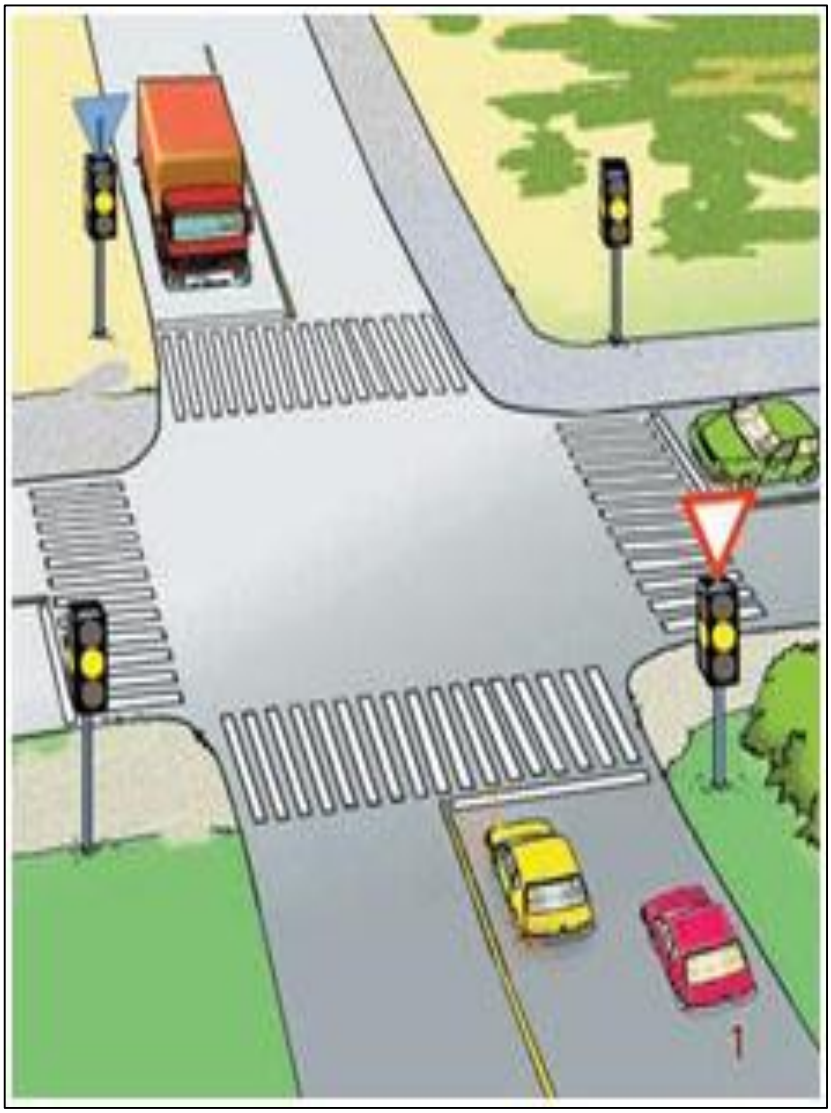
Generelle definisjoner:

- **Uforstyrret reisetid**: Uforstyrret reisetid er tiden en bruker når en ikke blir forstyrret av annen trafikk. Reisetid uten påvirkning fra annen trafikk, det vil si reisetid ved fri flyt i trafikken. Denne reisetida kan imidlertid inkludere forsinkelse på grunn av regulering og utforming - for eksempel fartsgrense, geometri, vegstandard, osv.
- **Aktuell reisetid:** Aktuell reisetid er reisetiden i nåtidspunktet. Det vil si den reisetiden som er registrert akkurat nå.
- **Normal reisetid:** Reisetiden en normalt må forvente på aktuell strekning på et angitt tidspunkt.
- **Forsinkelse:** Forsinkelse er tillegg i reisetid i forhold til uforstyrret reisetid. I dette begreper ligger det som vi også kaller "trafikkavhengig forsinkelse".
- **Trafikkintensitet:** Den intensitet som kjøretøy eller personer passerer et punkt med, dvs. antall kjøretøy eller personer dividert med tid. Benyttes gjerne ved korte intervall og utrykkes da eksempelvis ved kjøretøyer pr. sekund.
- **Trafikkvolum:** Antall kjøretøy eller personer som passerer et snitt i løpet av en definert tidsperiode. Er oftest uttrykt ved kjøretøyer pr. time eller kjøretøyer pr. 15 minutter.
- **Belastningsgrad:** Forholdet mellom trafikkvolum og kapasitet for et transportanlegg.
- **Kapasitet:** Den maksimale trafikkintensitet som kjøretøy eller personer med rimelighet kan forventes å passere et sted (f.eks. et snitt) i løpet av et gitt tidsrom under rådende veg-, geometriske-, trafikale-, miljø- og reguleringsforhold.
- **Kø:** En rekke av kjøretøy eller personer som venter på å bli betjent der atferden først i rekka påvirker atferden til de bak.

- **Gjennomsnittlig kølengde:** Lengden av en kø målt i lengdeenheter eller antall objekter i kø. Det er normalt å måle kølengde fra stopplinje eller vikelinje og til og med bakerste kjøretøy i køen. Man kan gjerne benytte begrepet dimensjonerende kølengde, fordi lengden på køen og hvor ofte den opptrer, vil variere.
- **Dimensjonerende kølengde** kan defineres som «den kølengde som bare overskrides i x % av tiden i dimensjonerende periode». Det er ofte slik at dimensjonerende periode er sammenfallende med dimensjonerende makstime, eller deler av denne, f. eks en 15 minutters periode.
- **Tidsluke:** Tidsintervallet mellom samme punkt på to kjøretøy som kjører etter hverandre, f.eks. front-front (gjennomsnittlig tidsluke er omvendt proporsjonal med trafikkintensitet). På engelsk er dette begrepet for tidsluke kalt **Time Gap** dersom man regner tidsluken mellom bakre støtfanger første bil og fremste støtfanger på andre bil**.** Man kan også måle på samme punkt f. eks bakre støtfanger på begge kjøretøyene. Denne typen tidsluke heter da **Time Headway** på engelsk.
- **Metningsvolum:** Det maksimale trafikkintensitet som kan passere et punkt (i signalanlegg antar vi kontinuerlig grønt lys).
- **Kritisk tidsluke:** Minimum tidsluke mellom påfølgende kjøretøy i en konflikterende trafikkstrøm, som en gjennomsnittlig fører trenger for å kjøre inn i eller krysse denne trafikkstrømmen.
- **Følgetid** kan defineres som kritisk tidsluke for kjøretøy nummer to og utover som kjører inn i samme tidsluken. Følgetid er anslagvis ca. 60 % av kritisk tidsluke (Haugen, 2013).
- **Trafikkvolum:** Antall kjøretøy eller personer som passerer et snitt i løpet av en definert tidsperiode f. eks en time.
- **Årsdøgntrafikk** (ÅDT): den totale trafikken i et snitt eller på en trafikklenke i løpet av et kalenderår dividert med antall dager (365).
- **Ukedøgntrafikk** (UDT), den totale trafikken i et snitt eller på en trafikklenke dividert på 7.
- **Døgntrafikk** (DT), den totale trafikken i et snitt eller på en trafikklenke for et gitt døgn.
- **Registreringspunkt:** Et punkt opprettet for å foreta trafikktellinger og registreringer av andre vegtrafikkdata. Registreringspunktet defineres som et punkt på vegens midtlinje.

Spesiell terminologi for signalanlegg:

- **Fase:** En tidssekvens hvor en eller flere signalgrupper veksler gjennom rødt, rødt/gult, grønt og gult lys, og alle konflikterende signalgrupper har rødt lys.
- **Detektor:** En enhet som gir en impuls til styreapparatet når den blir aktivisert av en trafikant.
- **Omløp:** En sekvens av faser der alle signalgrupper har eller kunne hatt grønt lys i minst en fase.
- **Signalgruppe**: En gruppe signaler som alltid viser samme signalbilde
- **Omløpstid:** Den tid som medgår til et omløp i et signalanlegg.



FIGUR 15 SIGNALANLEGG ILLUSTRASJONSBILDE

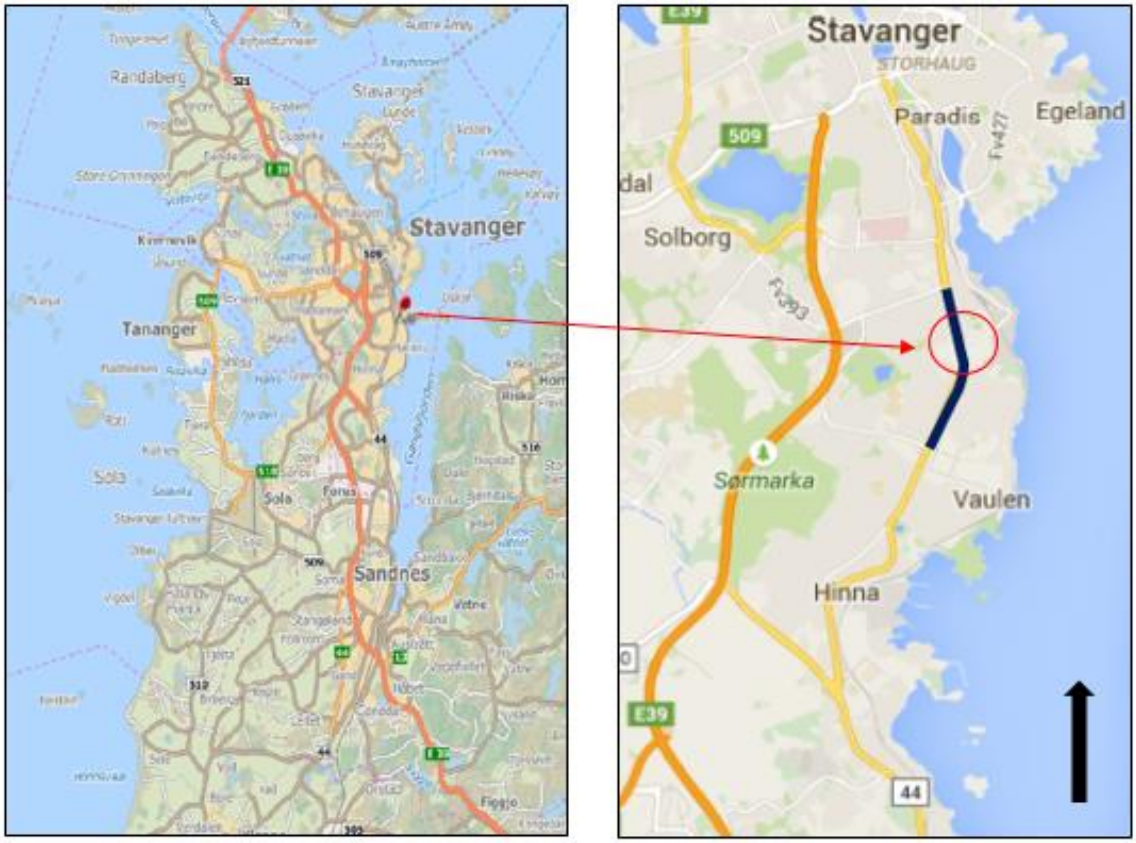
5 Beskrivelse av eksisterende forhold

5.1 Innledning

Dette kapitlet inneholder en kort beskrivelse av Stavangerregionen med hovedvekt på geografi og vegsystem mellom de to største byene Stavanger og Sandnes. Videre en detaljert beskrivelse av det aktuelle krysset samt signalanleggets virkemåte og faseinndeling.

5.2 De to største byene på Nord-Jæren

Stavangerregionen består av 14 kommuner hvor de to bykommunene Stavanger og Sandnes er de største. Avstanden mellom Stavanger og Sandnes er ca. 15 km. De to hovedvegforbindelsene som binder byene sammen er fv. 44 som går langs Gandsfjorden (øst) og E39 (vest) som passerer Forus med ca. 40.000 arbeidsplasser (Forus Næringspark, 2015).



FIGUR 16 OVERSIKTSKART OVER STAVANGEROMRÅDET (WWW.FINN.NO, 2015)

Den utbygde strekningen av «Bussveien» mellom Stavanger og Sandnes er på figur 16 vist med blå strek på kartet til høyre og er i bydelen Hillevåg i Stavanger. Sirkelen viser hvor det aktuelle krysset mellom fv. 44 Hillevågsveien og fv. 428 Sandvikveien er lokalisert.

5.3 Beskrivelse av det aktuelle krysset

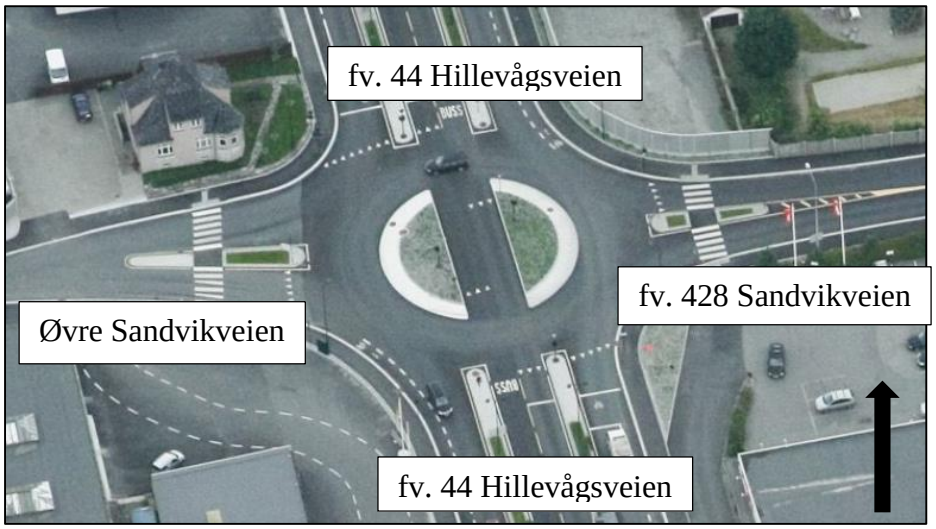
Gjennomsnittlig årsdøgntrafikk samlet i begge retninger (ÅDT) er ca. 16200 kjøretøyer på fv. 44 Hillevågsveien og ca. 3000 kjøretøyer på fv. 428 Sandvikveien (Statens vegvesen, 2014d). Det er ikke funnet trafikktall (ÅDT) for kommunal veg Øvre Sandvikveien, men det regnes med at trafikkvolumet fra denne tilfarten er meget beskjedent i forhold til de andre armene i rundkjøringen. Hovedtrafikken i krysset går på fv. 44 Hillevågsveien i retningene nord og sør.

Busstrafikken går også utelukkende på fv. 44 Hillevågsveien, krysset er for øvrig utformet slik at det ikke gir bussen anledning til å svinge i noen retning. Det legges opp til at de gående krysser i gangfeltene på begge sider av fv. 44 over Øvre Sandvikveien og fv. 428 Sandvikveien.

Det er ikke etablert kryssingssteder for de gående over fv. 44 Hillevågsveien ved selve rundkjøringen. Disse må krysse ved holdeplassene for buss like sør- og nord for rundkjøringen eller i undergangen som er etablert et stykke nord for krysset.

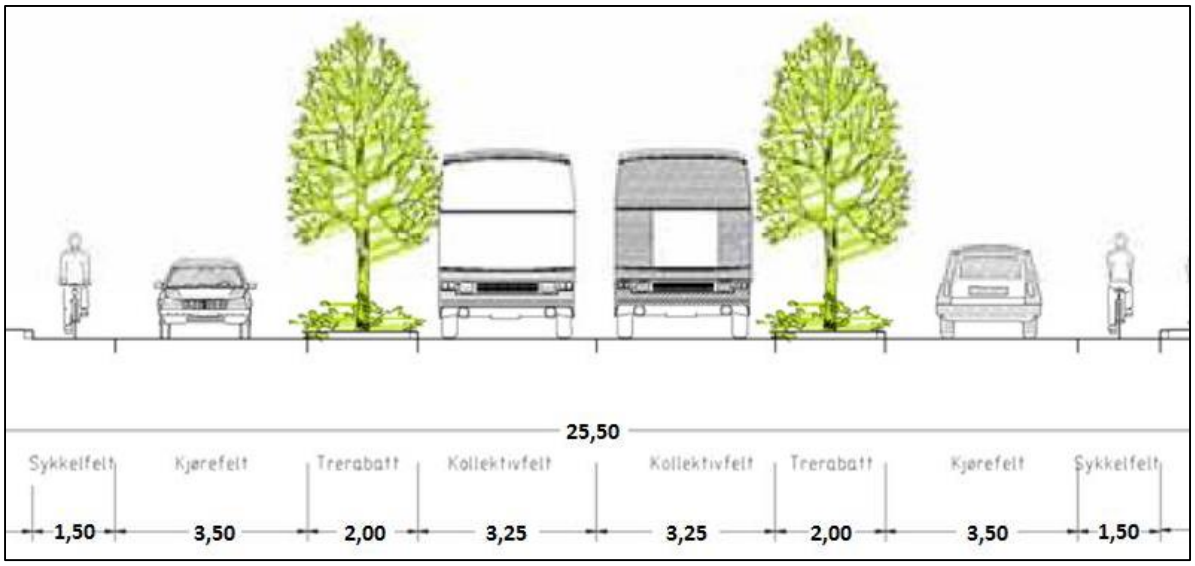
5.4 Geometrisk utforming

Rundkjøringen har fire armer. Armene fra nord og sør har til sammen fire kjørefelt og to sykkelfelt. De to kjørefeltene for biltrafikken er plassert til hver sin side for de to midtstilte kollektivfeltene. Mellom kjørefeltene og kollektivfeltene er det etablert en relativt bred kantsteinsrefuge. Tilfartene fra vest og øst har trafikkøyer i kantstein og kryssende gangfelt. Det er sykkelfelt på Hillevågsveien, men ikke på Sandvikveien/Øvre Sandvikveien. Som bildet i figur 17 viser er det merket med ordinær vikelinje både for kjøretrafikken og busstrafikken før rundkjøringen. Bussen har også vikelinje når den kjører ut i sirkulasjonsarealet fra sentraløya.



FIGUR 17 OVERSIKTSBILDE (FRØYLAND, RISTESUND, & SIMONSEN, 2014)

Total bredde på vegarealet er ifølge reguleringsplanen 25,5 meter som vist på figur 13. Fortauet er 2,5 meter bredt, sykkelfeltet 1,5 meter og kjørefeltet for vanlig trafikk er vist med 3,5 meter bredde. Refugen mellom kjørevegen og bussfeltene er 2,0 meter bred unntatt ved busslommene hvor denne er 2,5 meter bred. De to bussfeltene er vist med til sammen 6,5 meter bredde (kjørefeltbredde 3,25 meter). Bredden av feltene som er angitt på figur 18 er målt helt inn til kantsteinen og ikke til kantlinjen som ligger 0,25 meter utenfor kantsteinen på begge sider av refugene. Kjørefeltene og bussfeltene er på grunn av dette 0,25 meter smalere (bredde blir da 3,25 meter for kjørefeltene og 3,00 meter for bussfeltene) (Fredvik, J; Weum A.J. , 2007).



FIGUR 18 NORMALPROFIL FV. 44 HILLEVÅGSVEIEN (FREDVIK, J; WEUM A.J. , 2007)

	Tilfart fra vest	Tilfart fra øst	Tilfart fra nord	Tilfart fra sør	Rundkjøring
Feltbredde kjørefelt (m)	3,25	3,25	3,25	3,25	
Feltbredde kollektivfelt (m)			3,00	3,00	3,50
Feltbredde sykkelfelt (m)			1,50	1,50	
Sentraløydiameter (m)					22,00
Sirkulasjonsbredde (m)					7,00
Trafikkøy bredde (m)	1,50 / 2,50	1,50 / 2,50			
Refuge bredde (m)			2,00	2,00	

TABELL 2 GEOMETRISKE DATA FOR RUNDKJØRINGEN

Utformingsdata vist i tabell 2 er hentet ut fra kartgrunnlag i Gisline (Statens vegvesen, 2015) og fra tegningsgrunnlaget for prosjektet. Størrelsene er deretter kontrollmålt ute i felten.

5.5 Beskrivelse signalanleggets virkemåte

Rundkjøringen er signalregulert med vikepliktsregulering for kjørende i sirkulasjonsarealet.

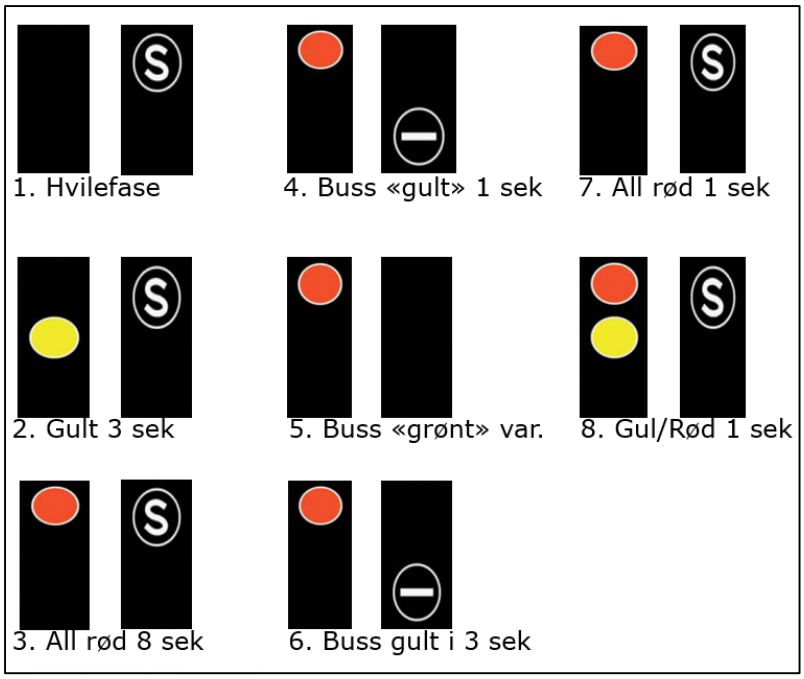
Selve signalsystemet er relativt enkelt og består kun av to faser. I hvilefasen er alle signalene for den ordinære kjøretrafikken slukket og rundkjøringen fungerer som en normal rundkjøring. I hvilefasen står kollektivsignalet i «S». Når en buss ankommer og passerer en innmeldingsdetektor ca. 120 meter før rundkjøringen, gis trafikk i alle de fire armene rødt lys.

Etter en gitt tid (her ca. 12 sekunder), slukkes kollektivsignalet «S» og signalet «-» tennes før det slukkes slik at bussene kan kjøre inn i rundkjøringen. Ved å ha en gitt tid fra innmelding til bussenes «S» slukkes og signalet «-» tennes, kan bussenes hastighet inn mot rundkjøringen justeres til et ønsket nivå.

Vanlige vikepliktsregler opprettholdes, bussene må altså vike for trafikk som måtte befinne seg i krysset både når de skal krysse sirkulasjonsarealet og når de skal ut av sentraløya. Når bussen er ute av rundkjøringen, går signalanlegget tilbake til hvilefase og fungerer som en ordinær rundkjøring igjen. I figuren under kan man se plasseringen av både vikelinjer og stopplinjer. På sekundærvegene er det på grunn av gangfeltene ikke merket stopplinjer.

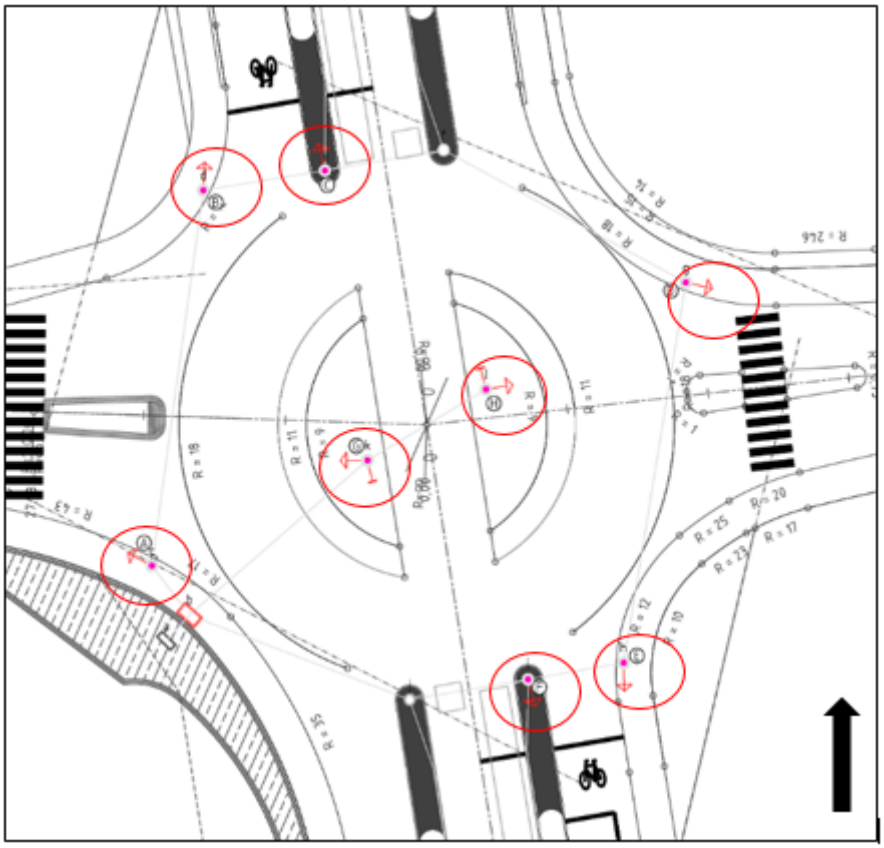
Signalene for den ordinære trafikken består altså kun av rødt og gult signal (tolyssignal). Tilsvarende består kollektivsignalene kun av «S» og «-» (tolyssignal). Bakgrunnen for dette er at det har ikke vært ønskelig å gi bil- eller busstrafikken grønt lys like før en vikepliktsituasjon (Ytreland, 2015).

Grønntiden (svart) for bussen varierer. Anlegget er i dag programmert slik at bussene gis prioritet i maksimalt 40 sekunder. Dersom det er mer enn én buss som er innmeldt samtidig, kan denne tiden økes til 60 sekunder. Den maksimale tiden en bil kan gis rødt lys er 72 sekunder; 12 sekunder med all-rød tid og deretter maksimalt 60 sekunder som bussene gis prioritet. Etter dette gis bilene en minimumstid på seks sekunder før neste bussfase kan begynne.



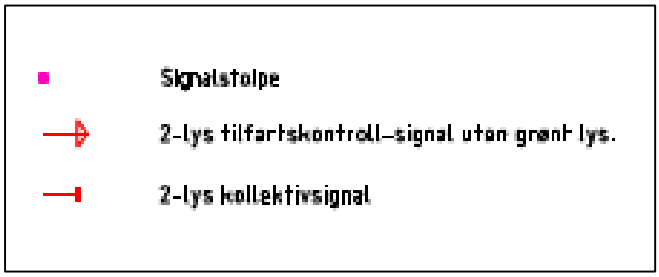
FIGUR 19 FASEVEKSLINGER (RØYLAND, 2014)

Fasevekslingen på figur 19 viser hvordan signalene skifter gjennom de seks ulike fasene.

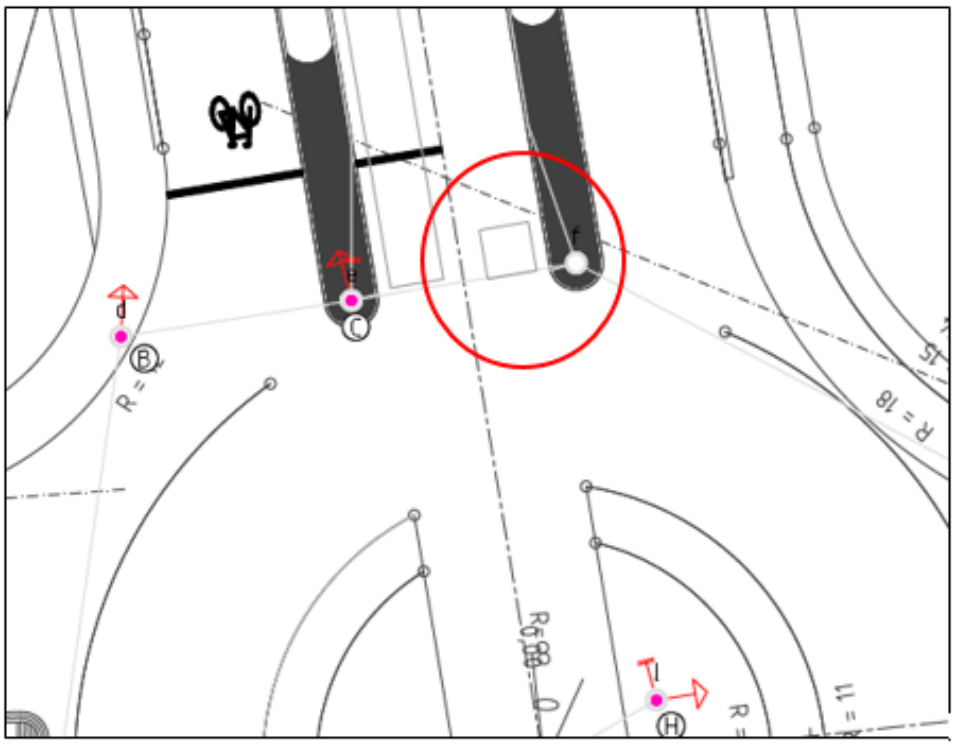


FIGUR 20 SIGNALSKJEMA (STATENS VEGVESEN, 2010)

Figur 20 viser signalskjema for rundkjøringen. Plasseringen av signalstolpene er merket med rød ring. På Hillevågsveien er det merket med stopplinjer noe før signalstolpene, mens det på Sandvikveien/Øvre Sandvikveien ikke er merket stopplinje. Det er også etablert en egen sykkelboks på Hillevågsveien. Hensikten med denne er å gi syklistene er lite forsprang ved «grønt lys». Den har også som en funksjon for syklister som venter på «grønt», før de skal til svinge venstre. Tegnforklaringen for symbolene i figur 20 er vist i figur nr. 21 under.



FIGUR 21 TEGNFORKLARING



FIGUR 22 DETEKTOR FOR UTKVITTERING AV BUSSEN

Figur 22 viser plassering av utkvittering av bussen (rød sirkel). Når bussen passerer denne vil signalanlegget skifte til gult/rødt for kjøretrafikken og deretter «gå i svart» slik at de kan passere stopplinjen, forholde seg til vikelinjen og eventuelt kjøre inn i rundkjøringen.

De neste figurene (23 - 28) viser bilder fra de fire tilfartene i rundkjøringen.

FIGUR 23 RUNDKJØRINGEN SETT FRA FV. 44 MOT NORD

FIGUR 24 RUNDKJØRINGEN SETT FRA FV. 428 SANDVIKVEIEN

FIGUR 25 RUNDKJØRINGEN SETT FRA FV. 44 MOT SØR

FIGUR 26 RUNDKJØRINGEN SETT FRA ØVRE SANDVIKVEIEN

FIGUR 27 RUNDKJØRINGEN SETT FRA FV. 44 MOT SØR I BUSSFELT

FIGUR 28 RUNDKJØRINGEN SETT FRA FV. 44 MOT NORD I BUSSFELT

6 Tidligere utførte trafikkregisteringer

I dette kapittelet ser jeg nærmere på hvilke trafikkregistreringer som er gjennomført i det aktuelle krysset og på den nærliggende strekningen og gjør vurderinger om disse er relevante i forhold til denne oppgaven. Det er blant annet naturlig å se på tidspunktet for når disse registreringene er gjennomført, samt måten de er gjennomført på, før jeg kan bestemme nytteverdien. Etter min vurdering er det mest relevant å benytte registreringer eller målinger som er gjort etter at den første parsellen av Bussveien ble åpnet i november 2011.

Innledningsvis har jeg beskrevet at oppgaven i første rekke er å kvantifisere fremkommelighet, kø og forsinkelser for trafikken i krysset mellom fv. 44 Hillevågsveien og fv. 428 Sandvikveien. Det er derfor i utgangspunktet ikke interessant med tidligere registreringer av kvalitativ art. Den typen tidligere registreringer er derfor ikke tatt med her. Følgende registreringer er funnet:

1. Registreringer av kjøring mot rødt lys
2. Registreringer av trafikkvolum

6.1 Tidligere registreringer av kjøring mot rødt lys

Registreringer av bilisters kjøring mot rødt lys er gjennomført ved flere anledninger i krysset. Den første registreringen ble gjort ca. tre måneder etter åpning og viste da at ca. 50 % av bilistene kjørte mot rødt lys. Det ble da anmerket at det ikke var merket opp stopplinjer i krysset.

Den neste registreringen av kjøring mot rødt lys ble gjort ca. seks måneder etter åpningen. Da hadde andelen som kjørte mot rødt lys sunket til ca. 30 %. Stopplinjene var på dette tidspunktet kommet på plass. Det ble i begge registreringene konkludert med at andelen bilister som kjørte på rødt lys var større fra sidevegene enn fra fv. 44 Hillevågsveien.

Tidspunkt	Rødlyskjøreandel
Mars 2012	50 %
Juni 2012	30 %
Januar 2013	31 %
April 2013 (to tellinger)	7–9 %
Mai 2013	10 %
Oktober 2014	10 %

TABELL 3 REGISTRERT RØDLYSKJØRING (YTRELAND, 2015)

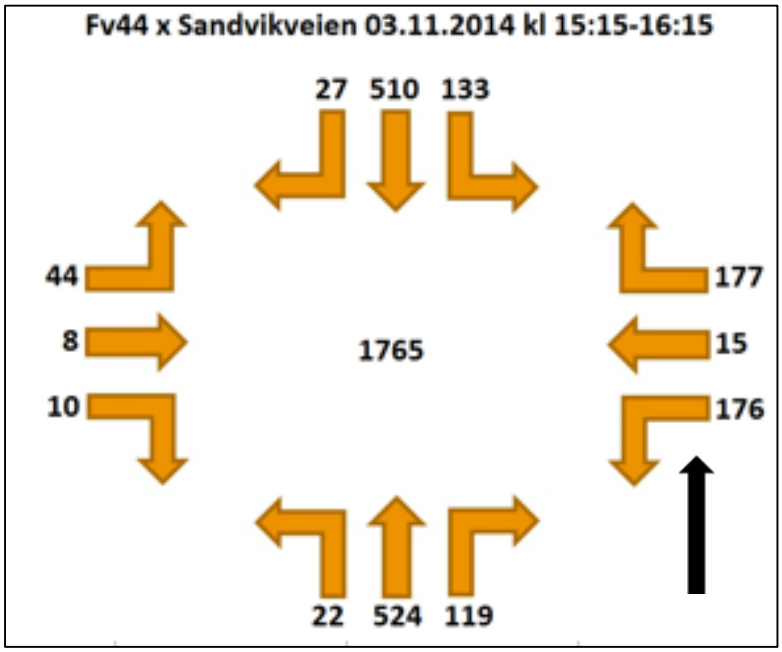
Den tredje registreringen som ble gjennomført i januar 2013 viste fortsatt ca. 30 % rødlyskjøring. Senere registreringer utover våren 2013 viste at andelen som kjørte mot rødt lys var synkende.

For øvrig viste det seg at de mindre trafikkerte sidearmene gjennomgående hadde høyere andel kjøring mot rødt lys enn hovedretningen. Den siste registreringen som ble utført i oktober 2014 konkluderte med ca. 10 % rødlyskjøring. Ved denne registreringen var det markant forskjell mellom hovedvegen (10%) og de to sidearmene (med henholdsvis 17 % og 18 % rødlyskjøring).

Det ble ikke gjort registreringer av hvor mange av de som kjørte på rødt lys som skulle svinge til venstre og dermed kunne komme i konflikt med-, eller direkte var i konflikt med bussen. Det ble observert at flere av de venstresvingene bilistene som kjørte på rødt lys, stanset foran busstraséen, selv om det var bussen som hadde vikeplikt der (Røyland, 2014).

6.2 Tidligere manuelle trafikkregistreringer

Det er gjennomført manuelle trafikktellinger i krysset ved flere anledninger, både før- og etter åpning av kollektivtraséen. Den første registreringen etter åpningen ble gjennomført mandag 3.november 2014 kl. 1515 - 1615. Resultatene fra denne er vist i figur 29 under. Denne viser registrerte trafikkvolum fordelt på kjøretøybevegelser.



FIGUR 29 TRAFIKKVOLUM I KRYSSET (YTRELAND, TRAFIKKTELLINGER HILLEVÅG, 2015)

Figur 29 viser trafikktall fordelt på de ulike svingebevegelsene i krysset. Vi ser at trafikkvolumet er størst rett frem på fv. 44 Hillevågsveien, mens det på Øvre Sandvikveien er klart minst trafikk. Fra fv. 428 Sandvikveien er svingetrafikken jevnt fordelt på de to retningene. Totalt passerer denne timen 1765 kjøretøyer gjennom krysset.

7 Registreringer utført i rapportarbeidet

Trafikkdata som er benyttet i oppgaven er hentet ut fra et nærliggende trafikkregistreringspunkt eller funnet ved hjelp av manuelle trafikkregistreringer, videoopptak eller på annen måte. I dette kapitlet er metodene for innhenting av trafikkdata og registreringer ute i felten beskrevet.

Her forklares også hvilke vurderinger som ligger bak valg av registreringstidspunkt og registreringsmetode. Trafikkdata som jeg har tatt ut fra nivå-1 registreringspunktet ved Skjæringen, eller innhentet på egen hånd, har jeg bearbeidet i Microsoft Excel og fremstilt grafisk som figurer og/eller tabeller av ulike typer. Resultatene er også tolket tekstmessig under hver figur eller tabell.

Fremgangsmåten som er brukt ved de manuelle trafikkregistreringene er detaljert beskrevet. Jeg har også gjort et forsøk på å beskrive usikkerheten som ligger i de ulike registreringsmetodene samt i datagrunnlaget som er hentet fra nivå -1 punktet ved Skjæringen.

Videre i dette kapittelet har jeg gjort en selvstendig vurdering av funksjonaliteten for de syklende, med fokus på fremkommelighet. Denne siste delen av kapitlet inneholder en registrering av syklistenes adferd i forhold til signalanlegget, basert på videoopptak i krysset.

7.1 Generelle betraktinger

Kvaliteten på inngangsdata kan være avgjørende for resultatene av simuleringen som skal gjøres senere i denne rapporten. Min erfaring er at derom trafikkbelastningen i et kryss er stor vil relativt små utslag i trafikkvolum gjøre store utslag på eksempelvis forsinkelser og kølengder fordi oppbygging av kø og forsinkelser har ikke linjært forløp.

Resultatene må være til å stole på. Det er viktig å sikre at modelleringen gjenspeiler virkeligheten på en best mulig måte.

Noen av parametrene som ligger inne i SIDRA er vanskelige å kalibrere, mens andre er enklere. For å minimere usikkerheten i resultatene har jeg lagt stor vekt på å kvalitetssikre trafikktallene som legges inn for de enkelte kjøretøybevegelsene for at de i størst mulig grad er i samsvar med de rådende forhold.

7.1.1 Utrykket dimensjonerende timestrafikk

Ved modellering av et kryss benyttes begrepet dimensjonerende timestrafikk som vanligvis defineres som det trafikkvolumet som opptrer i 30. eller 50. høyeste trafikkerte time i året. (Blakstad, 1988). Det er ofte vanskelig å registrere dimensjonerende time direkte. I praksis

brukes derfor ofte største timetrafikk funnet ved rushtidstellinger på dager en erfaringsvis vet at trafikken er stor, som det er forsøkt å gjøre i denne oppgaven. Der hvor trafikken varierer mye i løpet av denne dimensjonerende time, kan det være rasjonelt å justere dimensjonerende trafikkmengde med en faktor som kalles Peak Hour Factor (PHF). Da vil man i dimensjoneringen av f. eks et kryss legge til grunn en timesbelastning som er nærmere høyeste 15 - minutters verdi for trafikk, enn gjennomsnittbelastningen i hele registreringstimen.

Denne faktoren kommer en fram til ved å benytte følgende formel:

PHF = største timetrafikkvolum / 4* høyeste volum i en 15 minutters periode

Dersom en ved å legge inn det høyeste registrerte trafikkvolumet fra en av de fire 15-minutters registreringene i formelen over og ender opp med en Peak Hour Factor på 0,95, betyr det at samlet registrert trafikkvolum (som er summen av de fire 15-minutters registreringene) bare utgjør 95 % av ønsket dimensjonerende timestrafikk. I praksis, vil en derfor ved bruk av en PHF faktor, dimensjonere for kvarterstrafikk i stedet for timetrafikk.

En normal PHF-verdi er 0,8 (Blakstad, 1988).

7.1.2 Trafikkregistreringspunkter

For å finne trafikkdata på en gitt strekning kan en benytte data fra såkalte trafikkregistreringspunkter som Statens vegvesen har etablert et stort antall av på landsbasis. Disse kan være til stor hjelp for å finne dimensjonerende timetrafikk. I enkelte av registreringspunktene foretas det kontinuerlige registreringer, mens det i de fleste av registreringspunktene kun foretas korttidsregistreringer. Trafikkregistreringspunktene er inndelt i fire typer som vist i tabell 4.

Telle punkt-type	Betegnelse	Tids-oppløsning	Antall perioder	Periode-lengde	Tellefrekvens	Usikkerhet[1)]
Nivå 1	Kontinuerlig	1 time	Kont. -12 stk.	Måned	Kontinuerlig	0 %
Nivå 2	Korttid	1 time	4-5 stk.	Uke	Hvert 4. år	3-5 %
Nivå 3	Korttid	1 time	1-3 stk.	Uke	Hvert 4. år	6-10 %
Nivå 4	Korttid/enkelt måling	1 time	Fritt valg	Fritt valg	Fritt valg	

TABELL 4 ULIKE TYPER REGISTRERINGSPUNKT (STATENS VEGVESEN, 2014B)

Tabell 4 viser ulike typer registreringspunkter. Begrepsbruken er senere tid noe endret ved at man definerer Tellepunkt som *Registreringspunkt*, Tellefrekvens som *Registreringsfrekvens* og Usikkerhet som *Utvalgsusikkerhet*, men dette er ikke rettet opp i gjeldende håndbok V 714.

I denne rapporten er det benyttet telledata fra et såkalt nivå 1-punkt som ligger like sør for det aktuelle krysset som er case i oppgaven. Nivå 1-punkt gir som standard kontinuerlige trafikkregistreringer. Det kan fra disse registreringspunktene blant annet tas ut følgende data:

- Eksakte ÅDT-tall
- Andre døgnverdier
- Tidsvariasjonskurver

Ut over dette anbefales det å gjøre en lengdeklassifisering og fartsregistrering i disse punktene med en målsetting om at nivå 1 - punkter som inngår i beregningen av vegtrafikkindeksen, skal gi et representativt bilde av trafikken i fylke/region. (Statens vegvesen, 2014b).

For å finne det mest mulig nøyaktige registreringstidspunktet på døgnet hvor trafikken er størst, har jeg tatt ut trafikkdata fra et nærliggende registreringspunkt på fv. 44 ved Skjæringen like sør for rundkjøringen i kryss med fv. 428 Sandvikveien.

7.1.3 Usikkerhet i registeringer fra nivå -1 punkt

Registreringspunktet på fv. 44 v/Skjæringen benytter et telleapparat som heter Datarec Loop Monitor. Dette apparatet kan registrere trafikk ved hjelp av induktive sløyfer på veger med to - eller flere kjørefelt. Testresultater viser at registreringer utført med dette apparatet har en svært lav usikkerhet (Aakre E. H., 2012).

Sammenligninger mellom nye Datarec Loop Monitor og videoopptak, viser meget bra samsvar i de registrerte trafikktallene. Registreringer av kjøretøyer fra videoopptak som er sammenholdt med registreringsdata i Datarec Loop Monitor i Trondheim viste 100 % samsvar både for antall kjøretøyer og for hvilke kjørefelt som ble benyttet (Statens vegvesen, 2015b).

Kjørefelt	Kjøreretning	Antall kjøretøy observert på video	Antall kjøretøy registret av Loop Monitor
1	Til Trondheim	25	25
3	Til Trondheim	96	96
1 og 3	**Til Trondheim**	**121**	**121**
2	Til Klett	17	17
4	Til Klett	83	83
2 og 4	**Til Klett**	**100**	**100**
Alle	Begge	221	221

FIGUR 13 DATAREC LOOP MONITOR OG VIDEOREGISTRERINGER (Statens vegvesen, 2015b)

Figur 13 viser av resultatene av en videoregistrering som gikk parallelt med registrering av passerte kjøretøyer over detektor ved hjelp av Datarec Loop Monitor. Vi ser at det i begge tilfellene ble registrert 221 kjøretøyer, som er 100 % samsvar.

Det samme samsvarsresultatet finner man i en studie fra 2012 (Aakre E. H., 2012).

7.2 Trafikkdata fra nivå -1 punktet ved Skjæringen

Dette kapitlet konkretiserer hvilke data som er hentet ut fra nivå-1 punktet ved Skjæringen og hvilke vurderinger som er gjort med hensyn til valg av registreringstidspunkt for de manuelle registreringene som er utført i dette rapportarbeidet. Nivå – 1 punktet ble etablert i mars 2015, jeg har derfor ikke fått trafikkdata fra de første månedene i 2015, men fra 11. mars og utover.

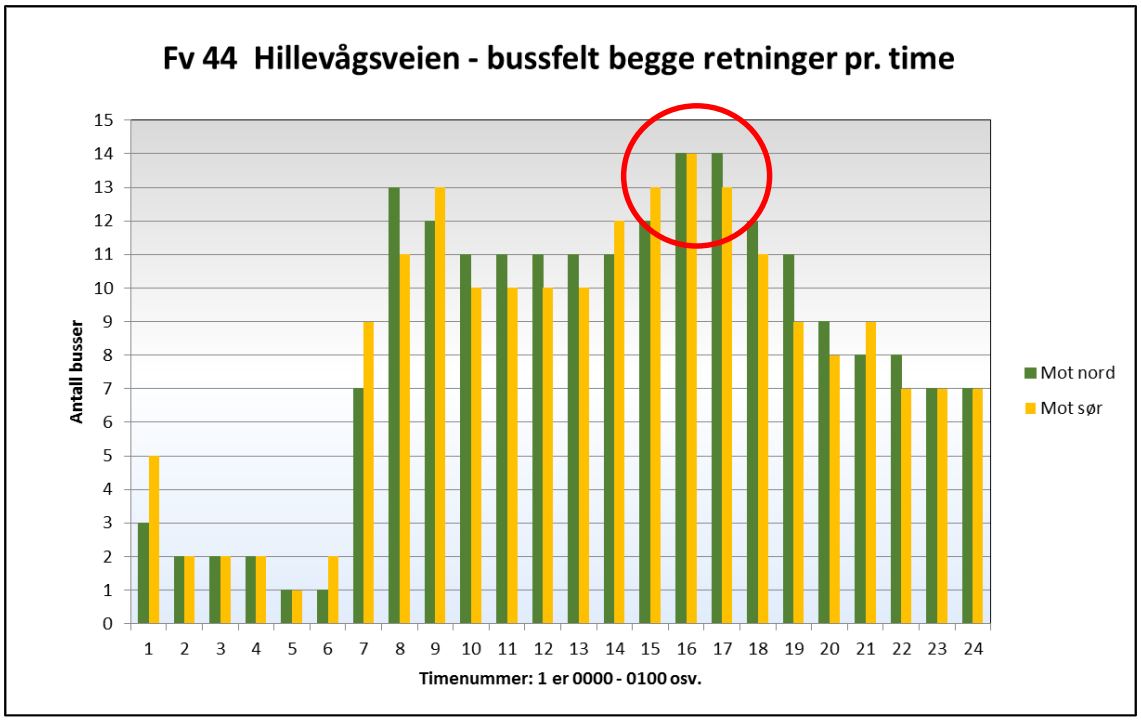
Jeg har i første rekke valgt å hente ut døgnvariasjonsverdier for de enkelte kjørefeltene for å finne timen (dimensjonerende time) som har maksimal trafikkbelastning. For å komme fram til en fornuftig ukedag og måned å gjennomføre registreringene på, har jeg også tatt ut data fra nivå-1 punktet ved Skjæringen som viser trafikkens ukevariasjon og årsvariasjon.

FIGUR 30 PLASSERING AV REGISTRERINGSPUNKTET (STATENS VEGVESEN, 2015)

Figur 30 viser registreringspunktet som er plassert på fv. 44 Hillevågsveien ved Skjæringen sett i forhold til rundkjøringen som er case i denne oppgaven. Dette er et nivå 1 – punkt som gir kontinuerlige trafikkregistreringsdata.

7.3 Trafikkvolum for busstrafikken

Trafikkvolum fra de to bussfeltene er hentet ut fra registreringspunktet ved Skjæringen. Figur 31 er en grafisk fremstilling av timestrafikken fordelt over døgnet som gjennomsnittsverdier basert på trafikktall for perioden fra 11. mars til ut august 2015. Registreringene viser at det i bussfeltet i gjennomsnitt går 14 busser i retning sør og 14 busser i retning nord i makstimen som regnes som tidsrommet fra kl. 1500 til kl. 1600. Tallet stemmer bra med tidligere observasjoner om ca. 30 busser i makstimen gjennom rundkjøringen (Ytreland, 2015).



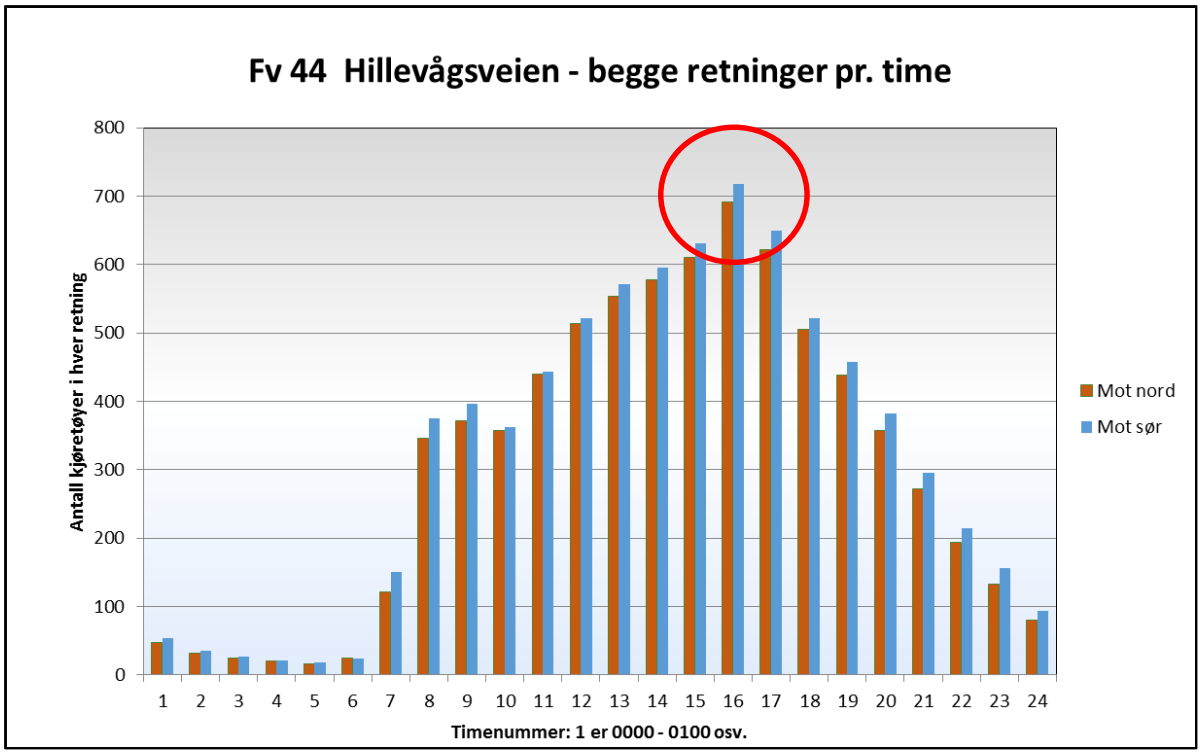
FIGUR 31 TRAFIKKVOLUM I BUSSFELT OVER DØGNET, MARS – AUGUST 2015

Diagrammet i figur 31 viser at maksimum timetrafikk for buss over hele døgnet på fv. 44 Hillevågsveien opptrer i time 16 (1500 – 1600). Makstimen på formiddagen er time 9 (0800 – 0900), mens den bare er litt større enn de påfølgende timene fram mot kl. 1500.

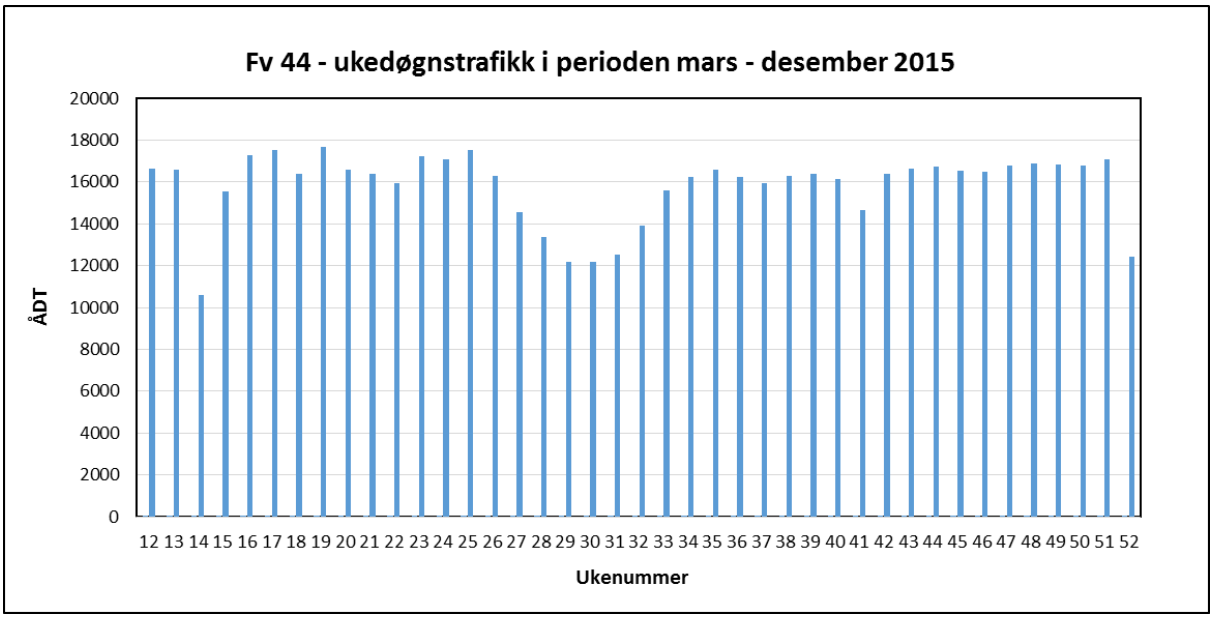
7.4 Trafikkvolum i kjørefeltene

Av registreringene av trafikkvolum i de ordinære kjørefeltene som vist på figur 32 ser vi at trafikkvolumet er jevnt stigende fra kl. 0700, med unntak av time 10 (0900 – 1000), fram til maks belastning i time 16 (1500 – 1600). Etter kl. 1600 synker trafikkvolumet relativt jevnt utover ettermiddagen og kvelden. Diagrammet viser at den ordinære kjøretrafikken ser ut til å ha samme makstime som busstrafikken (1500 -1600). Figur 32 på neste side viser antall kjøretøyer pr. time i hver retning. Vi ser at i makstimen fra kl. 1500 til 1600 er det rundt 700 kjøretøyer som kjører på fv. 44 Hillevågsveien. Trafikkmengden er noe større mot sør enn mot nord.

Trafikkdata er hentet fra perioden 11. mars til ut august 2015 og representerer ikke et fullt årsgjennomsnitt. Tallene kunne ha blitt annerledes om jeg hadde tatt ut gjennomsnittstall for hele året. Hensikten med trafikkdata-uttaket var hovedsakelig å finne tidsrom for makstime/dimensjonerende time. Trafikktallene er mindre interessante i denne sammenhengen.



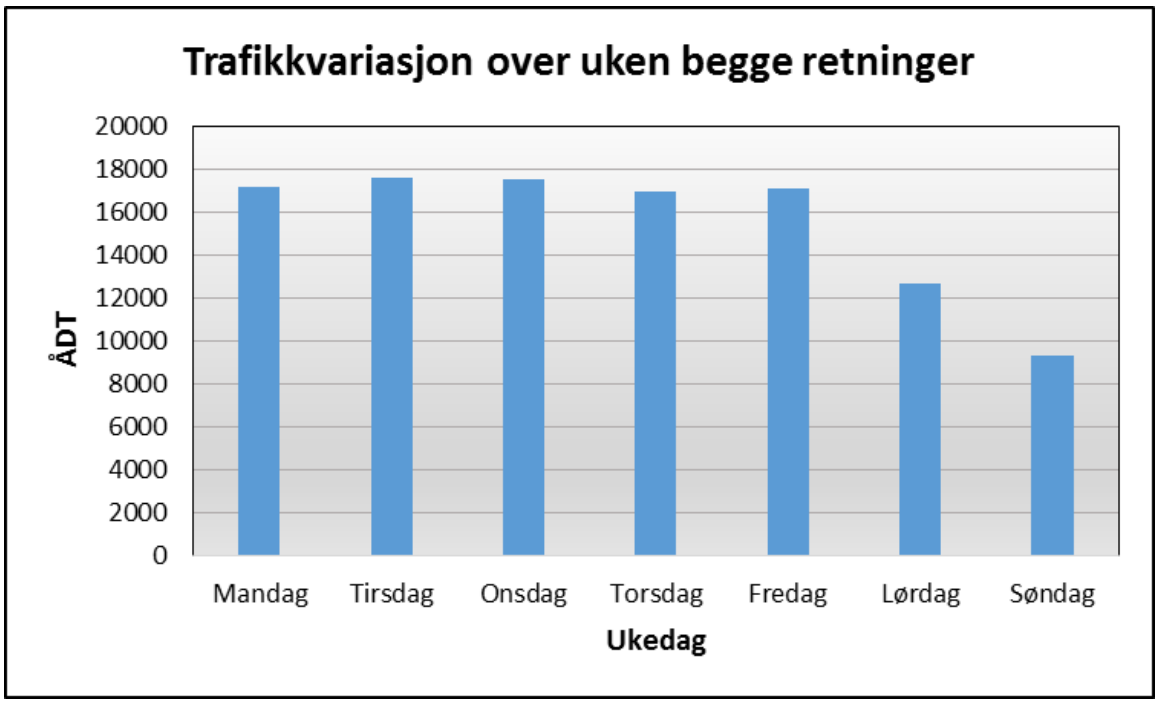
FIGUR 32 TRAFIKKVOLUM I ORDINÆRE KJØREFELT OVER DØGNET, MARS – AUGUST 2015



FIGUR 33 TRAFIKKVARIASJON OVER UKEN MARS- DESEMBER 2015

Figur 33 fremstiller uketrafikken, det vil døgnbasert gjennomsnittstrafikk per uke i perioden mars – desember 2015. For å gjennomsnittlig uketrafikk henter man først ut samlet trafikktall for en hel uke (syv dager) og dividerer deretter dette tallet med syv.

Figuren viser at uketrafikken er lavest i påskeuken. Vi kan også se at den reduseres gradvis før fellesferien ned til det laveste i uke 30 før den stiger opp mot uke 35. Det er viktig å unngå trafikktellinger i disse ukene midt på sommeren, dersom man er ute etter dimensjonerende timetrafikk. Det samme gjelder høstferien (uke 41) og juleferien/romjulen (uke 52) har tydelig lavere gjennomsnittlig døgntrafikk enn ukene før.



FIGUR 34 TRAFIKKVARIASJON OVER UKEN I BEGGE RETNINGER ALLE KJØRETØYER

Figur 34 viser trafikkvariasjonen over uken basert på trafikktall fra perioden fra mars til desember 2015. Vi ser at trafikkvolumet er relativt jevnt over hverdagene, noe lavere i helgen med minst trafikk på søndagen. Registreringene bør med utgangspunkt i dette legges til en av de tre første dagene i uken som ser ut til å ha høyest og stabilt trafikkvolum. Tidligere registreringer av biltrafikken i krysset er utført på mandag og onsdag og ser derfor ut til å ha truffet i forhold til de dagene som har den høyeste trafikkbelastningen.

7.5 Dimensjonerende time

Tabellene i de foregående kapitlene viser at det er naturlig å legge registreringstidspunktet for dimensjonerende timetrafikk til timen fra kl. 1500 til 1600. Dette gjelder både for registrering av busstrafikken og for kjøretrafikken som har samme makstime.

Når det gjelder ukedag kan det være fornuftig å gjøre registreringene på en av de tre første dagene i uka, helst tirsdag eller onsdag. Årsstatistikken for trafikkvolum viser at en bør unngå påsken og sommerferien, samt de bevegelige hellig- og høytidsdagene i mai/juni.

For får en mest mulig treffende dimensjonerende time er det en fordel å gjøre registreringer over et relativt kort tidsintervall. Jo mindre tidsintervall, dess mer nøyaktig blir tidfestingen av dimensjonerende trafikk. Det kan eksempelvis gjøres registreringer av trafikkvolum i 5- og 10-minutters intervaller. I denne oppgaven er det benyttet 15 - minutters intervaller. Dette er sannsynligvis mest vanlig i forbindelse med innhenting av trafikkdata.

7.6 Trafikkregistreringer utført i rapportarbeidet

Det er utført *en manuell trafikkregistrering og to videoregistreringer* i forbindelse med denne oppgaven. Som tidligere trafikkregistreringer og uttak fra nivå 1- registreringspunktet ved Skjæringen vise er makstimen i utgangspunktet mellom kl.1500 og kl.1600.

Statens vegvesen, Håndbok V714 sier følgende om kryssregistreringer:

Kryssregistreringer har som mål å fremskaffe en oversikt over trafikkmengder fordelt på ulike svingebevegelser i aktuelle kryss. Ofte gjennomføres slike registreringer for å studere trafikkavviklingen og å vurdere kapasitet. Kjennskap til trafikkvolum og kjøretøybevegelser i kryss kan også være nødvendig i forbindelse med effektundersøkelser, vurdering av alternative utformings- og reguleringstiltak med mer. I forbindelse med kapasitetsvurderinger er det vanlig at det foretas registrering over en periode på 2 timer i både morgen- og ettermiddagsrush.
Ved kryssregistreringer registreres normalt trafikkvolum inn mot krysset fra alle vegarmene amt svingeandelene i hver vegarm. Data aggregerer gjerne i intervaller på 15, 30 eller 60 minutter. Det er også nokså vanlig at en samtidig foretar kjøretøyklassifisering.
Klassifiseringen kan være så enkel at man kun skiller mellom tunge og lette kjøretøy, men i enkelte tilfeller kan det være behov for en mer detaljert kjøretøyklassifisering
……..
Mannskapsbehovet er avhengig av reguleringsform, antall vegarmer, antall felt i hver vegarm og trafikkbelastning. Rundkjøringer er mest ressurskrevende, og ved stor trafikk vil en person kun ha kapasitet til å registrere en bevegelse i en vegarm. Signalregulerte kryss er de minst ressurskrevende personellmessig fordi det kun vil være en eller to tilfarter som har grønt signal samtidig.

Ved selve registreringen er det viktig at registreringspersonellet stiller seg opp på en slik måte at de har best mulig oversikt over den trafikken de skal registrere, og samtidig ikke er til hinder for øvrig trafikk.

Videoopptak er et godt alternativ til å foreta registreringsarbeidet ute i selve krysset. En kan da gjennomføre alt registreringsarbeid innendørs i ettertid. Dersom det skulle oppstå hendelser som skaper unormal trafikksituasjon er det bare å ta nye opptak en annen dag. Benyttes registreringspersonell i felt må en organisere alt personell på nytt, ved nye registreringer.

Dette er ofte veldig tidkrevende. (Statens vegvesen, 2014b)

7.7 Manuell trafikkregistrering onsdag 13. oktober 2015

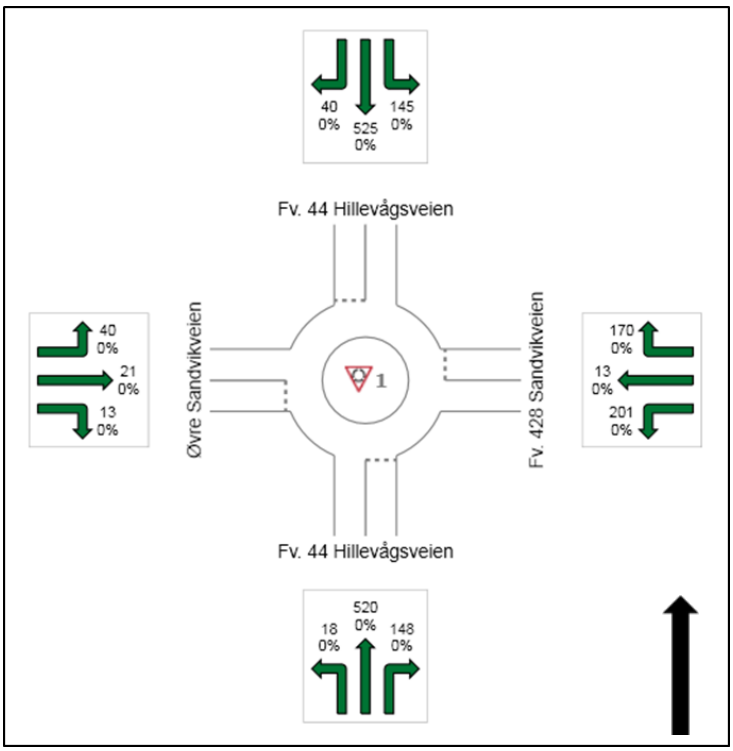
Den tidligere utførte manuelle registreringen mandag 3. november 2014 (se kap. 6.2) ble gjennomført i tidsrommet fra kl. 1515 til kl. 1615 - fordi dette tidsrommet da ble vurdert som dimensjonerende time. Jeg valgte derfor å gjennomføre registreringen i samme tidsrom, både fordi dette var definert som makstimen, men også for å bedre kunne sammenligne resultatene.

Med denne bakgrunn ble registreringen i krysset foretatt onsdag 13. oktober 2015 i tidsrommet mellom kl. 1515 og kl. 1615. Registreringen ble gjort i 15 - minutters intervaller som er mest vanlig. Sykkeltrafikken i krysset ble ikke registrert. Været var pent på registreringsdagen.

FIGUR 35 TRAFIKKREGISTRERINGSUTSTYR

Til sammen fire personer gjennomførte registreringen. For hver tilfart ble antall kjøretøyer registrert i hver svingebevegelse. En person var plassert i hver av kvadrantene i krysset. Fra disse fire observasjonspunktene hadde vi samlet god oversikt over hele krysset. Det ble benyttet telleapparater (se figur 35) og et standardisert registreringsskjema. Data fra de fire registreringsskjemaene ble etter at arbeidet var ferdig, summert på et fellesskjema for hele registreringstimen.

De fire personene som gjennomførte registreringene fikk utdelt hver sitt registreringsskjema hvor de førte inn registreringsresultatene i 15- minutters intervaller. Etter at registreringsarbeidet var fullført ble resultatene ført over i et samleskjema (se vedlegg). Registeringen ble foretatt ved å velge et snitt hvor kjøretøyene passerte, eksempelvis inne i rundkjøringen i et punkt hvor det var tydelig hvilken retning kjøretøyet skulle videre. Det var eksempelvis viktig å registrere kjøretøyer i rett fram bevegelsen etter at det hadde passert siste mulighet for å svinge til venstre. Figur 37 på neste side viser trafikktall fordelt på de ulike svingebevegelsene i krysset hentet fra denne registreringen. Vi ser at trafikkvolumet er størst rett frem på fv. 44 Hillevågsveien, mens det på Øvre Sandvikveien er klart minst trafikk. Fra fv. 428 Sandvikveien er svingetrafikken jevnt fordelt på de to retningene. Totalt passerte denne timen 1854 kjøretøyer gjennom krysset noe som er ca. 100 kjøretøyer mindre enn ved registreringen 3. november 2014 (Ytreland, 2015).



FIGUR 36 MANUELLE TRAFIKKREGISTRERINGER GJENNOMFØRT 13. OKTOBER 2015

Figur 36 viser registrerte trafikktall uten busser. Trafikkdata fra nivå-1 punktet ved Skjæringen har vist at det passerer 28 busser til sammen i begge retninger gjennom rundkjøringen i registreringstimen. Totalt passerer det 1854 kjøretøyer gjennom krysset denne dagen. Prosentangivelsen angitt bak de ulike svingebevegelsene viser i utgangspunktet tungbilandel, men er her satt til null fordi det ikke ble utført slike registreringer.

7.8 Videoregistreringer av bussen mandag 11. januar 2016

Rødtiden for kjøretrafikken, generert av bussen, varierer fra anrop til anrop. Hensikten med denne første registreringen var hovedsakelig å finne ut hvor lang gjennomsnittlig rødtid for ordinær kjøretrafikk som ble generert av bussen og om det var forskjeller i generert rødtid mellom de to kjøreretningene. For å finne ut dette gjorde jeg to videoopptak av rundkjøringen mandag 11.01.2016. Tidspunktene for registreringene fremkommer av tabell 5.

	Start klokkslett	Stopp klokkeslett	Tid opptak	Plassering av kamera
Opptak 1	13:25:04	13:45:04	00:20:00	Leskur
Opptak 2	13:57:16	14:17:36	00:20:20	Prix

TABELL 5 VIDEOREGISTRERINGER

Tabell 5 viser opptakstidene for de to separate opptakene som ble gjennomført i tidsrommet mellom kl. 1325 og 1417. Kameraet som ble benyttet var av typen GoPro Silver Hero 4 som vist på figur 37. Det er et lite kamera som ble festet med sugekopp på glassflaten på leskuret og på butikkvinduet til Prix. Grunnen til at det ble flyttet fra leskuret til Prix var at det viste seg at det var litt vanskelig å tolke lyset fra signalanlegget fra posisjonen i leskuret. Figurene på neste side viser plasseringen av kameraet og hva som ble fanget opp av kameralinsen. Jeg valgte å gjennomføre to opptak med varighet på ca. 20 minutter hver for å fange opp et rimelig antall busser som passerte anlegget. Tidspunktet ble valgt ut fra en forventing om at skoleslutt på nærliggende skoler skulle gjøre at det var en viss aktivitet på bussholdeplassen med avstigende og påstigende passasjerer. Det har vist seg at holdeplassene Mariero S og Mariero N, som ligger like sør for denne, har spesielt mange påstigende passasjerer ca. kl. 1400. (Hestenes, 2015).

FIGUR 37 GOPRO KAMERA

Videoopptakene ble analysert i ettertid. Det ble funnet var 9 busser som passerte i retning sør og 8 i retning nord i løpet av opptakstiden på ca. 40 minutter.

FIGUR 38 PLASSERING AV KAMERA PÅ LESKUR PÅ HOLDEPLASS SJØHAGEN SØR.

FIGUR 39 PLASSERING AV KAMERA PÅ PRIX

Figur 38 og 39 viser plasseringen av kameraet i de to opptakene.

Første opptak ble gjort ved å feste kameraet inne i leskuret. Her kunne linsen fange opp både bussfeltene og kjørefeltene i begge retningene. Signallyset var godt synlig fra denne plasseringen. Det var likevel litt ugunstig fordi det ikke var mulig å se på filmen når bussen ankom holdeplassen.

På det neste opptaket ble kameraet derfor plassert på vinduet til Prix med sugekopp. Her var det godt mulig å se når bussen ankom holdeplassen, samtidig som signallyset var godt synlig.

		Prix – Fv. 44 buss retning nord		
Start klokkeslett	Stopp klokkeslett	Inn – tt:mm:ss	Ut – tt:mm:ss	Tidsbruk tt:mm:ss
13:25:04	13:45:04	00:02:21	00:02:43	00:00:22
		00:07:09	00:09:00	00:01:51
		00:09:57	00:10:20	00:00:23
		00:10:48	00:11:09	00:00:21
		00:13:19	00:13:41	00:00:22
		00:15:57	00:16:12	00:00:15
		Gjennomsnitt		00:00:36
		Prix – Fv. 44 buss retning sør		
Start klokkeslett	Stopp klokkeslett	Inn – tt:mm:ss	Ut – tt:mm:ss	Tidsbruk tt:mm:ss
13:25:00	13:45:04	00:03:31	00:03:54	00:00:23
		00:05:24	00:05:43	00:00:19
		00:07:09	00:07:26	00:00:17
		00:14:48	00:15:09	00:00:21
		00:16:22	00:16:42	00:00:20
		Gjennomsnitt		00:00:20
		Leskur – Fv. 44 buss retning nord		
Start klokkeslett	Stopp klokkeslett	Inn – tt:mm:ss	Ut – tt:mm:ss	Tidsbruk tt:mm:ss
13:25:04	14:17:36	00:09:11	00:10:12	00:01:01
		00:15:05	00:15:49	00:00:44
		Gjennomsnitt		00:00:53
		Leskur – Fv. 44 buss retning sør		
Start klokkeslett	Stopp klokkeslett	Inn – tt:mm:ss	Ut – tt:mm:ss	Tidsbruk tt:mm:ss
13:25:04	14:17:36	00:01:52	00:02:13	00:00:21
		00:01:18	00:01:37	00:00:19
		00:01:21	00:01:41	00:00:20
		00:04:28	00:04:49	00:00:21
		Gjennomsnitt		00:00:20

TABELL 6 REGISTERING AV BUSSPASSERINGER

Tabell 6 viser resultatene fra videoanalysen. Det var ved avspilling ikke mulig å registrere mer nøyaktig tidsangivelse enn hele sekunder og alle tallene er derfor uten desimaler. Registreringene viser at gjennomsnitt rødlystid for kjøretrafikken er ca. 20 sekunder når sørgående buss passerer gjennom rundkjøringen. Laveste verdi var 15 sekunder og høyeste verdi 23 sekunder. Gjennomsnittlig rødlystid for buss som kjører mot nord er 20,6 sekunder når den ikke stanser på holdeplassen. Når nordgående buss aktiviserer signalanlegget er rødlystiden lenger på grunn av at enkelte busser stanser på holdeplassen like sør for rundkjøringen. Disse ankomstene er merket med grønt i tabell 15.Gjennomsnittstallet for generert rødtid ved stans på holdeplassen er 72 sekunder. Dersom man bare regner på de nordgående passeringene, vil man finne ut at bussen genererer en gjennomsnittlig rødlystid på 39,9 sekunder. Et ikke vektet gjennomsnitt for begge bussretningene blir da ut fra disse enkle registreringene 30,0 sekunder. Dette tallet er basert på relativt få registreringer totalt sett og bare tre stans på holdeplassen, men harmonerer ganske bra med data hentet fra styreapparatet til signalanlegget i senere

kapittel i denne rapporten som viste en gjennomsnitts rødtid, når man ser på begge retninger samlet på 29,2 sekunder.

Vi har tidligere sett at antall busser er noenlunde jevnt fordelt på kjøreretningene. Ut fra dette kan det etter denne grove registreringen tyde på at gjennomsnittlig rødtidsforsinkelse ligger på rundt 30,0 sekunder sammenlagt i begge retninger og at bussen gjennomsnittlig genererer en rødtid på ca. 39,9 sekunder i nordgående retning og ca. 20,1 sekunder i sørgående retning.

	Uten stans på holdeplass	Med stans på holdeplass	Alle registreringer
	Generert rødtid gj. snitt (s)	Generert rødtid gj. snitt (s)	Gjennomsnitt (s)
Buss i retning sør	20,1	0,0	20,1
Buss i retning nord	20,6	72,0	39,9
Gjennomsnitt	20,4		30,0

TABELL 7 RØDTID GENERERT AV BUSSANROP

Tabell 7 viser ca. verdier for generert rødtid basert på gjennomgang av videoregistreringene. Tallene er basert på relativt få registreringer, men kan gi indikasjon på hvordan aktiviteten i signalanlegget reguleres av busstrafikken.

7.9 Videoregistrering onsdag 26. januar 2016

Der er så vidt jeg har funnet ut, ikke utført registreringer av sykkeltrafikken i rundkjøringen utover sporadiske observasjoner gjort under registreringsarbeidet i forbindelse med utarbeidelse av Evalueringsrapporten (Ytreland, 2015).

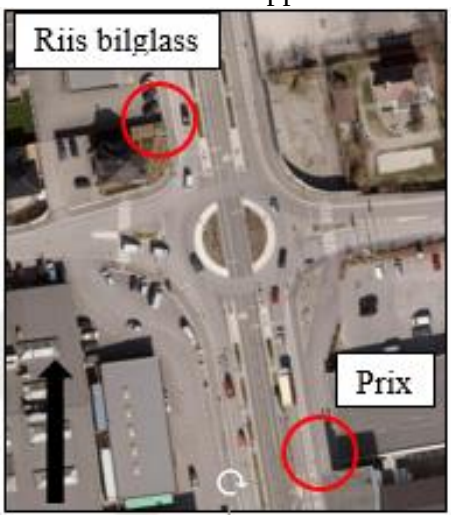
Trafikkreglene betrakter syklister som kjørende som skal stanse for rødt lys, på lik linje med bilistene. Som tidligere nevnt, påpekes dette som en åpenbar uheldig konsekvens for syklistene. Det antas videre i Evalueringsrapporten at det foregår sykling mot rødt lys og påpekes at den aktuelle strekningen er også en del av hovedrutenettet for sykkel.

Dette andre videoopptaket ble hovedsakelig gjort for å gjøre registreringer av sykkeltrafikken i krysset og sekundært for å gjøre en supplerende registrering av trafikkvolum for alle kjøretøybevegelser. Opptaket ble derfor gjennomført i tidsrommet kl. 1515 – 1615 som sammenfaller med tidligere trafikkregistreringer i krysset. Grunnen til at det ble valgt å gjøre videoopptak var hovedsakelig på grunn av at slike registreringer krever mindre personellressurser, men også for å kunne gjøre erfaringer med denne typen registreringer.

Det var også et ønske å ha muligheten til å hente ut opplysninger eksempelvis om bussfrekvens, rødlystider for kjøretrafikken eller annen informasjon om trafikkforholdene i krysset i etterkant.

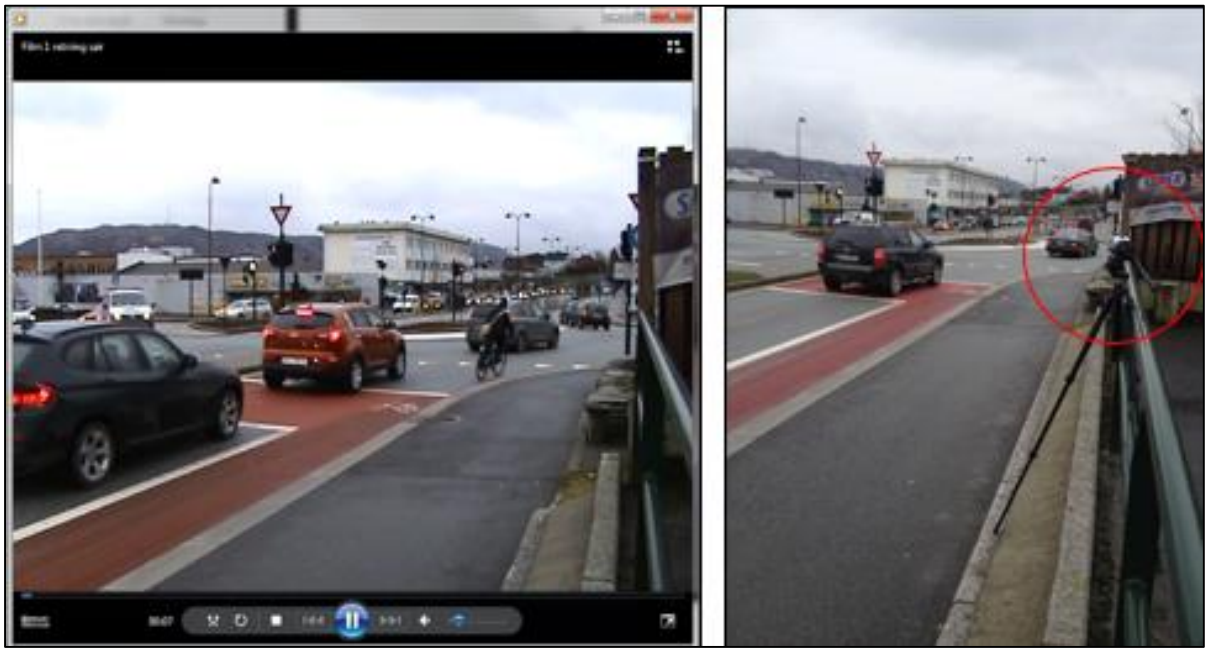
Videoopptaket gir også muligheter for å gjøre noen enkle registreringer av kølengder og forsinkelser både underveis (mens kamera går) og i etterkant ved å studere opptakene.

Videoopptaket ble gjennomført med to stk. videokamera av typen Sony Handycam DCR –SR32 som hadde ekstra batterikapasitet. Opptakene ble lagret på harddisk. De to kameraene ble plassert på stativ. Ett ble plassert inntil Prix og rettet inn mot rundkjøringen i nordlig retning, men det andre ble plassert diagonalt over krysset ved Riis bilglass og rettet inn mot rundkjøringen i sørlig retning. Fra disse to posisjonene ble alle tilfartene fanget opp og filmet.



FIGUR 40 KAMERAPLASSERING

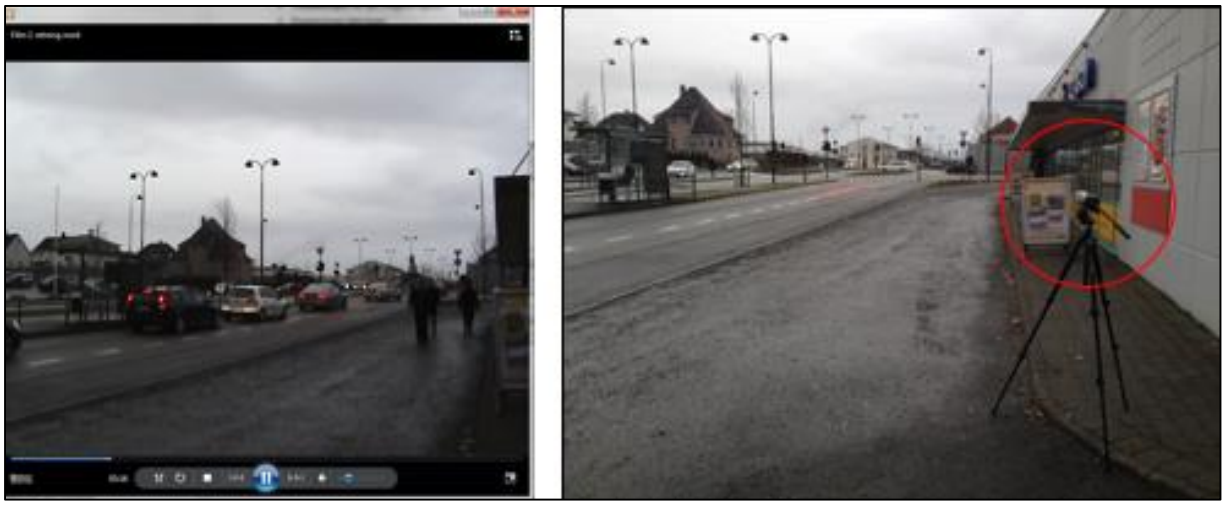
Klokkene på begge kameraene ble justert og bildekvaliteten ble satt til *low quality mode* for å få mest mulig opptakstid. Ved opptaksstart var det ca. 300 minutter tilgjengelig opptakstid på hvert av kameraene.



FIGUR 41 PLASSERING AV KAMERA RETNING SØR VED RIIS BILGLASS

Figur 41 viser plassering av kamera og skjermbilde fra videoopptaket som viser hva som ble fanget opp av kameralinsen. Signalhodet for buss og annen trafikk er med i bildet. Syklistene i

sykkelfeltet blir registrert. Det er også mulig ås se biler som kommer fra fv. 428 Sandvikveien helt til venstre i skjermbildet.



FIGUR 42 PLASSERING AV KAMERA RETNING NORD VED PRIX

Figur 42 viser plassering av kamera og skjermbilde fra videoopptaket som viser hva som ble fanget opp av kameralinsen. Holdeplass er med for å kunne registrere stopptiden for buss. Signalhode for buss og annen trafikk er med. Biler som kommer fra Øvre Sandvikveien kan registreres sees til venstre i skjermbildet. Syklistene i sykkelfeltet blir filmet.

Til sammen dekket de to kameraposisjonene alle svingebevegelsene i krysset og aktiviteten på holdeplassen. Det var ikke mulig å fange opp kølengdene i krysset. Det ble derfor gjort noen generelle registeringer av kølengdene underveis i opptaksperioden.

Kjøreretning	Plassering av kamera	Start klokkslett	Stopp klokkeslett	Tid opptak
Nord	Prix	15:06:00	16:18:00	01:12:00
Sør	Riis bilglass	14:49:00	16:25:00	01:36:00

TABELL 8 OPPTAKSTIDER

Tabell 8 viser opptakstidene for de to videoopptakene.

I etterkant av opptaket ble videoopptaket gjennomgått og følgende data registrert:

- Trafikkmengde i alle svingebevegelser
- Antall syklister på fv. 44
- Varighet og hyppighet av rødt lys i signalanlegget
- Kølengder - i den grad det er mulig

Avspillingsprogrammet som jeg benyttet var Windows Media Player. Selve avspillingen gir tidsangivelse i minutter og sekunder, men ikke klokkeslett på bildene. For å finne klokkeslett for registreringene måtte jeg finne tidspunkt for opptaksslutt som vises som klokkeslett på opptaksfilens egenskaper. Det ble automatisk laget en videofil pr. ca. 30 minutt slik at opptakene totalt bestod av syv videofiler - type .MPG. For å finne opptakstidsrommene laget jeg overgangstabellene under som viser klokkeslett referert til tidspunkt i opptaket.

Fv. 44 ved Riis bilglass								
	Varighet (tt:mm:ss)	Start klokken (tt:mm:ss)	Slutt klokken (tt:mm:ss)	Tidspunkt 1515	Tidspunkt 15:30	Tidspunkt 15:45	Tidspunkt 16:00	Tidspunkt 16:15
Film 1	00:29:00	14:49:00	15:18:00	00:26:00				
Film 2	00:30:00	15:18:00	15:48:00		00:12:00	00:27:00		
Film 3	00:29:00	15:48:00	16:17:00				00:12:00	00:27:00
Film 4	00:08:00	16:17:00	16:25:00					

TABELL 9 OPPTAKSTIDSPUNKT OG KLOKKESLETT RETNING SØR

Fv. 44 ved Prix								
	Varighet (tt:mm:ss)	Start klokken (tt:mm:ss)	Slutt klokken (tt:mm:ss)	Tidspunkt 1515	Tidspunkt 15:30	Tidspunkt 15:45	Tidspunkt 16:00	Tidspunkt 16:15
Film 1	00:29:00	15:06:00	15:35:00	00:09:00	00:24:00			
Film 2	00:29:00	15:35:00	16:04:00			00:10:00	00:25:00	
Film 3	00:14:00	16:04:00	16:18:00					00:11:00

TABELL 10 OPPTAKSTIDSPUNKT OG KLOKKESLETT RETNING NORD

7.9.1 Registrering av sykkeltrafikken

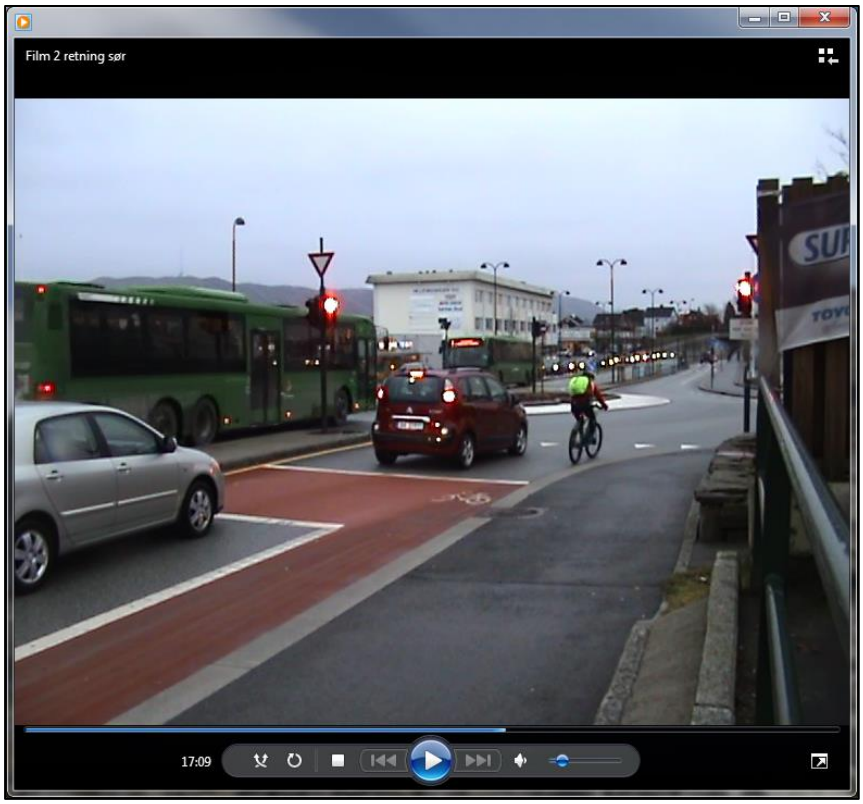
Sykkeltrafikken (antall) ble registrert ved gjennomgang av videoopptaket. Jeg registrerte også hvor stor andel av de syklistene som ankom rødt lys, som stanset for rødt lys eller syklet mot rødt lys. Resultatene fra denne registreringen er vist i tabell 11

Retning	ankommer svart	ankommer rødt	stanser på rødt	sykler mot rødt	prosent sykling mot rødt	Sum sykler
Fv. 44 retning sør	37	8	3	5	60	52
Fv. 44 retning nord	19	7	5	2	40	33

TABELL 11 SYKKELREGISTERINGER 27.1.2016

Tabell 11 viser at det i registreringstimen passerer 52 syklister i på fv. 44 i retning sør og 33 syklister i retning nord. Av de som ankommer rødt lys i signallegget sykler ca. 60 % av syklistene i sørgående mot rødt lys, mens prosentandelen som sykler mot rødt lys i nordgående retning er 40%. Tallene er meget små, men de indikerer at ca. halvparten av syklistene sykler i strid med signallyset. Det ble også registrert at enkelte syklister svingte opp på fortauet etter at

de observerte rødt lys, passerte signalstolpen på fortauet og skiftet over til sykkelfeltet i utgangen av rundkjøringen.

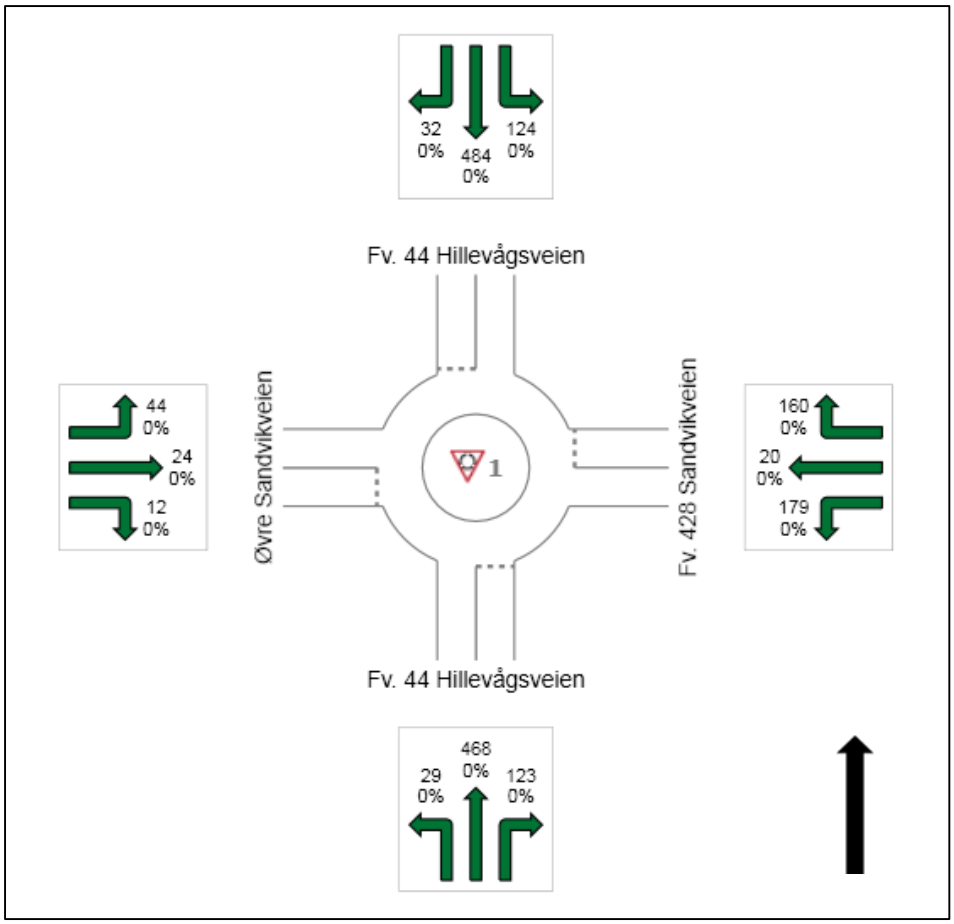


FIGUR 43 SYKLIST MOT RØDT LYS

Figur 43 viser syklist som sykler i strid med signallyset. I dette tilfellet valgte vedkommende å sykle veldig forsiktig inn i rundkjøringen, mulig for å slippe å gå av sykkelen. Observasjoner ellers kan tyde syklistene i stor grad forstår virkemåten til anlegget ved at de tydelig er oppmerksom på risikoen for å bli påkjørt av bussen når de krysser bussfeltene.

7.9.2 Registrering av biltrafikken

Ved gjennomgang av videoopptakene for å registrere biltrafikken benyttet jeg telleapparat på samme måte som ved manuelle registreringer i krysset. Trafikkvolumene i de fire tilfartene ble registrert separat og fylt inn i standard skjema som vist i vedleggsdelen bakerst i denne rapporten.



FIGUR 44 TRAFIKKREGISTRERINGER BASERT PÅ VIDEOOPPTAK 27.01.2016

Figur 44 viser resultatene fra videoregistreringen 27. januar 2016. Total trafikkmengde i krysset var denne dagen 1699 kjøretøyer. Antall busser som passerte ble ikke registrert da jeg ikke hadde behov for flere registreringer av disse. Trafikkmengden er noe lavere enn fra registreringen den 13. oktober 2015 hvor 1854 kjøretøyer passerte krysset. Under registreringen 3. november 2015 ble det funnet at 1765 kjøretøyer kjørte gjennom krysset.

7.9.3 Registrering av rødlystider generert av busstrafikken

Busstrafikken ble registrert for å finne ut hvor lang tid signalanlegget var rødt for kjøretrafikken og hvordan rødtiden varierte forhold til om bussen stanset på holdeplassen sør for rundkjøringen eller ikke. Jeg valgte å registrere dette i hele videoopptaket fra kl. 15.06 til kl.16:18 for å få flest mulig passeringer og best mulig tallgrunnlag. Det var ikke praktisk mulig å hente ut mer nøyaktige tidsverdier enn hele sekunder fra videoopptakene.

Jeg registrerte for øvrig at det ved flere anledninger var to eller tre busser som passerte signalanlegget i samme rødlysfase, enten i samme retning, eller i motgående retning. Rødlystiden blir ifølge signalprogrammet forlenget opp til ca. 72 sekunder. I disse tilfellene

klokket jeg bare den første bussen inn ved detektering/skifte til rødt lys og samme bussen ut når den passerte utkvitteringsdetektoren, selv om signallyset ikke skiftet til svart før etter at etterfølgende buss(er) hadde passert utkvitteringsdetektoren. Det ble gjort på denne måten siden jeg valgte å registrere enkeltbusser. I praksis betyr dette at gjennomsnittlig rødlystid for begge retninger samlet er noe større enn det tabellen viser.

Prix – Fv. 44 buss retning nord				
Start film (kl.)	Stopp film (kl.)	Buss nr.	Stopper	Rødtid (s)
15:06:00	15:35:00	1		20
		2	x	37
		3	x	47
		4		20
		5		17
15:35:00	16:04:00	6	x	29
		7		23
		8		20
		10	x	34
		11	x	31
16:04:00	16:18:00	12	x	30
		13	x	37
		14	x	38
		15	x	29
		Gj. snitt alle		29,4
		Gj.snitt de som ikke stopper		20,0
		Gj.snitt de som stopper		34,7

TABELL 12 BUSSREGISTRERINGER - RETNING NORD

Tabell 12 viser at gjennomsnittlig rødtid som genereres av nordgående busstrafikk er 29,4 sekunder. De bussene som ikke stanser ved holdeplassen genererer i gjennomsnitt 20,0 sekunder rødtid. Bussene som stopper ved busslommen genererer en rødtid på 34,7 sekunder i gjennomsnitt. Ca. halvdelen av bussene som er filmet stanser ved denne holdeplassen.

Prix – Fv. 44 buss retning sør			
Start film (kl.)	Stopp film (kl.)	Buss nr.	Rødtid (s)
15:06:00	15:35:00	1	21
		2	20
		3	22
15:35:00	16:04:00	6	22
		7	20
		8	19
		10	21
16:04:00	16:18:00	12	20
		13	22
		14	23
		Gj. snitt alle	21,0

TABELL 13 BUSSREGISTRERINGER RETNING SØR

Tabell 13 viser at sørgående buss i gjennomsnitt genererer 21,0 sekunder rødtid for kjøretrafikken - for hver passering. Her er det ingen holdeplass som forlenger rødtiden som det er i nordlig retning. Dersom en regner ut gjennomsnittlig rødtid samlet i begge retninger, basert på disse registreringene, er den 25,2 sekunder.

7.9.4 Observasjoner av busstrafikken

Busstrafikken er i første rekke kvantitativt registrert. Det vil si antall busser som passerer rundkjøringen i dimensjonerende time, hvor mye rødtid den genererer og holdeplasstider. Utover dette er det fra min side bare gjort noen enkle adferdsobservasjoner. Mitt inntrykk er at bussene i stor grad passerer rundkjøringen uten nevneverdig forsinkelse. Det kan se ut som bussjåførene tilpasser hastigheten i forhold til et forventet tidspunkt for grønt lys. De som likevel må stanse foran stopplinjen og vente på grønt lys, står oftest bare anslagsvis to til fire sekunder før de kjører videre. Unntaket er busser som har stanset på holdeplass så lenge at de har tapt sin prioritering og må vente på ny grønnfase. Grovt sett er min vurdering at busstrafikken har en tilnærmet forsinkelsesfri ferdsel gjennom rundkjøringen.

7.9.5 Registrering av gangtrafikken

Jeg har i oppgaven valgt å se bort fra fotgjengerne som trafikantgruppe og det gjøres derfor ingen analyser av fremkommelighet for de gående. Det er likevel interessant å vite noe om størrelsen på gangtrafikken. Antall gående i dimensjonerende time er inngangsverdi for modellering i SIDRA. Gangtrafikken kan påvirke fremkommeligheten for kjøretrafikken. Det er ikke gjort konkrete registreringer av de gående som krysser de to gangfeltene som er parallelle med fv. 44 Hillevågsveien, men gangtrafikken er forsøkt observert samtidig med registreringer av kjøretrafikken. Hovedinntrykket er at gangtrafikken er meget beskjeden. Ut fra dette vil jeg anslå at antallet gående som krysser hvert av disse to gangfeltene er ca. 10 personer i registreringstimen.

7.9.6 Enkel registrering av kølengder

Det ble i forbindelse med denne videoregistreringen også gjort noen enkle vurderinger av kølengder. Jeg forsøkte å registrere kølengdene som oppstod i forbindelse med at signalanlegget hadde rødt lys på samme måte som man gjør i signalregulerte kryss. Største kølengde opptrer vanligvis umiddelbart etter at den aktuelle tilfarten har fått grønt signal (Blakstad, 1988).

Jeg forsøkte å observere trafikkbelastningen på begge tilfartene og registrerte kølengder i begge retninger når disse var størst på tilfartene på fv 44 Hillevågsveien mot sør og nord.

Observasjonene er subjektive og derfor ikke nøyaktige, men kan gi en pekepinn som kan være til nytte i videre analyser.

FIGUR 45 REGISTRERT MAKSIMAL KØLENGDE PÅ TILFART I RETNING SØR

Figur 45 viser maksimal kølengde jeg observerte på tilfarten fv.44 retning sør i som oppstod når signalanlegget hadde rødt lys. Bildet til venstre er tatt kl. 1451 like etter at trafikken har startet opp etter at lyset har skiftet til svart. Bildet til høyre er et flyfoto som viser med rød linje hvor langt køen strekker seg nordover fra rundkjøringen som vist nederst i bildet. Ved måling på kart er avstanden fra vikelinjen i rundkjøringen og bak til siste bil i køen ca. 280 meter.

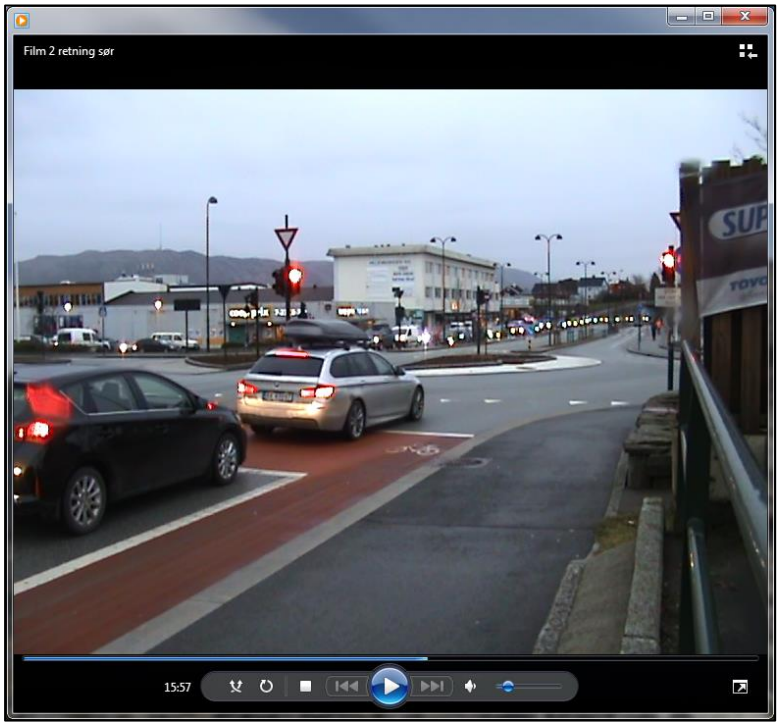
FIGUR 46 REGISTRERT MAKSIMAL KØLENGDE PÅ TILFART I RETNING NORD

Figur 46 viser maksimal kølengde jeg observerte på tilfarten fv. retning nord i som oppstod når signalanlegget hadde rødt lys. Bildet til venstre er tatt kl. 1535, like etter at trafikken har startet opp etter at lyset har skiftet til svart. Bildet til høyre er et flyfoto som viser med rød linje hvor langt køen strekker seg sørover fra rundkjøringen som vist øverst i bildet. Ved måling er avstanden fra vikelinjen i rundkjøringen og bak til siste bil i køen ca. 210 meter. Normal kølengde som oppstod når signallyset ble rødt, uten at buss stanset på holdeplassen like sør for rundkjøringen, var anslagsvis fire til åtte biler (snitt seks) i nordlig retning og seks til 10 biler (snitt åtte) i sørlig retning. Om man regner en gjennomsnittlig billengde (inklusive avstand til bil foran) på 7,4 meter (senere utledet i kapittel 10.3.3) blir dette omregnet til gjennomsnittlig kølengde på fv. 44 Hillevågsveien på 44,4 meter i retning nord og 59,2 meter i retning sør.

Disse registreringene kan bare gi en indikasjon på hva som er maksimal kølengde og gjennomsnittlig kølengde i registeringstimen.

7.9.7 Andre observasjoner

Ut fra videoopptaket ble det registrert av en del av bilistene stanset helt fremme ved vikelinjen ved rødt lys. I noen tilfeller oppstod denne situasjonen fordi signallyset skiftet til rødt mens de ventet på luke i trafikken framme ved vikelinjen. I andre tilfeller kjørte bilistene fram til vikelinjen selv om signallyset var rødt før de ankom krysset.



FIGUR 47 STANS VED VIKELINJEN

Figur 47 viser et eksempel på bil som stanser ved vikelinjen og ikke ved stopplinjen.

7.9.8 Registrering av reisetid og forsinkelse

Det er flere metoder som kan benyttes ved registrering av reisetidsdata. En metode som er vanlig er å benytte GPS (Global Positioning System) som er et satellittbasert posisjoneringssystem. En kan da montere en GPS enhet i bilen og kjøre trekningen gjentatte ganger. For å få stort tallgrunnlag kan en benytte flere kjøretøyer. Data hentes ut i etterkant.

En annen metode kan være å gjøre nummerskiltregistreringer hvor en person ved startpunktet og en person ved sluttpunktet loggfører klokkeslett nummerskilt på enkeltkjøretøyer. Reisetiden finnes ved å finne differansen i tid mellom de to loggføringene som har samme nummerskilt.

Reisetidsdata kan også hentes ut av Statens vegvesen sine reisetidssystemer om er basert på passeringer av elektroniske registreringspunkter. Det er AutoPASS-brikker i kjøretøyene som benyttes for å gjenkjenne kjøretøyene.

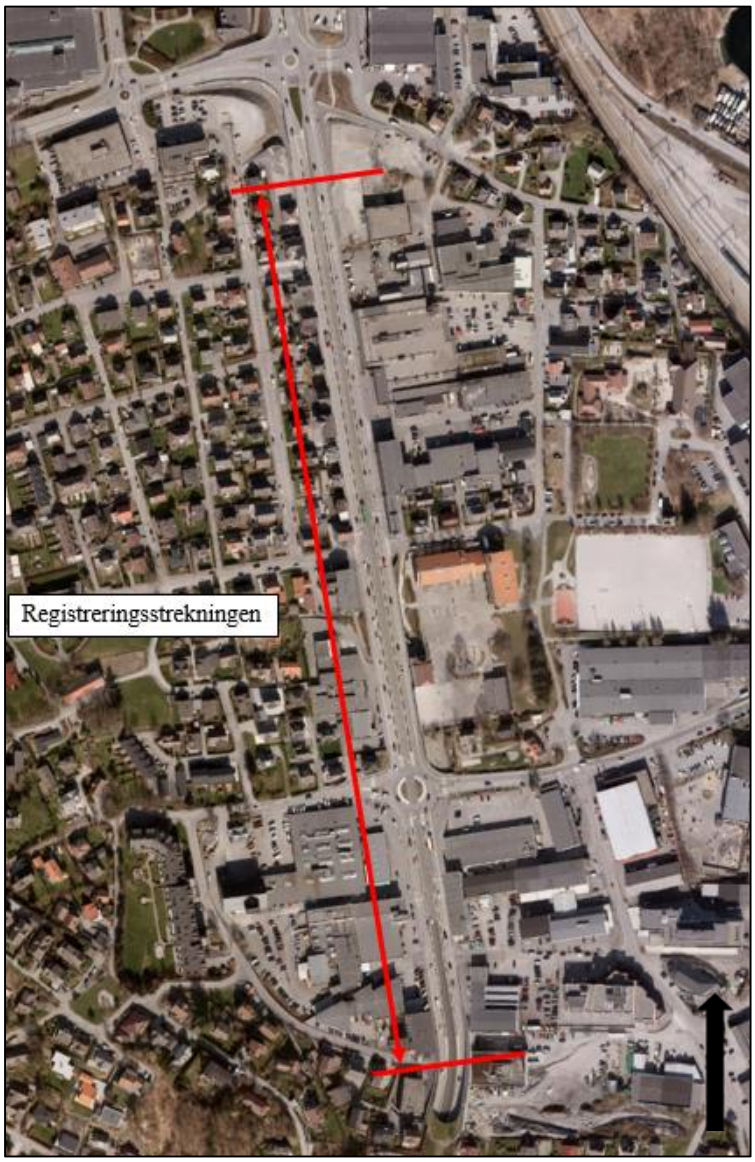
I denne registreringen har jeg brukt en enkel metode som går på å registrere reisetiden ved hjelp av egen kjøring med stoppeklokke. Jeg kjørte bilen og startet og stoppet klokken i to forhåndsdefinerte punkter på en strekning av fv. 44 Hillevågsveien med lengde ca. 600 meter som inkluderer krysset som er case i oppgaven. Tidsbruken på hver kjøretur ble logget.

Hensikten med denne registreringen var hovedsakelig å:

- Finne reisetiden mellom de to punktene
- Observere kølengder
- Observere og kartlegge hvordan køene bygges opp og avtar

Registreringen ble foretatt onsdag 10.2.2016 i tidsrommet mellom kl. 1450 og kl.1600. Strekningen som vist på figur 48 ble valgt ut med bakgrunn i tidligere observasjoner av maksimale kølengder generert av rundkjøringen. Jeg prøvde derfor å avgrense strekningen slik at jeg fikk med kølengdene i begge retninger fra krysset, samtidig som jeg ikke ønsket å bli influert av køene som dannes inn mot to påfølgende rundkjøringene i nord- og sørlig retning.

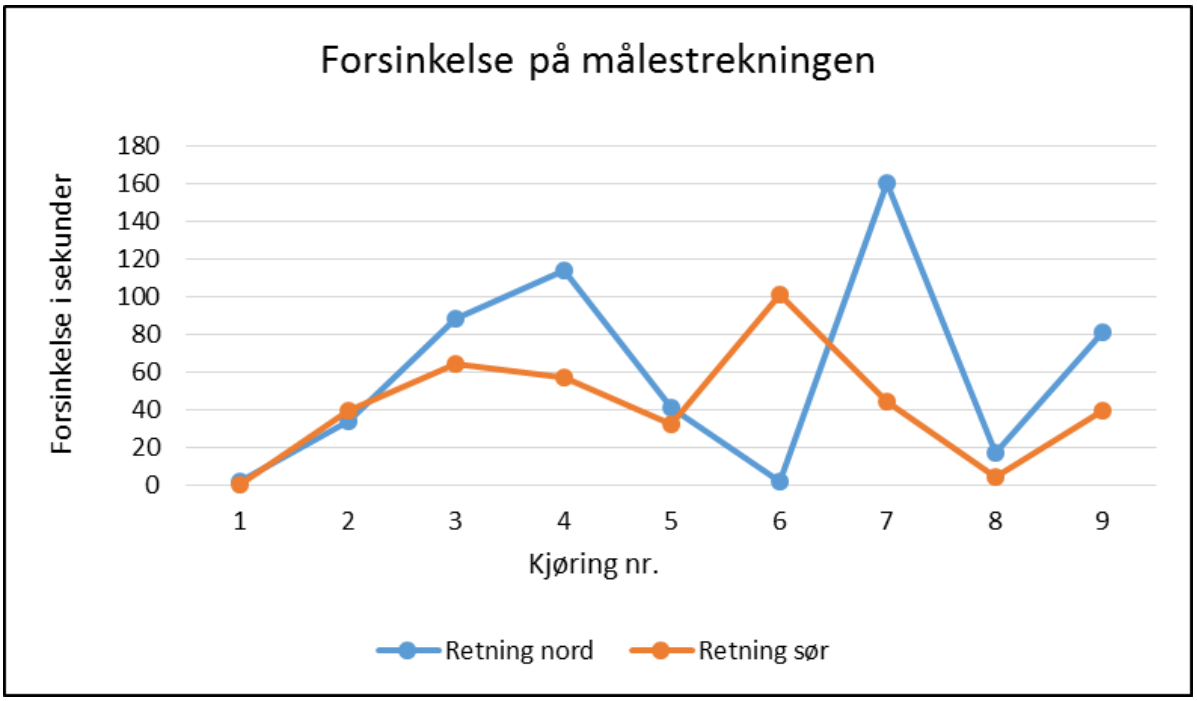
Observasjonene som jeg gjorde tidligere indikerer at kølengden er større i sørgående retning enn nordgående retning. Jeg valgte derfor å avgrense strekningen ca. 180 meter fra rundkjøringens vikelinje i retning sør og ca. 420 meter fra vikelinjen i retning nord. Strekningen ble da totalt 600 meter lang.



FIGUR 48 REGISTRERINGSSTREKNINGEN

Figur 48 viser registreringsstrekningen avmerket med en rød strek i hvert endepunkt. Strekningen er ca. 600 meter lang. I løpet av det aktuelle tidsrommet kjørte jeg ni turer i hver retning og logget kjøretiden ved hjelp av stoppeklokke. Den to første turene (en i hver retning) ble kjørt i tidsrommet fra ca. kl. 1450 til 1453. Ved begge disse turene var det svært liten trafikkbelastning på strekningen og i krysset. Jeg regnet derfor tiden som ble brukt på disse to første turene som uforstyrret reisetid som er tiden man benytter når man ikke blir forstyrret av annen trafikk. Tidsbruken på denne kjøringen var 65 sekunder i sørlig retning og 63 sekunder i nordlig retning. Kjøringen ble ikke forstyrret av annen kjøretrafikk. Det oppstod ingen vikepliktssituasjoner for fotgjengere som krysset i gangfeltene på disse første to kjøreturene.

Forsinkelse er tillegget i reisetid i forhold til uforstyrret reisetid (Nordisk Vegforbund, 2012).



FIGUR 49 FORSINKELSE REGISTRERT PÅ STREKNINGEN

Figur 49 viser forsinkelsen på strekningen i sekunder for hver enkelt kjøring. Det er gjennomsnittlig ca. 7 minutter mellom hver kjøring. Den første kjøringen som startet kl. 1451 hadde ingen forsinkelse. Den siste kjøringen som startet kl. 1600 hadde ca. 39 sekunder forsinkelse i retning sør og ca. 81 sekunder i retning nord. Forsinkelsen varierer mye i løpet av registreringstimen, eksempelvis har kjøring nr. 6 i retning nord ingen forsinkelse mens kjøring nr. 7 i samme retning hadde 160 sekunders forsinkelse.

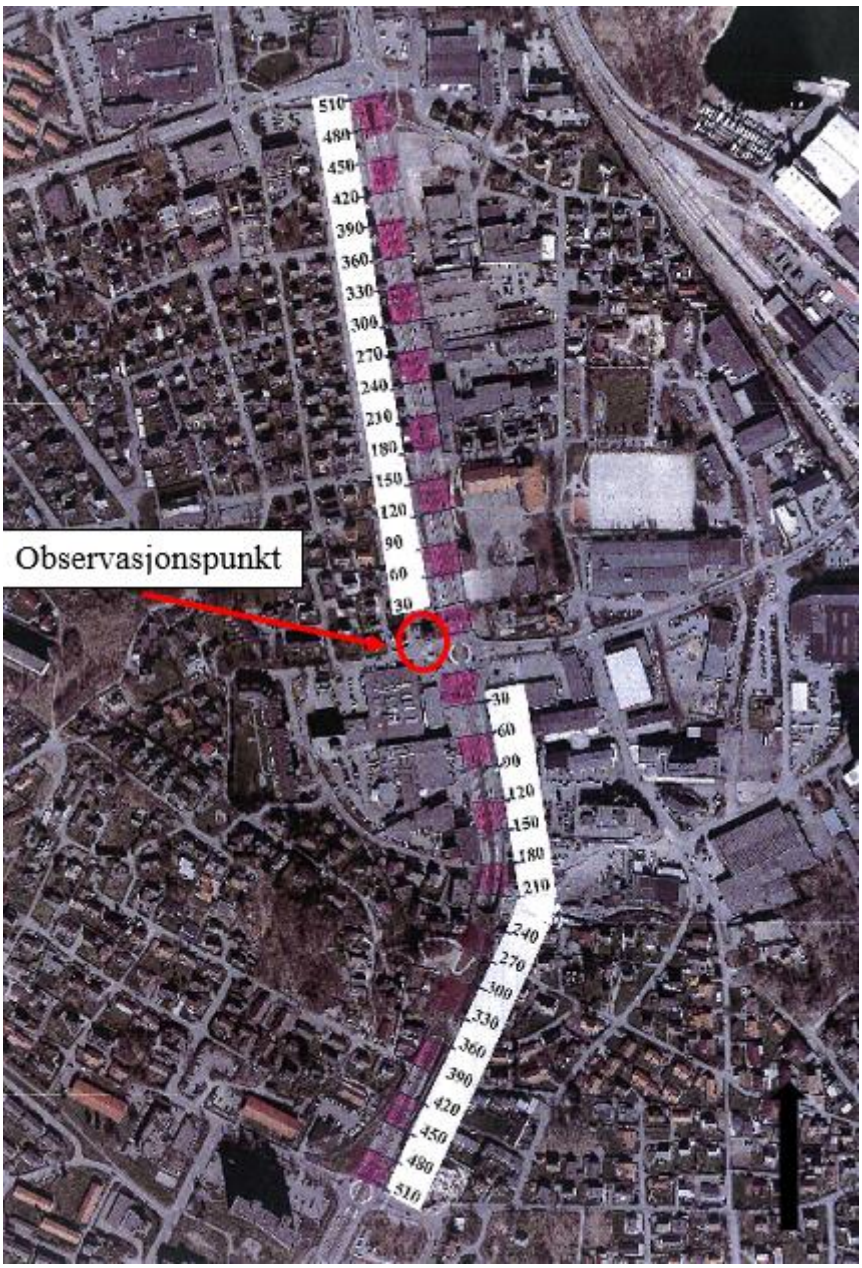
Ved utregning av registrerte data blir gjennomsnittlig forsinkelse i retning sør 58,9 sekunder og gjennomsnittlig forsinkelse i retning nord 40,4 sekunder.

7.9.9 Registrering av kølengder

Kølengde er en parameter som kan si noe om avviklingskvaliteten i et kryss (Stein Johannessen, 1975). Vi vet også at det er en sammenheng mellom kølengde og forsinkelse. I dette kapitlet vil jeg beskrive hvordan jeg har registrert kølengder og hvordan jeg kommet fram til en verdi for gjennomsnittlig forsinkelse på fv. 44 Hillevågsveien ut fra disse registreringene.

Jeg valgte å ta utgangspunkt i makstimen og gjorde registreringene onsdag 9.3 2016 i tidsrommet fra kl. 1515 til 1615 som de andre registreringene som er gjort i krysset og på strekningen. Det anbefales at køregistreringer gjøres med kort tidsintervall – f. eks 15 sekunder

(Blakstad, 1988). Jeg har valgt av praktiske hensyn å sette frekvensen til 30 sekunder siden jeg gjennomførte registreringene uten hjelp fra andre. For å danne meg et bilde av avstandene fra vikelinjen og bakover i kjørefeltene, tok jeg ut et flyfoto i målestokk 1:3000 og satte en strek for hver 30 meter på bildet. Før jeg startet registreringene relatere jeg tverrstrekene på flyfoto til bygninger, kryss etc. for best mulig å kunne bedømme kølengdene ute i felten.

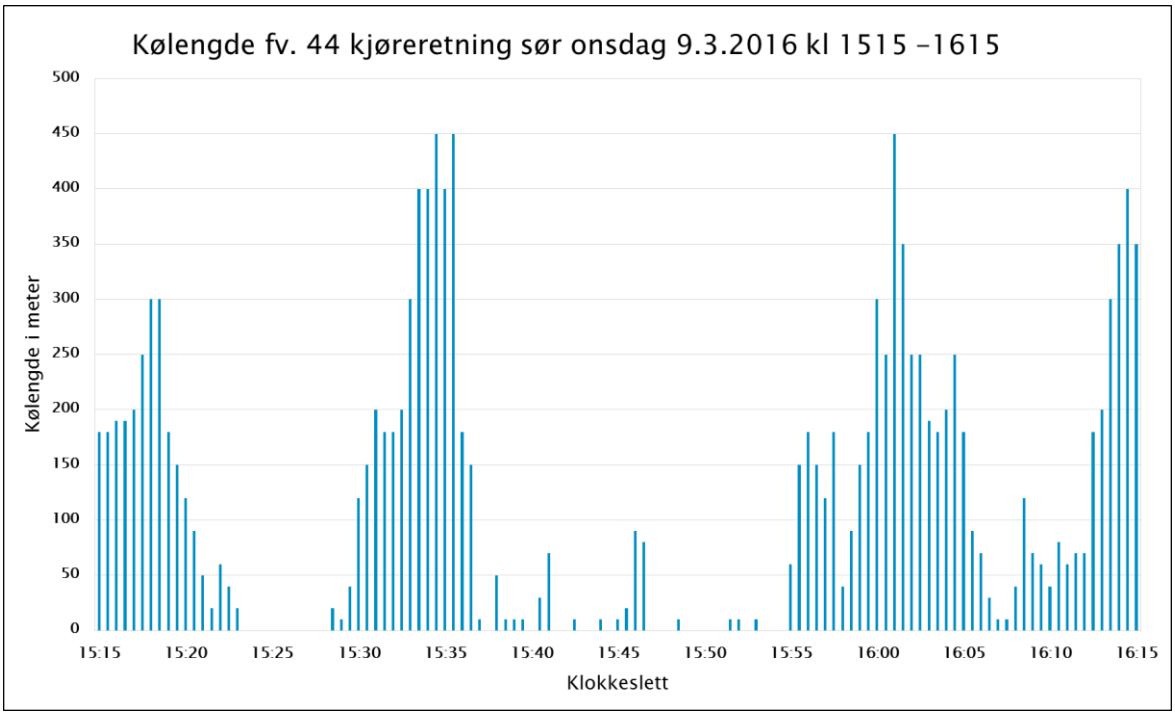


FIGUR 50 KØREGISTRERINGER - LENGDEREFERANSE

Figur 50 viser flyfoto med referanse (m) for hver 30. meter i begge retningene fra vikelinjen i rundkjøringen. Observasjonspunktet er merket med rød sirkel. Ved selve registreringene benyttet jeg et egenprodusert skjema for registrering og avkryssing av stipulert kølengde.

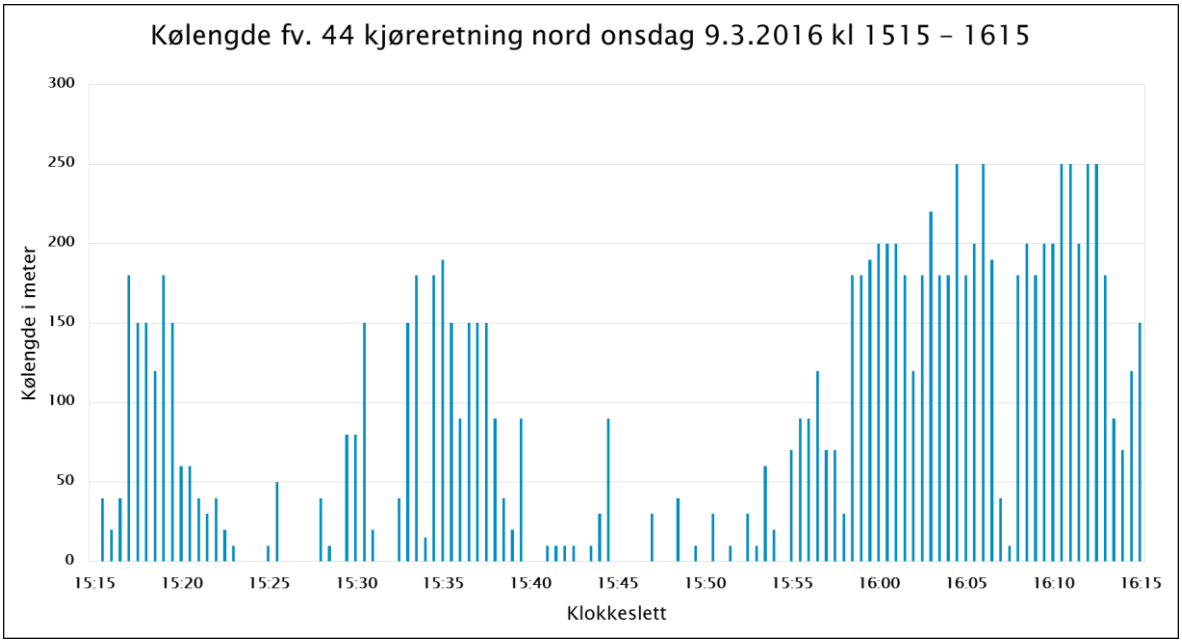
Skjemaet som ble benyttet er vist i vedleggsdelen i denne rapporten. I utgangspunktet har jeg registrert bakerste stillestående kjøretøy for å finne kølengden. Dette er mest relevant for registreringer av kø i et signalregulert kryss hvor første kjøretøy står i ro fremme ved stopplinjen. Foran en rundkjøring er trafikken ofte i sakte bevegelse. Dersom et kjøretøy slipper inn i rundkjøringen, rykker kjøretøyene bak ett steg frem i køen. Jeg har derfor valgt å registrere trafikk som er i sakte bevegelse (gangfart og lavere) som kø. Det er vanskelig å vurdere hva som er kø- og hva som er saktegående trafikk og hvor grensehastigheten er for dette. Registreringene er derfor basert på en individuell, skjønnsmessig vurdering av kø-begrepet.

Videre er det en usikkerhet knyttet til stipuleringen av kølengde. Spesielt når køen ble over ca. 200 m lang, var det vanskelig å definere kølengdene fra observasjonspunktet. I retning sør var kulverten siktbegrensende. Dette gjorde at registreringene over 200 meter ble usikre. Kølengden ble registrert på fv. 44 for hvert 30. sekund. Det ble derfor i løpet av registreringstimen gjort 120 kølengderegistreringer i hver av retningene. Resultatene er lagt inn i Excel og blir videre i dette kapitlet presentert som stolpediagrammer og grafer.



FIGUR 51 REGISTRERTE KØLENGDER FV. 44 RETNING SØR

På figur 51 ser vi hvordan kølengden varierer i løpet av registreringstimen i retning sør. Maksimal kølengde er 450 meter som opptrer like etter kl. 1530 og like etter kl. 1600. Gjennomsnittlig kølengde blir da utregnet til 112,0 meter i denne retningen.



FIGUR 52 REGISTRERTE KØLENGDER FV. 44 RETNING NORD

PÅ figur 52 ser vi hvordan kølengden varierer i løpet av registreringstimen i retning nord. Maksimal kølengde er 250 meter som opptrer like etter kl. 1600 og varer ca. til kl. 1610. Gjennomsnittlig kølengde er utregnet til 89,3 meter på fv.44 i denne retningen.

Det er en sammenheng mellom kølengde og forsinkelse. Grovt sett kan en derfor beregne gjennomsnittlig forsinkelse ut fra kølengde. Denne sammenhengen kan uttrykkes ved hjelp av følgende uttrykk basert på Little`s law (Little, 2011) hentet fra «Trafikkavvikling i forkjørsregulerte kryss» (Stein Johannessen, 1975):

$$\mathbf{L_{gj} = W * N_t / T}$$

L_{gj} = gjennomsnittlig kølengde (antall kjøretøyer) i perioden T.

W = gjennomsnittlig forsinkelse (tidsenheter pr. kjøretøy).

N_t = antall kjøretøyer som passerer i trafikkstrømmer i perioden T.

T = periodens lengde i tidsenheter

Om vi gjør om på utrykket kan en beregne gjennomsnittlig forsinkelse pr. kjøretøy på bakgrunn av gjennomsnittlig kølengde:

$$\mathbf{W = L_{gj} * T / N_t}$$

Dersom en tar utgangspunkt i en tungbilandel på 7% og at en tungbil i kø i gjennomsnitt beslaglegger en veglengde på 13,0 meter og en personbil 7,0 meter (dim. lengder hentet fra SIDRA), vil hvert kjøretøy i gjennomsnitt generere 7,4 m kølengde. På fv. 44 i retning sør vil en da i gjennomsnitt ha 112,0 m / 7,9 m/kjt = 15,1 kjøretøyer i kø. På fv. 44 i retning nord vil en ha 89,3 m/7,4 m/kjt = 12,1 kjøretøyer i kø i gjennomsnitt.

Trafikkregistreringene som ble utført den 27.1.2016, og som er lagt til grunn for analysene og beregningene i denne rapporten, viser at det passer 640 kjøretøyer gjennom rundkjøringen i retning sør og 620 kjøretøyer i retning nord i dimensjonerende time.

For fv. 44 retning sør får vi da:

W = 15,1 kjt/640 kjt/t *3600 s= 84,9 sekunder pr. kjøretøy (gjennomsnittlig forsinkelse).

For fv. 44 i retning nord blir resultatet:

W = 12,1 kjt/620 kjt/t * 3600 s = 70,3 sekunder pr. kjøretøy (gjennomsnittlig forsinkelse).

7.10 Oppsummering av resultatene fra registreringene

I de foregående kapitlene har jeg beskrevet hvilke registreringer som er gjennomført før- og under i rapportarbeidet og hvilke resultater som har fremkommet. I dette kapitlet vil jeg se nærmere på kvaliteten på registreringene og avgjøre hvilke parameter som skal benyttes i modelleringen i SIDRA og som skal danne basis for rapportens konklusjoner. Følgende parametre blir behandlet:

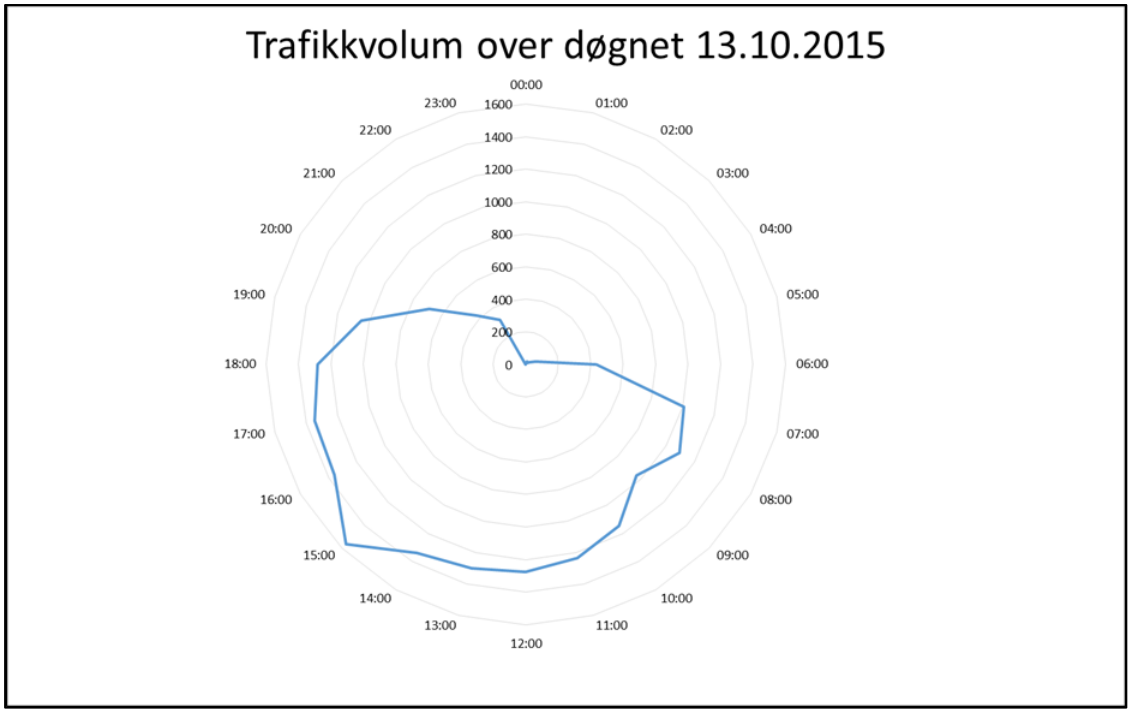
- Dimensjonerende time
- Rødtid for kjørende
- Trafikkvolum biltrafikk
- Trafikkvolum sykkeltrafikk
- Trafikkvolum gående
- Syklede mot rødt lys
- Tungbilandel

7.10.1 Dimensjonerende time

Utgangspunktet for beregninger av viktige parametre som kapasitet, forsinkelse og kølengde er dimensjonerende timestrafikk i krysset. For finne ut om registreringstimen samsvarer med makstimen eller dimensjonerende time, har jeg hentet ut trafikkdata fra nivå-1 punktet ved

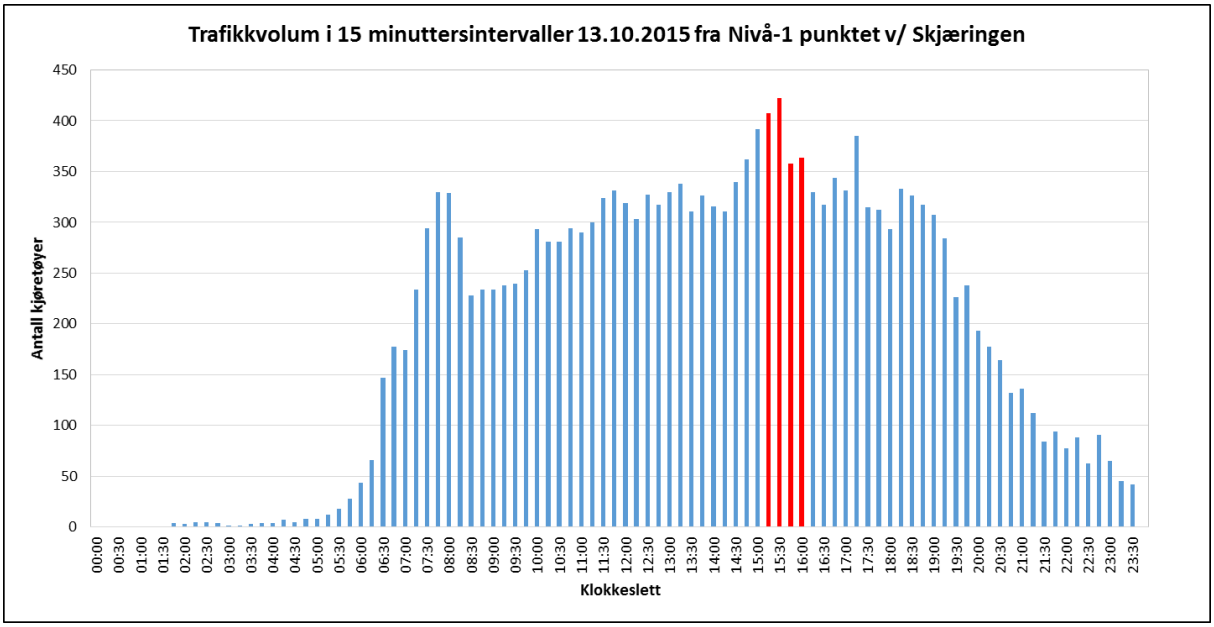
Skjæringen for denne aktuelle dagen. Uttaket har vært datafiler med registeringer av enkeltkjøretøyer. Tallene et behandlet i Excel og vist som diagrammer for tabeller i de neste avsnittene i dette kapitlet.

Min analyse viser at viser at makstimen denne dagen opptrådde i tidsrommet mellom kl. 1452 og kl. 1552. Sammenlignet med registreringstimen som gikk fra kl.1515 til kl. 1615 har denne timen 28 flere kjøretøyer. Dette er en marginal forskjell i trafikkbelastning.



FIGUR 53 TRAFIKKFORDELING OVER DØGNET 13.10.2015

Figur 53 som er et klokkediagram viser fordelingen av trafikk over døgnet på registreringsdagen 13.10.2015 Trafikkdata er hentet fra nivå-1 punktet ved Skjæringen. Figuren indikerer tydelig at trafikkvolumet er størst ca. kl. 1500 og indikerer at makstimen ligger nær dette tidspunktet.



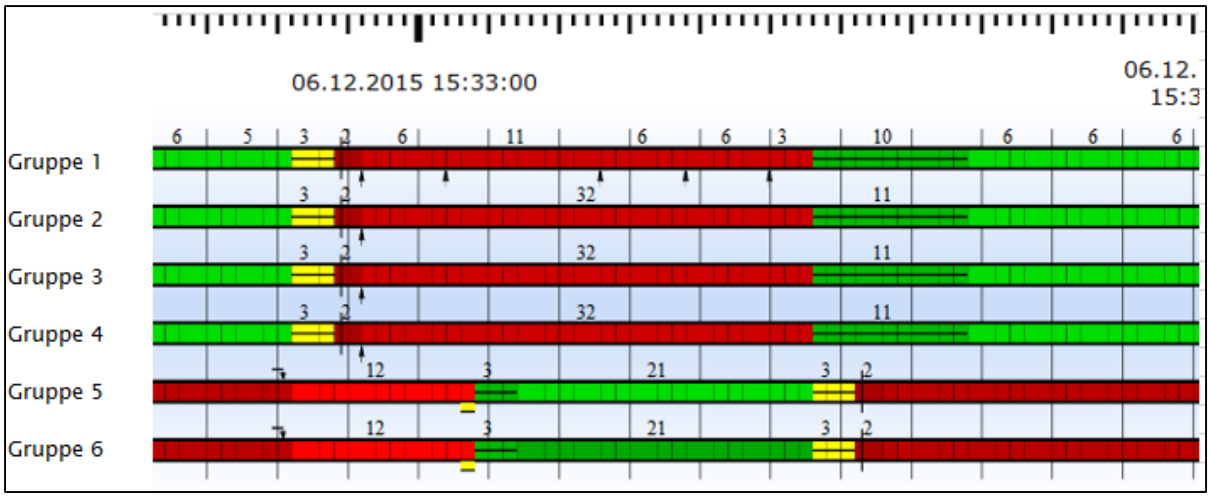
FIGUR 54 TRAFIKKVOLUM I 15-MINUTTERS INTERVALLER 13.10.2015

Figur 54 viser søylediagram for denne registreringsdagen. De fire 15-minutters periodene i registreringstimen er merket med røde søyler. Ut fra søylenes høyde kan vi se at makstimen er 15. minutter forskjøvet i forhold til registreringstimen.

Ut fra dette kan se ut som registreringene er gjennomført noe forskjøvet i forhold til makstimen, men at trafikkregistreringen er foretatt nært opptil med en differanse på bare 28 kjøretøyer.

7.10.2 Rødtid for kjørende

For å kunne si noe om kvaliteten på registreringene av rødtid, har jeg hentet ut data fra styreapparatet i signalanlegget som loggfører aktiviteten og som dermed kan gi opplysninger om hvor ofte og lenge signalene er røde for kjøretrafikken. Jeg har valgt å ta ut data for de fem ukedagene fra 30.11.2015 til 4.12.2015 i tidsrommet mellom 1515 og 1615. Dette tidsrommet er valgt fordi det er det samme som tidsrommet som ble definert som den dimensjonerende time og som er basis senere beregninger i SIDRA.



FIGUR 55 SIGNALSKJEMA

Figur 55 viser signalskjema for signalanlegget. De fire øverste radene er viser hvordan signalene skifter kjøretrafikken (gruppe 1 til 4). De to nederste viser bussen (gruppe 5 og 6). Fargekodene samsvarer med signalfargen, med unntak av grønt som betyr at signalanlegget har «gått i svart». Dette gjelder både for bussen og for trafikken i kjørefeltene. Tallene som er vist over radene er tid angitt sekunder, eksempelvis er gult lys som standard satt til 3 sekunder.

	Dato	Tid	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4	Gruppe 5	Gruppe 6
94	06.12.2015	15:32:22.000	12	12	12	12	16	16
95	06.12.2015	15:32:28.000	12	12	12	12	16	16
96	06.12.2015	15:32:34.000	12	12	12	12	16	16
97	06.12.2015	15:32:40.000	12	12	12	12	16	16
98	06.12.2015	15:32:46.000	12	12	12	12	16	16
99	06.12.2015	15:32:51.000	2	2	2	2	20	20
100	06.12.2015	15:32:54.000	15	15	15	15	20	20
101	06.12.2015	15:32:56.000	17	17	17	17	20	20
102	06.12.2015	15:33:02.000	17	17	17	17	20	20
103	06.12.2015	15:33:03.000	17	17	17	17	10	10
104	06.12.2015	15:33:04.000	17	17	17	17	11	11
105	06.12.2015	15:33:07.000	17	17	17	17	12	13
106	06.12.2015	15:33:13.000	17	17	17	17	12	13
107	06.12.2015	15:33:19.000	17	17	17	17	12	13
108	06.12.2015	15:33:25.000	17	17	17	17	12	13
109	06.12.2015	15:33:28.000	11	11	11	11	2	2
110	06.12.2015	15:33:31.000	11	11	11	11	15	15
111	06.12.2015	15:33:33.000	11	11	11	11	16	16
112	06.12.2015	15:33:38.000	11	11	11	11	16	16
113	06.12.2015	15:33:39.000	12	12	12	12	16	16
114	06.12.2015	15:33:45.000	12	12	12	12	16	16
115	06.12.2015	15:33:51.000	12	12	12	12	16	16

TABELL 14 DATA FRA STYREAPPARAT I EXCELFORMAT

Tabell 14 viser et eksempel på datauttaket fra styreapparatet i Excelformat. Tallkodene som er listet opp under hver kolonne, er koder for signalstatus i anlegget. Eksempelvis betyr tallkode

2 gult lys (3 s) som også indikerer at det er en buss som har blitt anropt. Styreapparatet logger kun endringer av status, så det foreligger ikke sekundregistreringer. Man kan likevel regne ut tiden de ulike statusene er i funksjon ved å se på kolonnen som angir tidspunkt i figur 50.

Gruppe 1 til 4 (bil)		
Tallkode	Signaltype	Tid (s)
2	gul	3
11	svart minimum	10
12	svart forlengelse	varierer
15	fast rød	2
17	rød forlengelse	varierer
12	svart	varierer
Gruppe 5 og 6 (buss)		
Tallkode	Signaltype	Tid (s)
2	-	3
10	S / -	1
11	svart minimum	3
12	svart forlengelse	varierer
13	svart forlengelse	varierer
15	fast rød	2
16	S	varierer
20	S venter	11

TABELL 15 BETYDNING AV TALLKODER

Tabell 15 viser betydningen av de ulike tallkodene som er benyttet i styreapparatet og hvor lang tid de enkelte tallkodene er aktive. Noen er faste mens andre er dynamiske og varierer. Eksempelvis vil grønntiden for buss variere i forhold til hvor lang tid det går fra bussen er detektert av passeringsdetektoren og til den passerer utkvitteringsdetektoren like etter rundkjøringen. Dersom det er passasjerer på holdeplassen like sør for rundkjøringen som skal ta bussen, vil dette påvirke grønntiden for bussen i stor grad.

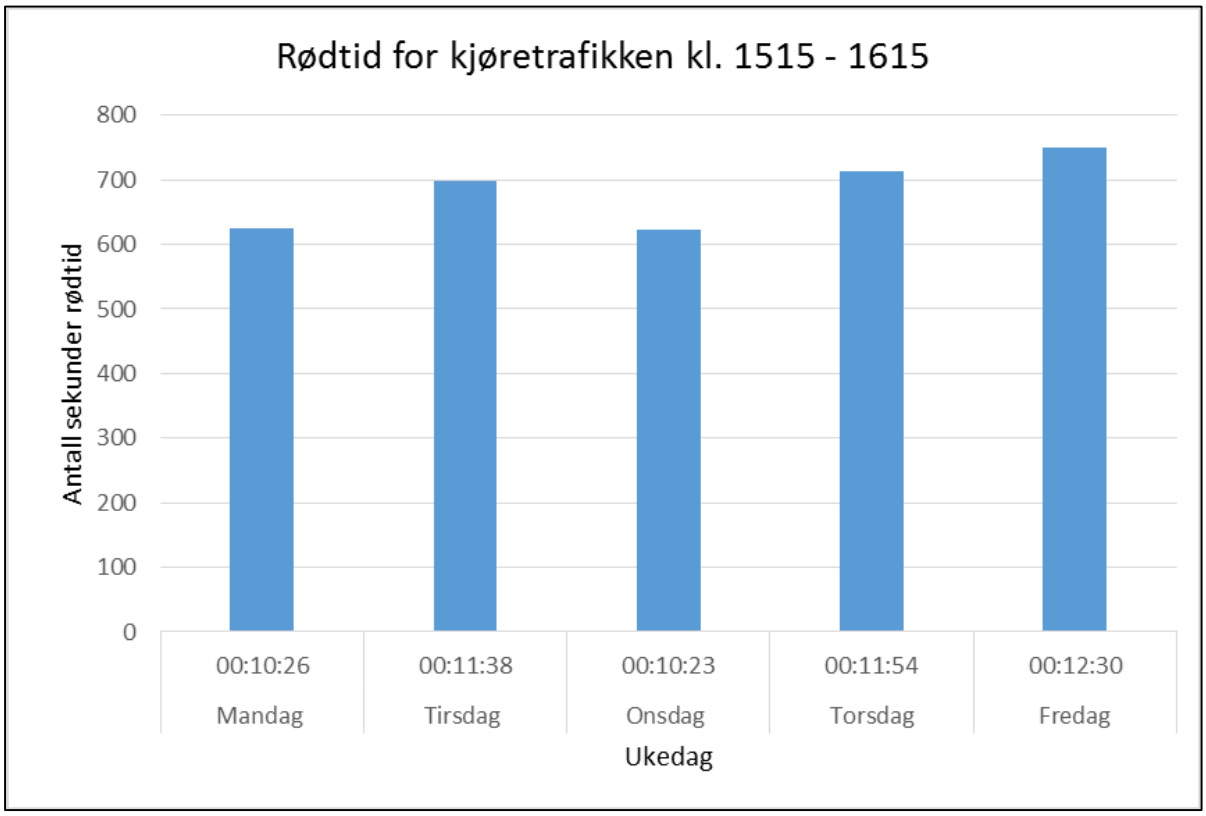
Generelt er det slik at bussen har svært liten forsinkelse gjennom rundkjøringen. Signalanlegget er dimensjonert slik at bussen nærmest skal kunne kjøre uhindret gjennom krysset. Forutsetningen for dette er at bussen ikke kjører fortere enn den hastighet som er dimensjonerende for signalanlegget. Det som er mest interessant for analysen videre er hvor stor andel av dimensjonerende time kjøretrafikken står i ro og venter på grønt lys («svart»). Det er tillatt å kjøre mot gult lys. Noen bilister gjør dette - og noen velger å stanse. Det er mulig å komme fram til en antatt prosentfordeling som kjører/stopper for gult lys og legge denne inn i analysen. Alternativt kunne en gjort feltregistreringer og kommet fram til en slik fordeling. Det samme gjelder også for rødlyskjøring. Vi har i dette krysset tidligere registrert at ca. 10 % av bilistene kjører mot rødt lys (Røyland, 2014).

På grunn av oppgavens begrensinger i arbeidsomfang har jeg valgt å forutsette at bilistene stanser for gult- og rødt lys. For å finne stopptiden for kjøretrafikken lys har jeg hentet ut samlet tid i registreringstimen for kode 2, 15 og 17 som er merket med blått i tabell 10 og hvor det var gult og rødt lys i kjørefeltene. Denne tiden kalles i den videre analysen *rødtid for kjørende.*

Ukedag	Rødtid kjørende (tt:mm:ss)	Rødtid kjørende (s)
Mandag	00:10:26	626
Tirsdag	00:11:38	698
Onsdag	00:10:23	623
Torsdag	00:11:54	714
Fredag	00:12:30	750
Gjennomsnitt	00:11:22	682,2

TABELL 16 GJENNOMSNITTLIG RØDTID FOR KJØRETRAFIKKEN

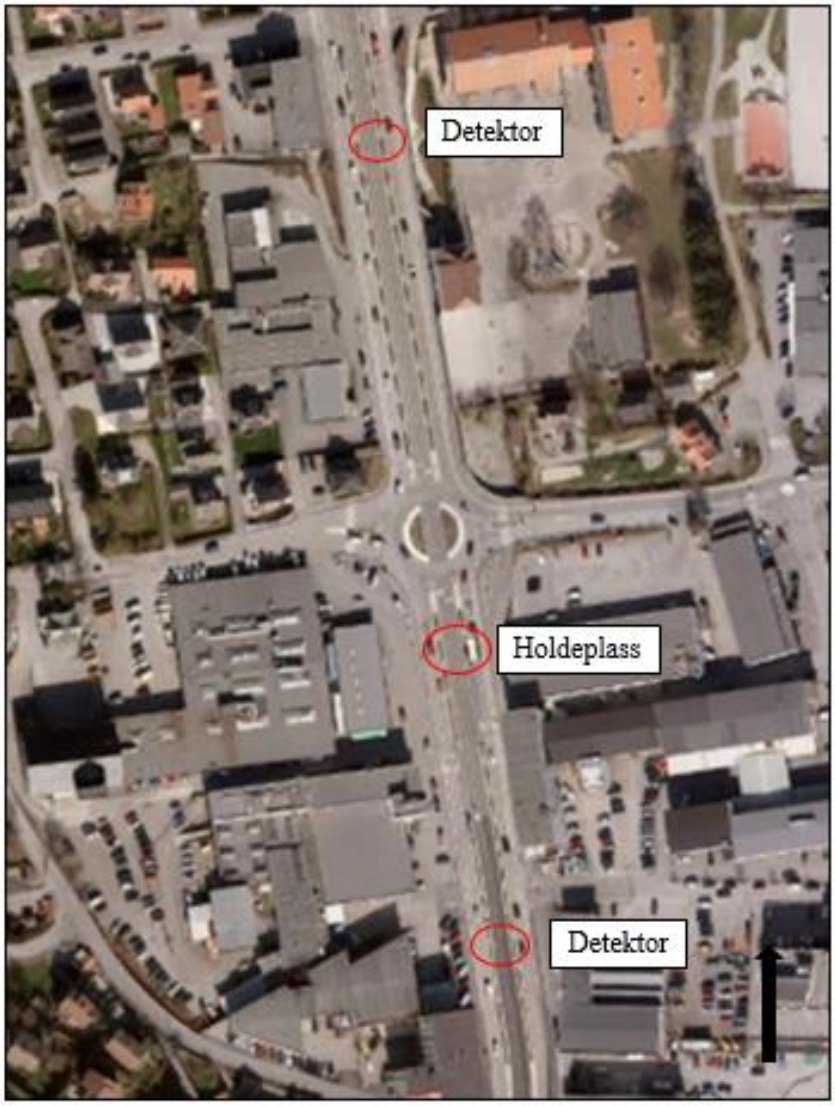
Tabell 16 viser rødtiden (gult + rødt) for kjørende fra mandag til fredag den første uken i desember 2015 i tidsrommet mellom kl. 1515 og kl. 1615. Vi ser at rødtiden i denne timen er relativt jevn over uken, med en gjennomsnittsverdi på 11 minutter og 22 sekunder eller 682,2 sekunder.



FIGUR 56 RØDTID FOR KJØRETRAFIKKEN

Figur 56 viser resultatene fra tabell 16. Vi ser at rødtiden er noe større på tirsdag og fredag enn resten av uken, men det er ikke helt klart hva dette skyldes. En forklaring kan være at passasjergrunnlaget har vært noe større disse to dagene. Vi vet at det ligger er bussholdeplass på fv. 44 like sør for rundkjøringen og at bussen stanser på denne etter at den har passert anropsdetektoren. Bilistene blir da stående på rødt lys og vente mens bussen tar opp eller setter av passasjerer. Aktiviteten på holdeplassen vil påvirke rødtiden i signalanlegget.

Dersom man forutsetter at de kjørende stanser på gult og rødt lys, vil kjøretrafikken i gjennomsnitt stå i ro og vente på bussen 682,2 sekunder i dimensjonerende time. Om man ser på antall anrop (23,4) opp mot rødtid for kjørende vil finne ut at gjennomsnittlig rødtid (rødt + gult) er 29,2 sekunder.



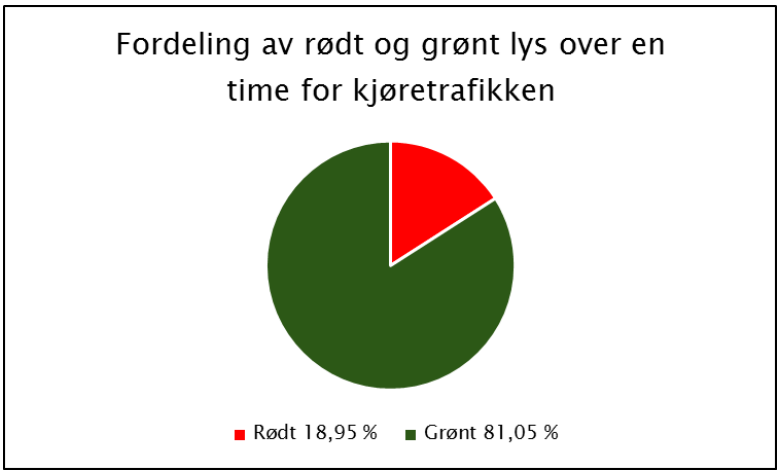
FIGUR 57 PASSERINGSDETEKTORER OG HOLDEPLASS SJØHAGEN SØR

Figur 57 viser plassering av passeringsdetektorer for bussen plassert ca. 120 fra vikelinjen i hver retning på fv. 44 Hillevågsveien. På nordsiden av rundkjøringen ligger holdeplassen nord for passeringsdetektoren som er plassert ca. 120 meter fra vikelinjen. På sørsiden er passeringsdetektoren også plassert ca. 120 meter fra vikelinjen, men her er holdeplassen mellom passeringsdetektoren og vikelinjen, ca. 25 meter fra vikelinjen. Det betyr at bussen først blir detektert, signalanlegget skifter gult og deretter til rødt for kjøretrafikken, deretter stanser bussen (ikke alle) på holdeplassen for å ta opp- eller slippe av eventuelle passasjerer.

Ukedag	Antall anrop fra buss	Rødtid kjørende (s)	Rødtid pr. anrop gjennomsnitt (s)
Mandag	23	626	27
Tirsdag	24	698	29
Onsdag	22	623	28
Torsdag	25	714	29
Fredag	23	750	33
Gjennomsnitt	23,4	682,2	29,2

TABELL 17 ANROP AV BUSS OG GJENNOMSNITTLIG RØDTID

Som tabell 17 viser er det i gjennomsnitt 23,4 anrop fra buss i dimensjonerende time. Tidligere har vi sett fra trafikkregistreringene i nivå-1 punktet på fv. 44 ved Skjæringen at det passerer 28 busser i dimensjonerende time. Forklaringen på at antallet anrop er lavere enn dette, kan skyldes at flere busser kjører på samme anrop og at buss nummer to kjører i samme fase som første buss. Dette er observert ved registreringene i krysset. Det kan også være slik at færre busser kjørte gjennom krysset denne uken enn normalt. I tillegg kan man ikke utelukke feil i datauttaket fra styreapparatet for signalanlegget. Dersom man regner andelen rødtid pr. time vil denne være 29,2 sekunder * 23,4 anrop = 682,2 sekunder pr. time dvs. 18,95 % av tiden. Vi vil derfor ha ca. *11 minutter og 37 sekunder* med rødt lys for kjøretrafikken pr. time. I denne tiden vil altså den signalregulerte rundkjøringen for bilistene fungere som et signalanlegg med rødt lys.



FIGUR 58 FORDELING AV GRØNT OG RØDT FOR KJØRETRAFIKKEN

Dersom man regner med den resterende grønntiden fordeles på 23,4 anrop finner vi at det er i gjennomsnitt 124,7 sekunder grønt («svart») lys for kjøretrafikken mellom hvert bussanrop.

Omløpstiden for signalanlegget blir da 29,2 sekunder + 124,7 sekunder = 153,9 sekunder.

Reisetidregistreringer som ble gjennomført i forbindelse med utarbeidelse av evalueringen av midtilte kollektivfelt på fv. 44 i Hillevåg (Ytreland, 2015) viste at holdeplasstiden i gjennomsnitt er 1 minutt og 6 sekunder (66 s) i morgenrushet og 1 minutt og 22 sekunder (82 s) i ettermiddagsrushet samlet på fire holdeplasser. Tallene er ikke gjennomsnittlig holdeplasstid, men samlet holdeplassforsinkelse som også inneholder data fra busser som ikke stanser på holdeplassene. Dersom man gjør en grov vurdering og regner holdeplassforsinkelsen som lik på de fire holdeplassene, vil gjennomsnittlig holdeplassforsinkelse være 18,5 sekunder i morgen- og ettermiddagsrushet samlet. Denne tiden er total forsinkelse inklusive bussens nedbremsing og akselerasjon ved holdeplassen.

Referanse	Stans holdeplass Gj.snitt rødtid buss mot nord (s)	Uten stans Gj.snitt rødtid buss mot nord (s)	Totalt Gj.snitt rødtid buss mot nord (s)	Gj.snitt rødtid buss mot sør (s)	Samlet begge retninger gjennomsnitt rødtid (s)	Gjennomsnittlig Holdeplassforsinkelse (s)
Videoregistrering 1	72,0	20,6	39,9	20,1	30,0	19,8
Videoregistrering 2	34,7	20,0	29,4	21,0	25,2	14,7
Evalueringsrapporten						18,5
Swarco styreapparat					29,2	
Gjennomsnitt		20,3	34,7	20,6	28,1	17,7

TABELL 18 RØDTIDER FOR KJØRETRAFIKKEN OG HOLDEPLASSFORSINKELSE FOR BUSS

Tabell 18 viser en sammenstilling av resultatene som fremkommer av videoregistreringene, Evalueringsrapporten (Ytreland, 2015) og datauttak fra styreapparatet. Ut fra denne tabellen er gjennomsnittlig rødtid 28.1 sekunder og gjennomsnittlig holdeplassforsinkelse 17,7 sekunder. Dette betyr ikke at holdeplasstiden i gjennomsnitt er 17,7 sekunder, men at hver buss i gjennomsnitt blir forsinket med 17,7 sekunder som følge av at enkelte av bussene stanser på holdeplassen.

Totalt sett vil en buss som kjører gjennom rundkjøringen uten å stanse på holdeplass i gjennomsnitt generere 20,3 sekunder rødtid.

Tallene som fremkommer i tabell 18 er basert på relativt få registreringer. Usikkerheten er derfor ikke ubetydelig. Spesielt videoregistreringene var begrenset i omfang og kan derfor ikke ilegges stor vekt. Tidsregistreringen som ble utført manuelt under gjennomgang av videoopptakene var omtrentlig. Det var ikke mulig å registrere mer nøyaktig enn hele sekunder.

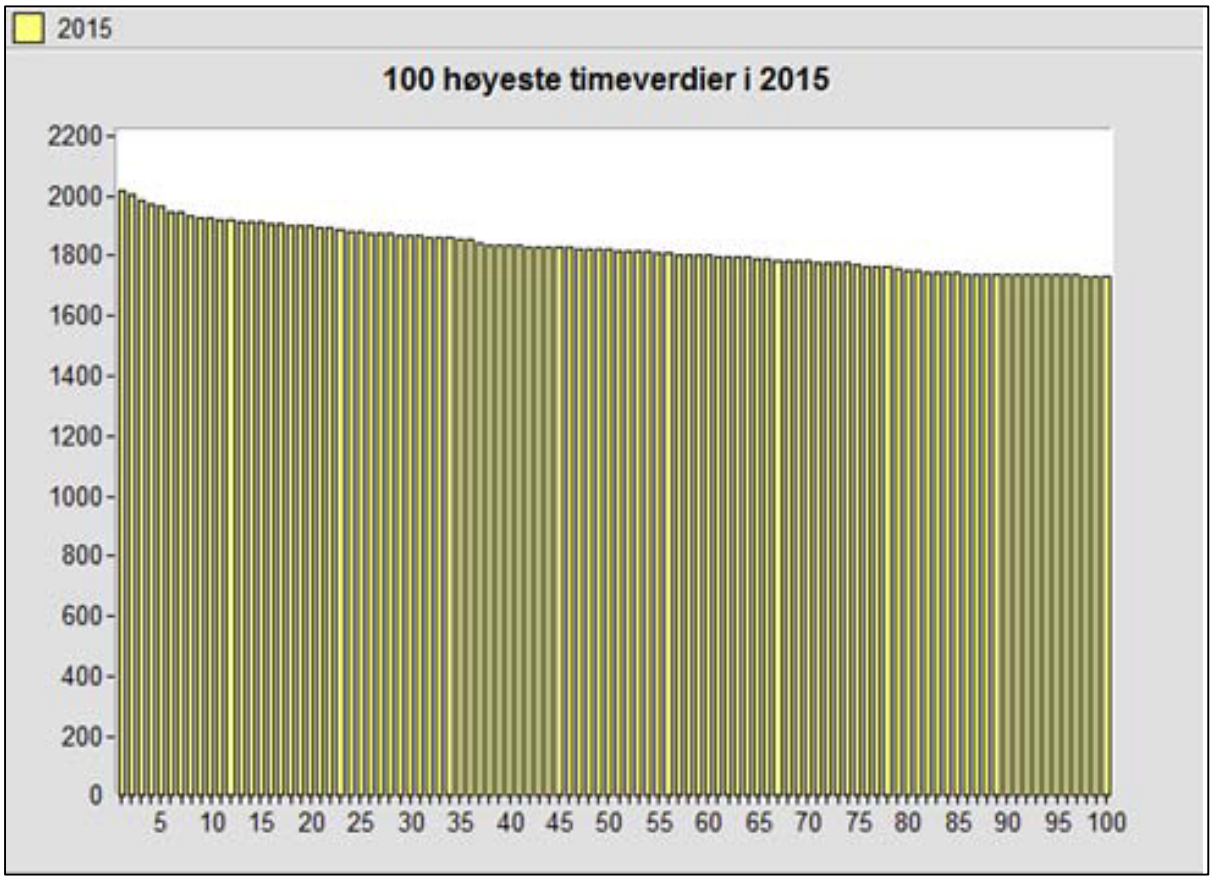
	Rødtid (s)	Holdeplasstid (s)
Buss i retning sør	20	0
Buss i retning nord	40	20
Gjennomsnitt	30	

TABELL 19 AVRUNDEDE VERDIER FOR RØDTID OG HOLDEPLASSTID

Ut fra en totalvurdering har jeg kommet fram til avrundede verdier for rødtid og holdeplasstid som vist i tabell 19 over. Verdiene blir brukt i videre beregninger og analyser.

7.10.3 Trafikkvolum biltrafikk

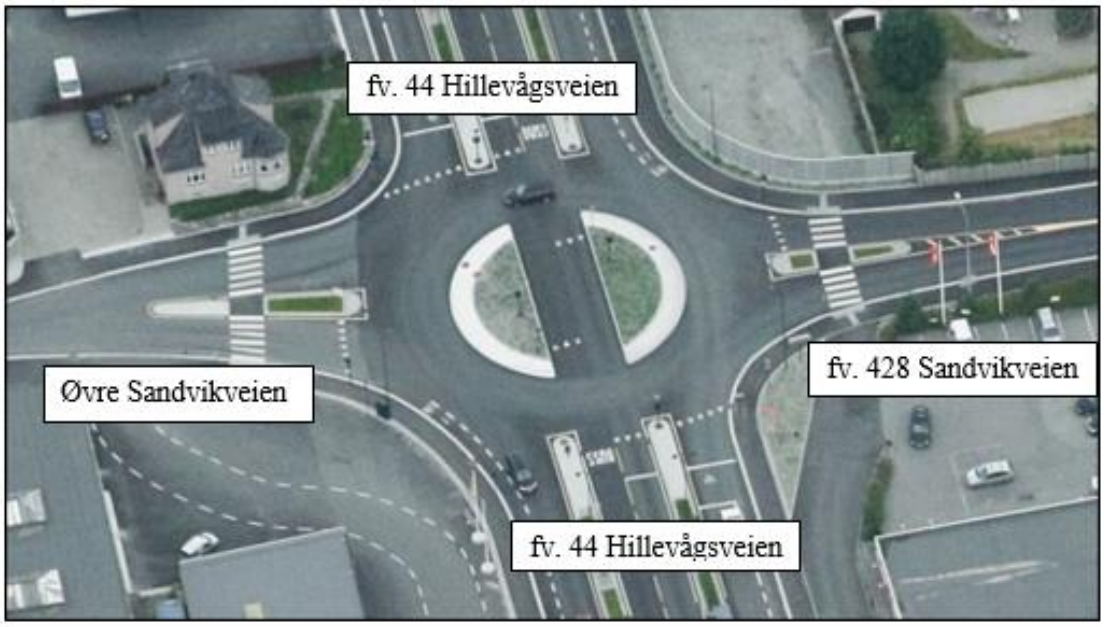
Trafikkdata fra nivå 1 – ved Skjæringen viser at den 13. oktober 2015 i tidsrommet fra kl. 1515 til 1615 (registreringstimen) passerte 1470 kjøretøyer tellepunktet (Ytreland, 2015).



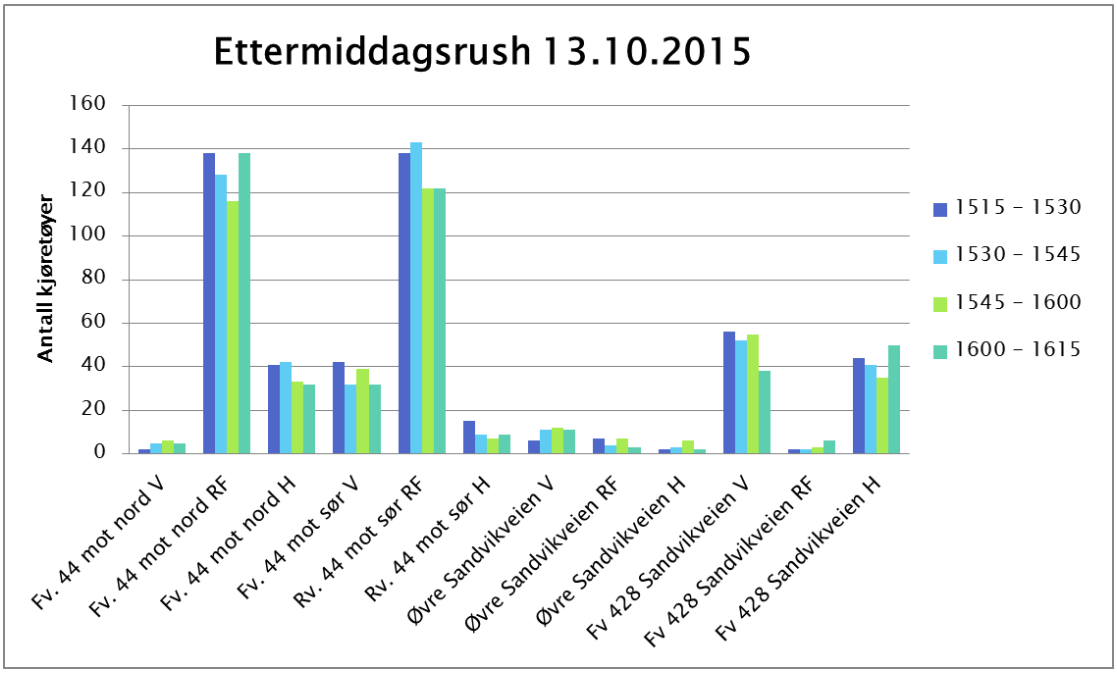
FIGUR 59 HØYESTE REGISTRERTE TIMETALL I NIVÅ - 1 REGISTRERINGSPUNKTET

Som figur 59 viser, er det registrert en maksimal timestrafikk på rundt 2000 i dette registreringspunktet i 2015 (Ytreland, 2015). Figuren viser ellers at det ikke er uvanlig med timetall over 1800. Trafikktallene som passerte tellesnittet var med andre ord betydelig lavere på registreringsdagen enn hva man ellers har registrert, dersom man ser på de 100 høyeste

verdiene i 2015. Oppsummert kan dette indikere at trafikktallene i krysset på begge de to registreringsdagene - var lavere enn normalt. Samtidig vet man at trafikkmengden totalt sett har gått ned på nord-Jæren fra 2014 til 2015 sannsynligvis på grunn av økonomiske nedgangstider i oljebransjen. For å finne ut mer om trafikkbelastningen har jeg sett på trafikkfordelingen i løpet av registreringstimen. På de neste sidene er trafikkvolum oppdelt 15. minutters-intervaller fra registreringene 13.10.2015 og 27.01.2016 vist som søylediagram.



FIGUR 60 OVERSIKTSBILDE (FRØYLAND, RISTESUND, & SIMONSEN, 2014)



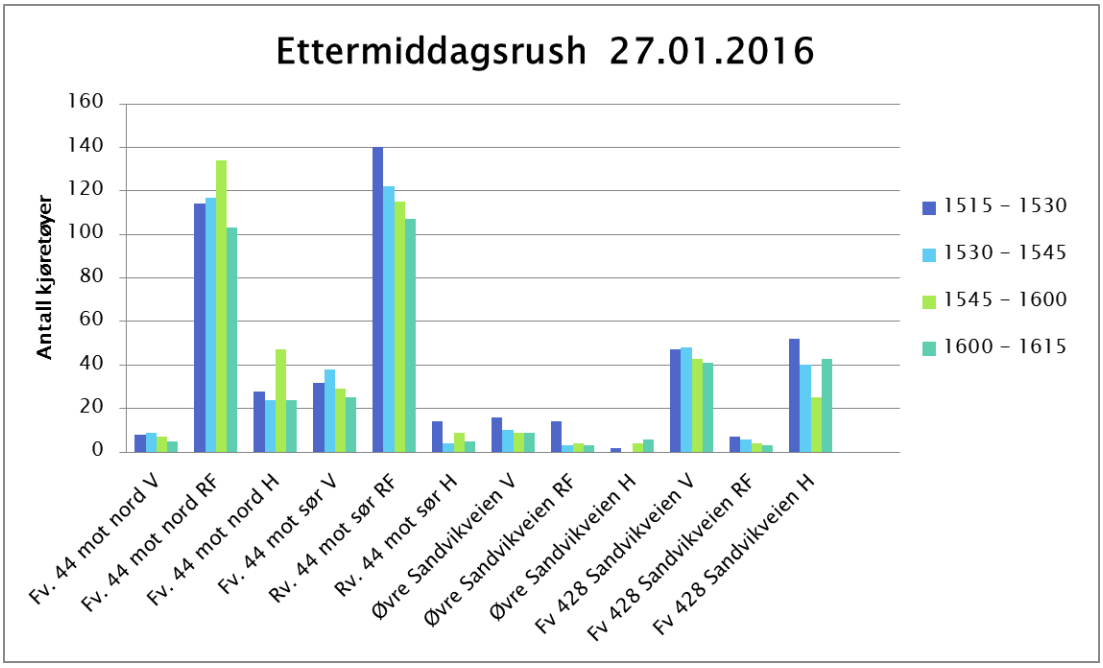
FIGUR 61 TRAFIKKVOLUM FORDELT PÅ FELT (V=VENSTRE, H = HØYRE, RF = RETT FREM)

Figur 61 viser hvordan trafikkmengden varierer i løpet av registreringstimen. Vi kan se at på fv. 44 i retning sør er trafikkmengden avtagende fra 138 kjøretøyer i tidsrommet fra kl.1515 til kl. 1530 til 122 kjøretøyer i tidsrommet fra 1600 til 1615. Med noen få unntak er dette trenden også for de andre kjøretøybevegelsene. På fv. 44 i retning nord er trafikken avtagende fra 1515 og utover i registreringstimen, men med stigning de siste 15 minuttene fra kl. 1600 til 1615.

	1515 – 1530	1530 – 1545	1545 – 1600	1600 – 1615	SUM
Fv. 44 mot nord V	2	5	6	5	18
Fv. 44 mot nord RF	138	128	116	138	520
Fv. 44 mot nord H	41	42	33	32	148
Fv. 44 mot sør V	42	32	39	32	145
Rv. 44 mot sør RF	138	143	122	122	525
Rv. 44 mot sør H	15	9	7	9	40
Øvre Sandvikveien V	6	11	12	11	40
Øvre Sandvikveien RF	7	4	7	3	21
Øvre Sandvikveien H	2	3	6	2	13
Fv 428 Sandvikveien V	56	52	55	38	201
Fv 428 Sandvikveien RF	2	2	3	6	13
Fv 428 Sandvikveien H	44	41	35	50	170
Total sum					1854

TABELL 20 TRAFIKKTALL 13.10.2015 (V = VENSTRE, H= HØYRE, RF = RETT FREM)

Tabell 20 viser totalt trafikkvolum og fordeling på svingebevegelser i krysset fra registeringen den 13.10.2015. Totalt passerte 1854 kjøretøyer gjennom rundkjøringen denne timen.



FIGUR 62 TRAFIKKVOLUM FORDELT PÅ FELT (V=VENSTRE, H=HØYRE, RF = RETT FREM)

Figur 62 viser hvordan trafikkmengden varierer i løpet av registreringstimen den 27.01.2016. Vi kan se at på fv. 44 i retning sør er trafikkmengden avtagende fra 140 kjøretøyer i tidsrommet

fra kl.1515 til kl. 1530 til 107 kjøretøyer i tidsrommet fra 1600 til 1615. Med noen få unntak er dette trenden også for de andre kjøretøybevegelsene.

	1515 – 1530	1530 – 1545	1545 – 1600	1600 – 1615	SUM
Fv. 44 mot nord V	8	9	7	5	29
Fv. 44 mot nord RF	114	117	134	103	468
Fv. 44 mot nord H	28	24	47	24	123
Fv. 44 mot sør V	32	38	29	25	124
Rv. 44 mot sør RF	140	122	115	107	484
Rv. 44 mot sør H	14	4	9	5	32
Øvre Sandvikveien V	16	10	9	9	44
Øvre Sandvikveien RF	14	3	4	3	24
Øvre Sandvikveien H	2	0	4	6	12
Fv 428 Sandvikveien V	47	48	43	41	179
Fv 428 Sandvikveien RF	7	6	4	3	20
Fv 428 Sandvikveien H	52	40	25	43	160
Total sum					1699

TABELL 21 TRAFIKKTALL 27.01.2016 (V=VENSTRE, H=HØYRE, RF = RETT FRAM)

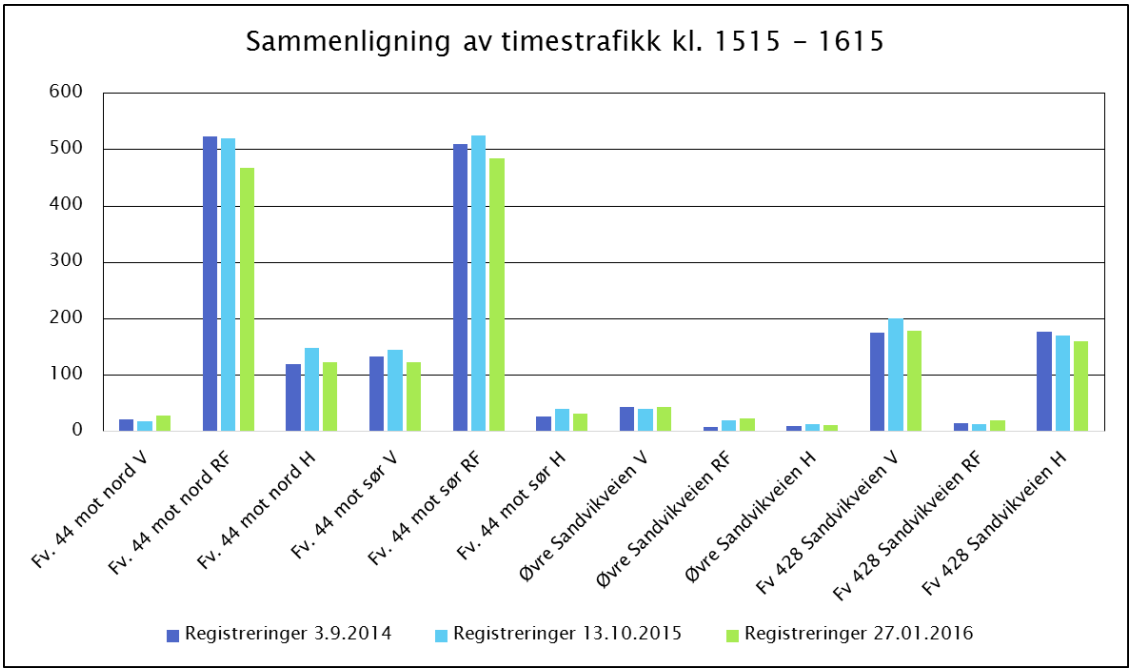
	Registreringer 3.11.2014	Registreringer 13.10.2015	Registreringer 27.01.2016
Kjøreretning	Uke 45	Uke 42	Uke 4
Fv. 44 mot nord V	22	18	29
Fv. 44 mot nord RF	524	520	468
Fv. 44 mot nord H	119	148	123
Fv. 44 mot sør V	133	145	124
Fv. 44 mot sør RF	510	525	484
Fv. 44 mot sør H	27	40	32
Øvre Sandvikveien V	44	40	44
Øvre Sandvikveien RF	8	21	24
Øvre Sandvikveien H	10	13	12
Fv 428 Sandvikveien V	176	201	179
Fv 428 Sandvikveien RF	15	13	20
Fv 428 Sandvikveien H	177	170	160
Total sum	1765	1854	1699

TABELL 22 TIMESBASERTE TRAFIKKTALL 2014 – 2015 - 2016

Tabell 22 viser endringen av registrerte trafikkvolum hentet fra de to registreringene utført i forbindelse med denne oppgaven og en tidligere registrering fra 30.11.2014. En grov vurdering av resultatene viser at det er i stor grad endringer av trafikkmengden på fv. 44 som utgjør forskjellen i total trafikkmengde som passerer rundkjøringen. Av de 155 kjøretøyene som er differansen mellom total trafikkmengde i 2015 og i 2016, utgjør trafikkvariasjonen på fv. 44 Hillevågsveien til sammen 136 kjøretøyer.

Av registreringsdata jeg har hentet fra nivå-1 punktet ved Skjæringen ser jeg at det i gjennomsnitt passerer 15801 kjøretøyer pr. døgn i basert på tall fra perioden 11. mars 2015 til 31. desember 2015. I uke 42 var døgntrafikken på fv. 44 ca. 4 % over årsgjennomsnittet og i

uke 44 var den ca. 5 % over gjennomsnittet for året. Jeg har ikke data fra uke 4 i 2015 da nivå-1 punktet ikke var i drift på dette tidspunktet.



FIGUR 63 SAMMENLIGNING AV TIMESTRAFIKK FRA DE TRE REGISTRERINGSDAGENE

Som tabell 22 og figur 63 viser er det registrert relativt beskjedne endringer av trafikkmengden i krysset når sammenligner 2014 og 2015 registreringene. Den totale endringen i trafikkvolum fra 2014 til 2015 er + 5 % om man ser på hele krysset samlet. Noen av kjøretøybevegelsene har omtrent samme trafikkmengde ved begge registreringene. Dette gjelder spesielt sidevegstrafikken. Ved registeringen som ble gjennomført i 2016 ser vi at samlet trafikkmengde som passerer rundkjøringen er ca. 4 % lavere enn i 2015.

Nøyaktigheten ved manuelle registreringer vil variere fra person til person og i forhold til hvilke type telling som skal utføres. Dersom man legger seg på 90% konfidensnivå, antas det at en vil ha en usikkerhet på ca. +/- 10 % ved manuelle registreringer av trafikkvolum (Blakstad, 1988). Dersom man legger slike vurderinger til grunn kan det tenkes at feilregistreringer er en større feilkilde enn den totale endringen i trafikkvolum fra 2014 til 2015. I tillegg vet man at trafikkvolumet generelt varierer over døgnet, over uken og over året. Værforhold kan spille inn i forhold til andel personer som velger bil foran sykkel til- og fra jobb. Vegstengning, anleggsarbeid eller hendelser i trafikken kan gjøre at bilister velger annen kjørerute enn normalt.

Trafikktallene fra de to registreringene et relativt like. I utgangspunktet kunne en derfor benyttet både 2014, 2015 og 2016 tallene som inngangsverdier i SIDRA. På den ene siden vet vi at trafikken normalt øker fra år til år. Prognoser for Rogaland i Nasjonal transportplan (NTP) legger til grunn en trafikkøkning på 1,4 % årlig i perioden 2014 til 2020 (Samferdselsdepartementet, 2009). Trafikktallene fra registreringen i 2015 var totalt noe høyere enn trafikktallene for 2014 og kan muligens gjenspeile at det har vært en viss trafikkøkning i løpet av siste året, slik som prognosene sa. På den annen side har hatt en generell nedgang i trafikken i Stavangerområdet på 1,6 prosent (Undheim, 2016). Etter min vurdering kan en del av denne nedgangen skyldes lavkonjunkturen i oljeindustrien i 2015 og 2016. Vi har også sett at trafikkmengden i uke 42 i 2015, når registreringen ble gjennomført, var ca. 4 % over gjennomsnittet for perioden fra 11. mars til 31. desember i 2015.

Etter en totalvurdering benytter jeg trafikktallene fra registreringen i 2016 videre i rapporten.

7.10.4 Trafikkvolum sykkeltrafikk

Sykkeltrafikken ble registrert i forbindelse med gjennomgang av videoopptaket fra 27.01.2016. I registreringstimen passerte 52 syklister i på fv. 44 i retning sør og 33 syklister i retning nord.

7.10.5 Trafikkvolum gående

Det er ikke gjort konkrete registreringer av de gående som krysser de to gangfeltene som er parallelle med fv. 44 Hillevågsveien. Antallet er anslått til ca. 10 personer i hvert gangfelt i registreringstimen. Dette tallet benyttes i videre beregninger i SIDRA.

7.10.6 Syklende mot rødt lys

I en landsomfattende spørreundersøkelse med 5222 syklister og bilister gjennomført av Transportøkonomisk institutt (TØI) svarer 21 % av de spurte at de alltid/ofte sykler på rødt lys dersom det ikke er kryssende trafikk. Bilistene opplevde sykling mot rødt lys som et av de største problemene i samspill med syklende. For øvrig var det bare én av syklistene som var med i denne undersøkelsen som opplevde kollisjon med bil i forbindelse med sykling mot rødt lys (Fyhri, Bjørnskau, & Sørensen, 2012).

En norsk spørreundersøkelse utført på 159 syklister i 2006 konkluderte med at det sykles mot rødt i ett av tre tilfeller. Undersøkelsen viser også at syklistene gjør individuelle vurderinger som er avgjørende for om de sykler mot rødt lys eller ikke. De fleste er enige om at ventetiden før man får grønt lys har betydning. Tre av fire sier at sannsynligheten for at de skal sykle på rødt lys er knyttet til om man i krysset skal sykle til høyre eller venstre samt til egenskaper ved krysset og andre trafikanters adferd (Bjørnskau, 2006).

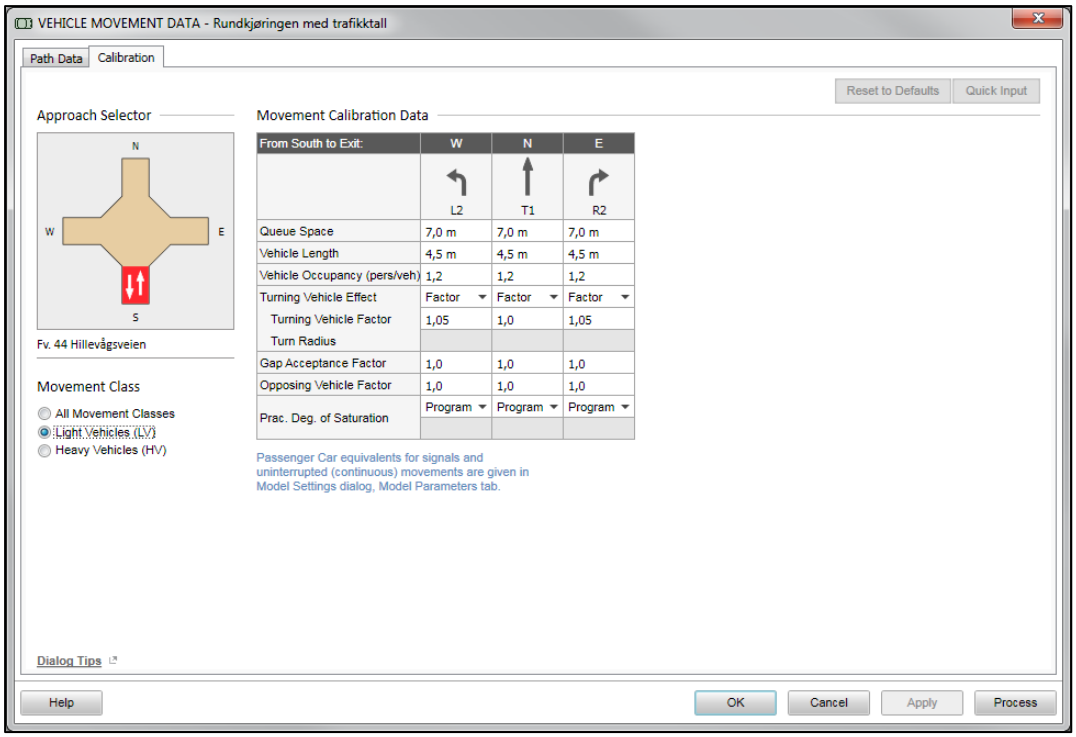
Begge undersøkelsene tyder på at syklistene er oppmerksomme på sin egen sårbarhet og derfor gjør en risikovurdering i forhold til om de skal sykle mot rødt lys eller ikke. Den første undersøkelsen viser at syklistene i bare beskjeden grad er involvert i trafikkulykker som følge av rødlyssykling, den andre påpeker at sannsynligheten for å sykle mot rødt lys er mindre ved høyresving i forhold til venstresving.

I denne rundkjøringen er det i liten grad konfliktfylt å sykle mot rødt lys, spesielt rett fram som da er parallell retning med bussen. Mine observasjoner underbygger antagelsene om at de fleste syklistene som sykler mot rødt lys har en forsiktig adferd i krysset. De synes etter min vurdering å være klar over hvilke konfliktpunkter som finnes og oppfører seg deretter. En del av syklistene som syklet mot rødt lys observerte over skulderen for å sjekke om bussen var tilstede i rundkjøringen før de svingte til venstre.

Min enkle registrering av syklister viste at det var anslagsvis 50 % av dem som syklet mot rødt lys. De overnevnte rapportene opererer med henholdsvis 21 % og 33% sykling mot rødt lys. Ingen av rapportene sier klart hvor stor andel syklister som sykler mot rødt lys i situasjoner hvor de ikke vil komme i konflikt med andre trafikanter - som her. Etter min vurdering kan antall syklister som sykler mot rødt lys kan ligge opp mot 50 %. Tallet er imidlertid svært usikkert på grunn av få registreringer.

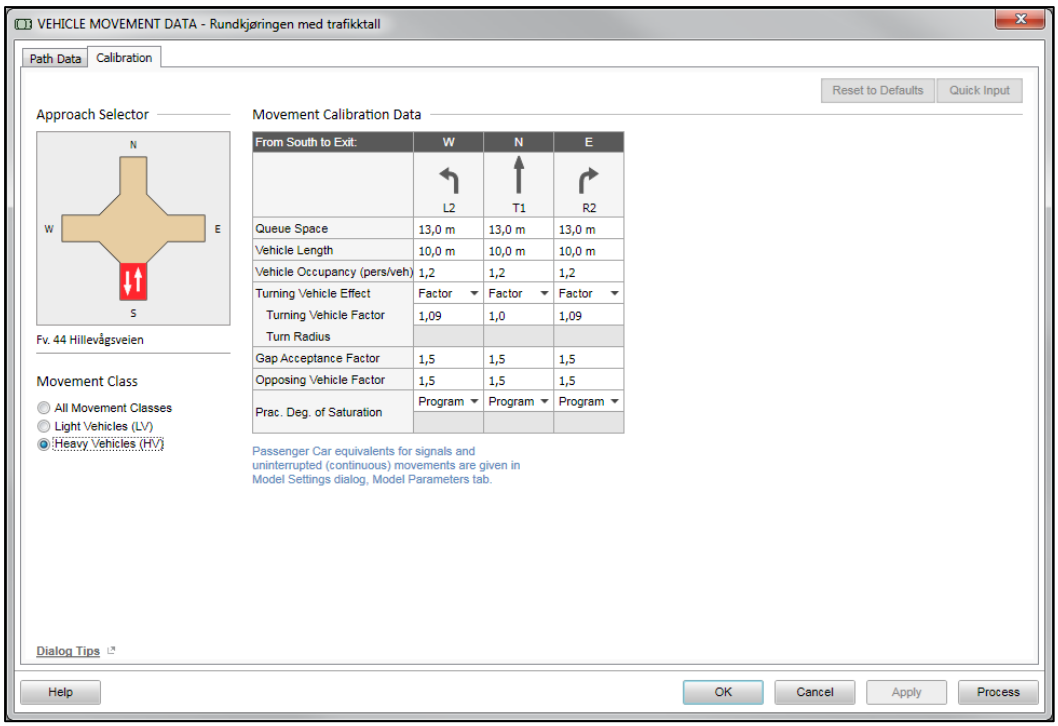
7.10.7 Tungbilandel

Trafikktallene som legges inn i hver svingebevegelse skal oppgis med tungbilandel i SIDRA. Tungbilandelen (%) vil påvirke beregningene som utføres og resultatene som utledes. Tungbilandelen vil blant annet påvirke verdiene for beregnet kølengde, kapasitet og forsinkelse. Samlet kølengde blir større fordi de tunge kjøretøyene er lengre. Kapasiteten bli dårligere, blant annet fordi kritisk luketid blir justert opp med en *Gap Acceptance Factor*. Forsinkelsen som igjen er relatert til kapasitet, blir dermed større med økende tungbilandel.



FIGUR 64 VEHICLE MOVEMENT DATA, LETTE KJØRETØYER, SIDRA

Figur 64 viser hvilken kjøretøylengde som er dimensjonerende for et lett kjøretøy (4,5 m) og hvor stor del av køen det regnes med at et lett kjøretøy utgjør (7,0m).



FIGUR 65 VEHICLE MOVEMENT DATA, TUNGE KJØRETØYER, SIDRA

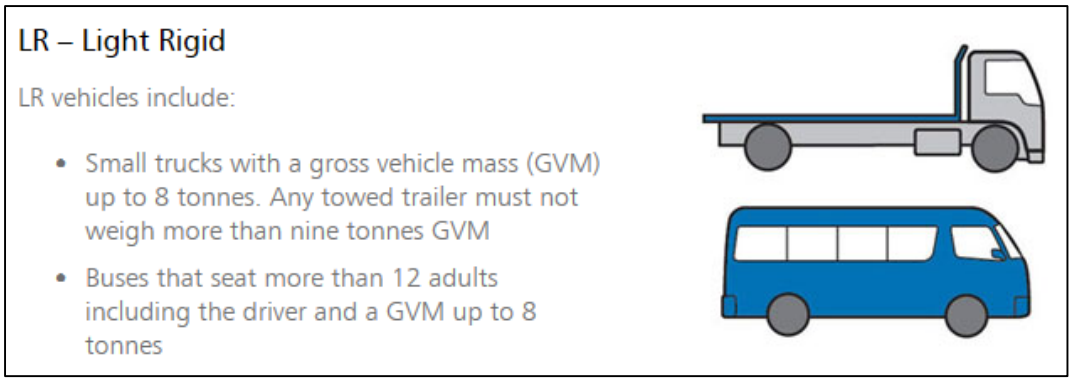
Figur 65 viser dimensjonerende kjøretøylengde for tunge kjøretøyer (10,0 m) og hvor stor andel av køen som okkuperes av et tungt kjøretøy (13,0 m). Vi ser også at *Gap Acceptance Factor* er satt til 1,5 i motsetning til 1,0 for lette kjøretøyer som vist i figur 64. Det betyr at tungbilførere regnes med å ha behov for større tidsluke enn førere av lette kjøretøyer. I beregningen som utføres i SIDRA benyttes *Gap Acceptance Factor* til å justere opp verdien for kritisk luketid (Akcelik & Associates, 2015).

SIDRA definerer et tungt kjøretøy som et kjøretøy med mer enn to akslinger eller med tvillinghjul på bakre aksel. Dette gjør at busser, lastebiler, vogntog, semitrailere, personbiler som trekker tilhenger, traktorer og andre saktegående kjøretøyer kan klassifiseres som tunge kjøretøyer. Standardoppsettet i SIDRA deler kjøretøyene inn i seks klasser lette kjøretøyer og seks klasser tunge kjøretøyer som vist i tabell 23 (Akcelik & Associates, 2015) .

Vehicle Class	Percentage of Vehicle Kilometres	Loaded Mass, M (kg)	Maximum Engine Power (kW)	Power to Weight Ratio (PWR)	Fuel Type (% Diesel)
Light Vehicles					
Small Car	34%	1100	90	81.8	1%
Medium Car	8%	1250	100	80.0	2%
Large Car	25%	1500	130	86.7	2%
SUV	17%	2100	140	66.7	2%
Motorcycle	1%	400	70	175.0	0%
Van	12%	2000	110	55.0	13%
Light Rigid	3%	2700	150	55.6	34%
Combined (Default)	**100%**	**1600**	**120**	**75**	**5%**
Heavy Vehicles					
Light/Medium Rigid	42%	5500	90	16.4	42%
Medium Rigid	10%	10000	120	12.0	90%
Medium / Heavy Truck	10%	16000	170	10.6	100%
Heavy Truck	3%	28000	260	9.3	100%
Heavy Articulated	19%	38000	300	7.9	100%
Bus	15%	8000	170	21.3	80%
Combined (Default)	**100%**	**15000**	**126**	**12.0**	**80%**

TABELL 23 FORDELING AV LETTE OG TUNGE KJØRETØYER, SIDRA (AKCELIK & ASSOCIATES, 2015)

Tabell 23 viser at kategorien tunge kjøretøyer i SIDRA inkluderer kjøretøyer i kategorien «Light Rigid» med gjennomsnittlig tillatt totalvekt 5500 kg. Denne kategorien kjøretøyer defineres til å gjøre hele 42 % av trafikkarbeidet (uttrykt som kjøretøykilometer). Tabellen viser også at 3 % trafikkarbeidet regnes som utført av kjøretøyer i «Light Rigid» kategorien er plassert i klassen for lette kjøretøyer.



FIGUR 66 KJØRETØYKATEGORI LIGHT RIGID (WWW.RMS.NSW.GOV.AU/, 2015)

Figur 66 viser klassifiseringen av kjøretøyer i kategorien «Light Rigid» som er små lastebiler og busser med tillat totalvekt fra 4500 kg og opp til 8000 kg (www.rms.nsw.gov.au/, 2015).

Den norske definisjonen på en tungt kjøretøy er et kjøretøy totalvekt lik eller over 3,5 tonn (Statens vegvesen, 2014b). I nivå-1 registreringspunktene blir lengden på kjøretøyene registrert. Kjøretøyer som har en lengde på 5,6 meter eller mer defineres som tunge kjøretøyer. Utgangspunktet er at disse kjøretøyene regnes å ha en totalvekt på 3500 kg eller mer og at de da faller inn under kategorien tunge kjøretøyer.

Siden vekten på kjøretøyene ikke blir registrert, heller ikke totalvekten som er grunnlaget for definisjonen av tunge kjøretøyer, vil det sannsynligvis ligge en andel feilregistreringer inne i de norske tungbilandelene hentet fra nivå -1 registreringspunktene. Dette betyr at en del av de registrerte kjøretøyene som er definert som tunge kjøretøyer egentlig er lette kjøretøyer og motsatt. En rapport fra 2012 viste at Datarec Loop Monitor utførte en perfekt telling i testperioden, men at kjøretøylengdene i gjennomsnitt ble målt 9 % for kort. Det ble konkludert med at klassifisering av lengde etter kjøretøykategori var beheftet med vesentlige feil, spesielt i andre klasser enn personbil (Aakre E. H., 2012).

SIDRA ta utgangspunkt i det australske regelverket for å definere kjøretøyklasser. Der er grenseverdien for lett/tung bil 4500 kg totalvekt. Denne avviker fra den norske tungbildefinisjonen som har en grenseverdi mellom lette og tunge kjøretøyer på 3500 kg totalvekt.

Det er med denne bakgrunn svært komplisert å komme fram til en eventuell omregningsfaktor på tungbilandelen basert på norske registreringer over til innlegging i SIDRA som er basert på australske definisjoner på hva som er tunge – og lette kjøretøyer.

Ut fra en totalvurdering har jeg derfor valgt å legge den registrerte tungbilandelen inn som en parameter ved senere simuleringer i SIDRA. Det betyr at tungbilandelene settes til 7 % på fv. 44 Hillevågsveien og 5 % på fv. 428 Sandvikveien (Statens vegvesen, 2015a). På kommunal veg Øvre Sandvikveien stipuleres tungbilandelen til 5 %, slik som fv. 428 Sandvikveien. Selv om tallet på denne tilfarten da er høyst usikkert. På den annen side er trafikkvolumet lavt på Øvre Sandvikveien. Om tungbilandelen på denne sidevegen eksempelvis settes til 7 – eller 10% vil det gjøre ubetydelige utslag på beregningene i forhold til 5 % tungbilandel.

9 Modellering og analyse av krysset

9.1 Analyse og modellering av trafikkstrømmer

Det er nyttig i forbindelse med trafikkanalyser å kunne modellere trafikkstrømmer i kryss og på strekninger. Simuleringsverktøy kan anvendes til å utrede komplekse og dynamiske trafikksystemer. De kan benyttes til å simulere virkningene av nye trafikale tiltak i et kryss eller innenfor et større vegsystem. Simuleringsmodeller kan også være til nytte ved valg av krysstype eller for å kunne forutsi når grenseverdiene for kapasitet og belastningsgrad opptrer i ulike krysstyper (Aakre A. , Trafikkavvikling i veg- og gatekryss, 2010).

9.2 Modelltyper og metoder

Det er i utgangspunktet fire metoder som benyttes for å finne avviklingskvalitet i kryss:

1. Modeller basert på tidslukebetraktninger

Dette er matematiske modeller som er teoretisk oppbygd. De ser på tidsluker i forkjørsberettiget trafikkstrøm og sammenligner disse opp mot trafikantenes krav til tidsluker. Slike modeller tar utgangspunkt i trafikantenes krav til tidsluke og beskriver en så realistisk form for konfliktløsning som mulig.

2. Modeller basert på erfaringsmateriale og observasjoner

Denne type modeller er typisk basert på regresjonsanalyse. Ved hjelp av observasjoner av virkelig trafikkavvikling blir det samlet inn data for eksempelvis kapasitet, trafikk, geometri i et antall ulike kryss. Ut fra denne datainnsamlingen blir det utviklet en regresjonsmodell som finner sammenheng mellom kapasitet og ulike forklaringsvariabler. Disse modellene må nødvendigvis bygge på «gammelt» datamateriale. Det er ikke behov for en logisk oppbygging ut fra en trafikantadferd i slike modeller.

3. Modeller basert på køteori

Slike modeller er også definert som matematiske eller statistiske modeller og har en del fellestrekk med tidslukemodeller. Her blir det benyttet køteori med eksempelvis bruk av begreper som ankomster, betjeningstider og betjeningssteder. Modellene er teoretisk oppbygd.

4. Simuleringsmodeller

Simuleringsmodeller kan være på mikroskopisk eller makroskopisk nivå. I makroskopiske modeller betraktes hele trafikkstrømmer samlet. Både input og output i modellen behandler trafikkstrømmer som helhet. Mikroskopiske modeller simulerer de enkelte trafikanter sine bevegelser i trafikken. Kjøretøyenes egenskaper kan skille seg fra hverandre med for eksempel ulik lengde, bredde, hastighet og akselerasjonverdier.

Trafikkdata	Mikroskopisk analyse	Makroskopisk analyser
Trafikkstrøm	Tidsavstand mellom biler i sekunder	Trafikkintensitet i biler pr. time
Hastighet	Individuelle hastigheter	Gjennomsnittshastigheter
Tetthet	Individuelle avstander mellom biler i meter	Tetthet i biler pr. kilometer

TABELL 24 MIKRO- OG MAKROMODELLER

Et trafikksimuleringsverktøy kan være deterministisk eller stokastisk. Den deterministiske varianten baserer seg på at det ikke er avhengighet mellom kjøretøyene, mens den stokastiske modelleringen legger til grunn at det er en avhengighet mellom kjøretøyene og at reaksjoner i et kjøretøy kan forplante seg til et annet kjøretøy.

Føreradferden i mikrosimuleringsmodeller kan basere seg på tre separate, men likevel relaterte moduler. Dette gjør at den enkelt førers og kjøretøys adferds kan legges inn som ulik de andre.

De tre modulene er:

1. **«Car-following»** som sier noe om hvordan man tilpasser hastigheten til et forankjørende kjøretøy, trafikant eller statistisk element som (f. eks en stopplinje).
2. **Feltskifte** som beskriver adferd når forankjørende kjører saktere enn den føreren ønsker og hvordan man skifter felt i forbindelse med en svingebevegelse eller i forhold til en køsituasjon.
3. **«Gap-acceptance»** beskriver hvordan man aksepterer luker i trafikkstrømmene i forbindelse med vikeplikt-, feltvalg- og flettesituasjoner (Archer & Cunningham, 2005).

Det er mest vanlig å benytte modeller på mikroskopisk nivå som gir en detaljert beskrivelse av hvert enkelt kjøretøy. Denne type modeller krever mye inngangsdata som til dels kan være

vanskelige å fremskaffe. Ved bruk av slike modeller vil en kjøring gi resultater for en tilfeldig dag. Det anbefales derfor å gjøre flere kjøringer for å redusere usikkerheten i beregningene (Vejdirektoratet, 2010). Det er ofte muligheter i slike modeller å simulere resultatene ved animasjon. Dette er en billedlig og lettfattelig måte å visualisere modelleringen på. Faren med denne måten å fremstille resultatene på, er at en kan bli «blendet» av produktet og mindre kritisk til kvaliteten.

Generelt kan en si at slike simuleringsmodeller krever mye av brukeren. Simuleringsmodeller som gir mer detaljerte beskrivelser av adferd til hvert enkelt kjøretøy er typisk Aimsun, Vissim og Corsim (Aakre A. , Veiledningssamtale, 2016). I Norge er det stort sett beregningsprogrammet SIDRA INTERSECTION som benyttes for modellering av trafikkavvikling i kryss. Beregningsprogrammer gir samme resultater uavhengig av hvor mange simuleringer/kjøringer som gjennomføres, så fremt inndata ikke endres.

9.3 Hva er SIDRA INTERSECTION?

SIDRA INTERSECTION er et analytisk beregningsprogram som benyttes til å modellere trafikkavvikling og kapasitet i et enkelt kryss eller et nettverk av kryss. Den første versjonen av programvaren ble utviklet av Rahmi Akcelik i perioden 1975-1979. Programmet er deretter videreutviklet over flere tiår. Den nyeste versjonen, SIDRA INTERSECTION 6.1 ble lansert i februar 2015. Programmet kan blant annet benyttes til å analysere signalregulerte kryss, signalregulerte gangfelt, ordinære gangfelt og kryss. Det kan også analysere signalregulerte rundkjøringer og planskilte kryss opptil en viss kompleksitet. Programmet kan også modellere separate kjøretøybevegelser og kjøretøygrupper eksempelvis tunge- og lette kjøretøyer herunder busser, større lastebiler og vogntog. SIDRA INTERSECTION kan også analysere sykkeltrafikk og blandet trafikk i samme kjørefelt.

SIDRA INTERSECTION er basert på informasjon om faktisk trafikkavvikling i flere land. Programmet er egnet til å simulere trafikkavvikling i alle typer kryss. De seneste versjonene er også blitt gode dataverktøy til å se på trafikkavvikling og kapasitet i nettverk hvor vi har flere kryss som påvirker hverandre.

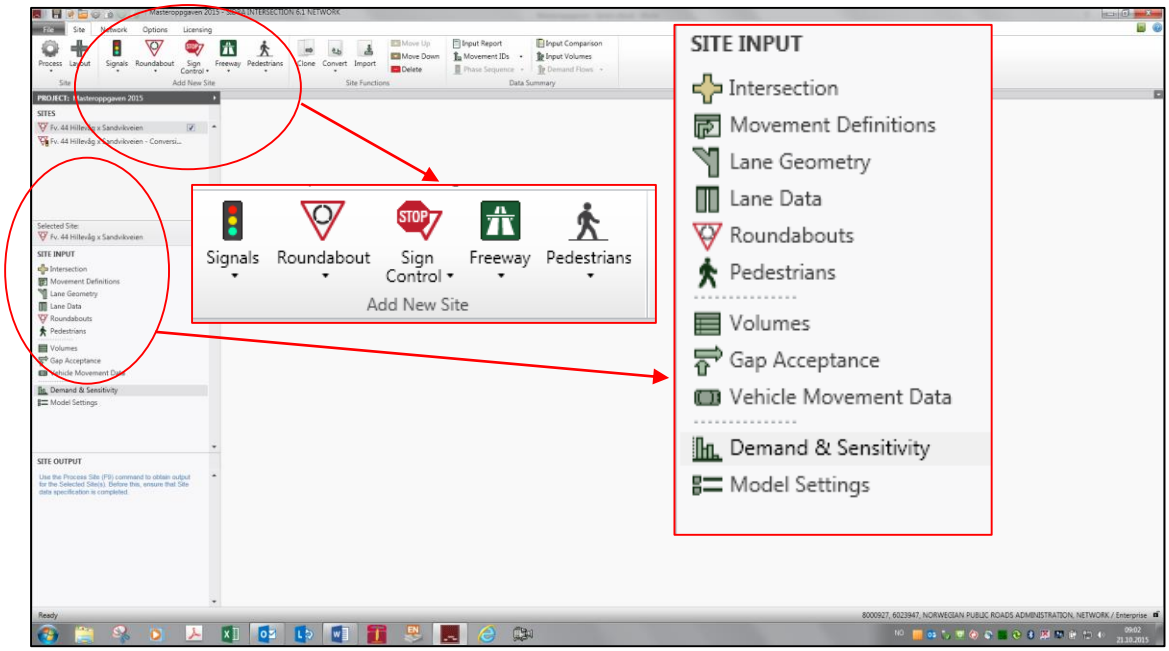
SIDRA INTERSECTION er også i stand til å konvertere krysset fra den opprinnelige reguleringsformen til en annen. Programmet er i stand til å overføre inngangsdata og trafikkvolum til en ny reguleringsform. Dette er nyttig i en innledende planleggingsfase hvor man har behov for å vurdere og sammenligne ulike krysstyper og reguleringsformer.

SIDRA INTERSECTION kan i tillegg til analyser av kapasitets- og avviklingsforhold, også estimere kostnader, energiforbruk og forurensing ved ulike kryssløsninger. Dette gjøres blant annet med bakgrunn i beregning av akselerasjon, retardasjon og kjøring på tomgang.

SIDRA INTERSECTION er brukt som modelleringsverktøy i en rekke land, med størst utbredelse i USA og opprinnelseslandet Australia. Noen av parameterne er basert på australske forhold som f. eks standardverdier for trafikantenes kritisk luketid (*Critical Gap*), følgetid (*Follow-up Time*) og miljøfaktoren (*Environment Factor*) som er et begrep/størrelse som sier noe om bilistenes lokale ferdigheter/effektivitet innen trafikkavvikling. Disse faktorene må derfor tilpasses trafikantenes karakteristika i det landet eller stedet modelleringsverktøyet blir brukt.

9.4 Kortfattet beskrivelse av SIDRA INTERSECTION

Beregningsprogrammet SIDRA INTERSECTION, heretter kalt SIDRA, har et input- og output system som er relativt enkelt å håndtere og tilbyr løsninger som er tilpasset de ulike landene enten de har venstre- eller høyrekjøring, med spesielle versjoner for New Zealand og USA. Det ligger en rekke standardverdier (defaultverdier) inne i programvaren som kan endres på etter behov og ved lokale tilpasninger.

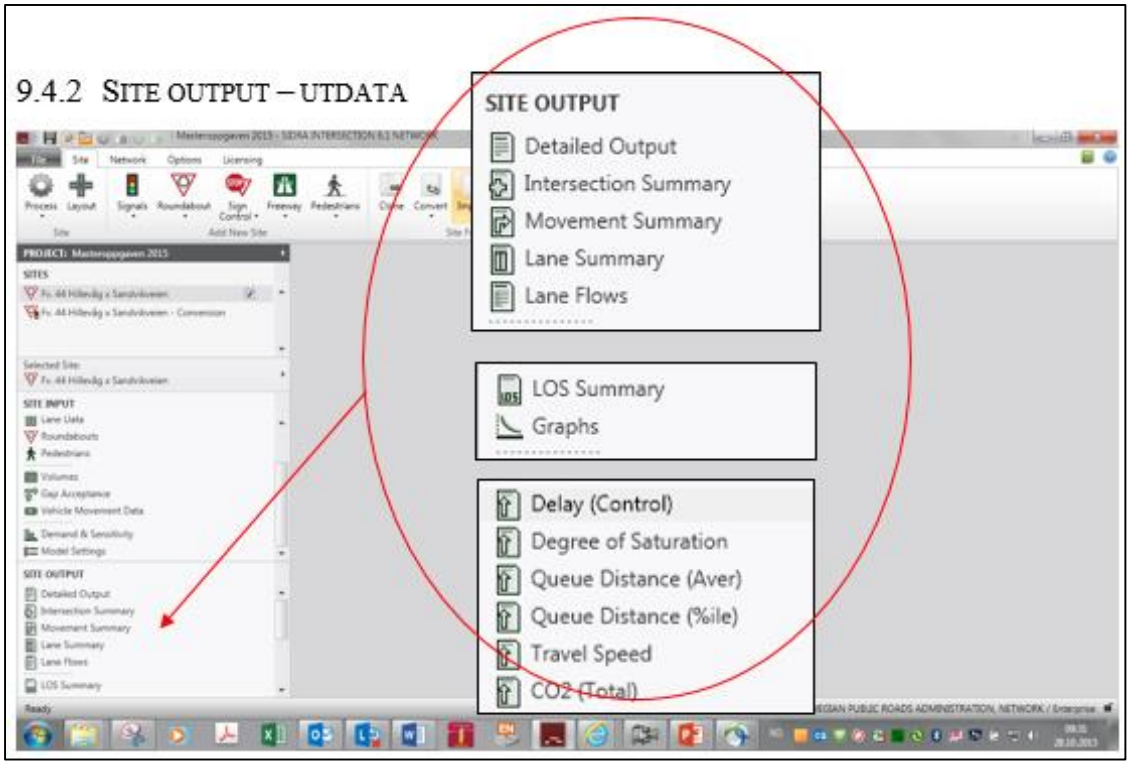


FIGUR 67 OPPSTARTSBILDE, SIDRA

Figur 67 viser oppstartsbildet i SIDRA. Etter oppstart av programmet vil en starte med å opprette et prosjekt og velge krysstypen som skal modelleres. Det valgte krysset blir geometrisk

utformet med blant annet inngangsverdier for antall kjørefelt, type kjørefelt, kjørefeltbredde, refugebredde, fartsgrense og tillatte svingebevegelser. I vedleggsdelen er de viktigste dialogvinduene i SIDRA kort beskrevet.

Man kan også ta ut informasjon om hvilke parametre som ligger inne som standard i programmet og som blir benyttet i modelleringen. Eksempler på slike parametre kan være standardverdier for kritisk tidsluke og følgetid.



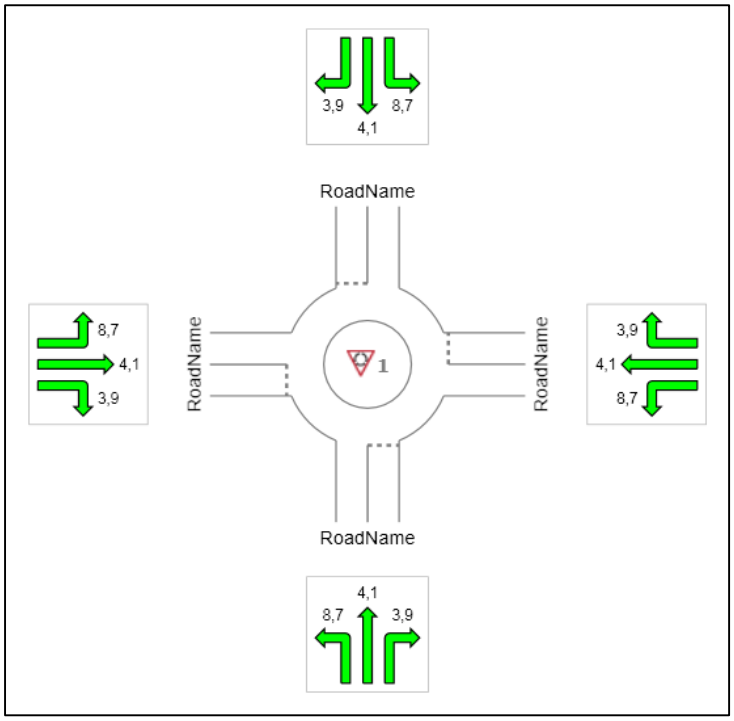
FIGUR 68 SKJERMBILDE, SIDRA

Som figur 68 over viser, kan det fra SIDRA tas ut en rekke utdata etter at en har prosessert inndata. Resultatene kan hentes ut som tabeller, grafer eller på annen skjematisk måte. Det er mulig å ta ut data fra hele krysset samlet eller for de enkelte kjørefeltene. Det kan eksempelvis tas ut data for en bestemt svingebevegelse.

Dersom en f. eks ønsker å finne gjennomsnittlig forsinkelse i en tilfart, kan dette gjøres ved å hente ut tabeller under menyen *Movement Summary*, som vist i figur 69. I denne tabellen kan man eksempelvis finne gjennomsnittlig forsinkelse fordelt på armer og felt i en rundkjøring. Resultatene kan også tas ut i diagrams form som vist i figur 70. Verdiene oppgitt for hver svingebevegelse er gjennomsnittstall (A*verage Delay*) oppgitt i sekunder.

Movement Performance - Vehicles											
Mov ID	ODMov	Demand Flows Total	HV	Deg. Satn	Average Delay	Level of Service	95% Back of Queue Vehicles	Distance	Prop. Queued	Effective Stop Rate	Average Speed
		veh/h	%	v/c	sec		veh	m		per veh	km/h
South: Fv. 44 Hillevågsveien											
1	L2	26	7,0	1,089	65,9	LOS E	57,6	427,6	1,00	2,42	24,7
2	T1	764	7,0	1,089	61,4	LOS E	57,6	427,6	1,00	2,42	24,5
3	R2	218	7,0	1,089	61,9	LOS E	57,6	427,6	1,00	2,42	24,2
Approach		1008	7,0	1,089	61,6	LOS E	57,6	427,6	1,00	2,42	24,4
East: Fv. 428 Sandvikveien											
4	L2	295	5,0	1,338	187,0	LOS F	62,1	453,1	1,00	3,57	13,6
5	T1	19	5,0	1,338	182,6	LOS F	62,1	453,1	1,00	3,57	13,5
6	R2	250	5,0	1,338	183,0	LOS F	62,1	453,1	1,00	3,57	13,4
Approach		564	5,0	1,338	185,1	LOS F	62,1	453,1	1,00	3,57	13,5
North: Fv. 44 Hillevågsveien											
7	L2	213	7,0	1,105	70,7	LOS E	63,2	468,8	1,00	2,47	23,9
8	T1	772	7,0	1,105	66,2	LOS E	63,2	468,8	1,00	2,47	23,7
9	R2	59	7,0	1,105	66,7	LOS E	63,2	468,8	1,00	2,47	23,4
Approach		1044	7,0	1,105	67,1	LOS E	63,2	468,8	1,00	2,47	23,7
West: Øvre Sandvikveien											
10	L2	59	5,0	0,424	25,5	LOS C	3,3	23,9	1,00	1,08	33,1
11	T1	31	5,0	0,424	21,1	LOS C	3,3	23,9	1,00	1,08	32,8
12	R2	19	5,0	0,424	21,5	LOS C	3,3	23,9	1,00	1,08	32,2
Approach		109	5,0	0,424	23,6	LOS C	3,3	23,9	1,00	1,08	32,9
All Vehicles		2725	6,5	1,338	87,8	LOS F	63,2	468,8	1,00	2,62	20,9

FIGUR 69 OUTPUT - MOVEMENT SUMMARY



FIGUR 70 UTDATA – GJENNOMSNITTLIG FORSINKELSE ANGITT I SEKUNDER

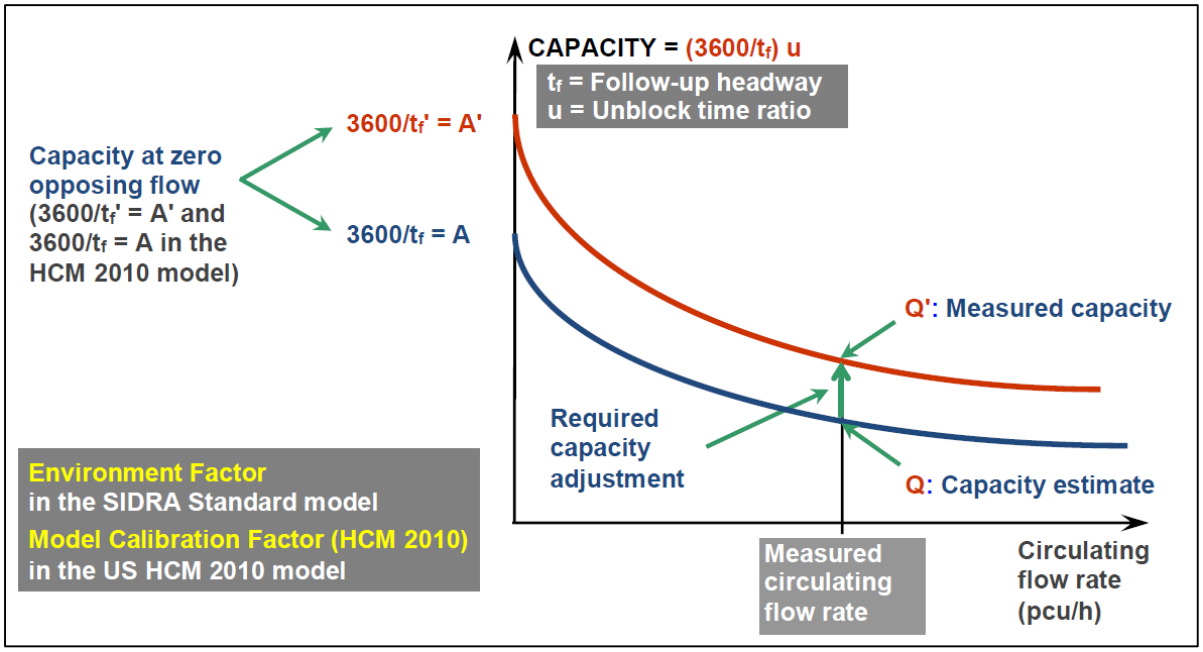
Figur 70 viser beregnet gjennomsnittlig forsinkelse for svingebevegelsene i krysset i sekunder. Forsinkelsen oppgitt her er inklusive geometrisk forsinkelse som også kan tas ut separat.

9.5 Parametersetting i SIDRA

9.5.1 Kapasitet

I rundkjøringer beregner SIDRA kapasitet på bakgrunn av kritisk tidsluke, og metningsvolum og andelen av tiden som ikke er blokkert av forkjørsberettiget trafikk den inne i rundkjøringen. Modelleringen er basert på trafikantenes aksept av tidsluker.

Dersom det ikke opptrer tidsluker som er større en kritisk tidsluke, regnes tilfarten til rundkjøringen som blokkert på samme måte som et signalregulert kryss med rødt lys. Motsatt blir det dersom det opptrer tidsluker som er større en kritisk tidsluke. Da regnes adkomsten til rundkjøringen som ublokkert på samme måte som grønt lys i et signalanlegg. (Akcelik & Associates, 2015).



FIGUR 71 KAPASITET OG VOLUM (AKCELIK & ASSOCIATES, 2015)

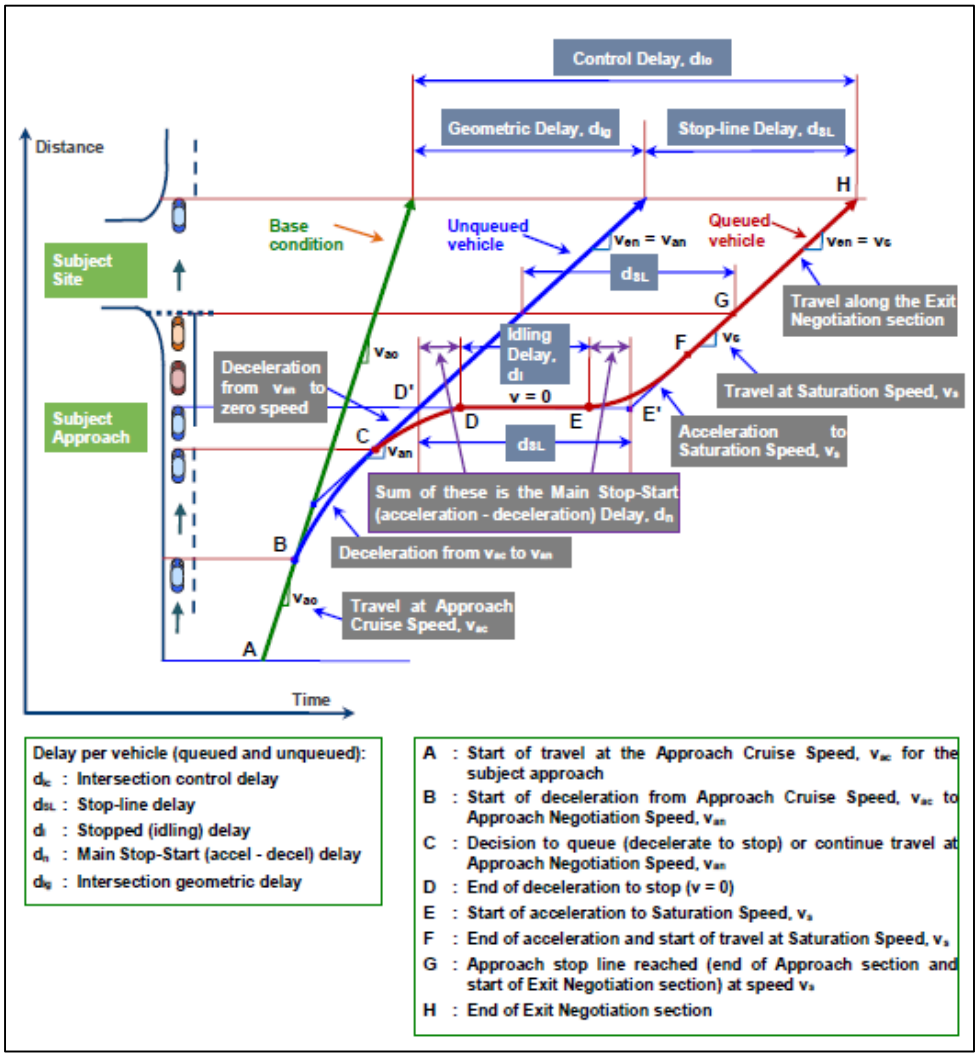
Figur 71 viser hvordan kapasiteten endres i forhold til økende krav til følgetid og med økende trafikk i sirkulasjonsarealet. Den blå kurven viser beregnet kapasitet basert på forhåndsdefinert aksept av kritisk tidsluke og en gitt parameter for *Environment Factor*. Målinger/registreringer kan i enkelte tilfeller vise at kapasiteten er større enn beregnet i SIDRA. Det kan skyldes at trafikantene utnytter mindre tidsluker enn definert. Den registrerte kapasiteten er i figur 71 vist som en rød kurve. Man ønsker i utgangspunktet at den beregnede kapasiteten er den samme som den registrerte kapasiteten.

Dersom en justerer ned *Environment Factor* vil det påvirke hastighetsnivået til den konflikterende trafikkstrømmen samt størrelse på kritisk tidsluke og følgetid. Den teoretiske kapasiteten vil øke (som ønskelig i dette tilfellet). Forholdet mellom følgetid og kritisk luketid holdes konstant. E*nvironment Factor* er utfyllende beskrevet senere i dette kapitlet.

9.5.2 Forsinkelse

Trafikkavhengig forsinkelse består grovt sett av følgende (Akcelik & Associates, 2015):

- Retardasjon mot stopplinje – planlegger mulig stans
- Retardasjon ned mot full stans
- Ventetid på tomgang
- Akselerasjon opp til den planlagte krysshastigheten
- Ytterligere akselerasjon opp til aktuell planlagt hastighet etter krysset



FIGUR 72 DE ULIKE BIDRAGENE TIL FORSINKELSE (AKCELIK & ASSOCIATES, 2015)

Figur 72 kan sees på som et veg- tid diagram som viser de ulike bidragene til forsinkelse (*delay*). Beregningen som utføres i SIDRA inneholder også et element som heter geometrisk forsinkelse (*intersection control delay*). Denne geometriske forsinkelsen har generelt liten betydning i forhold til trafikkavhengig forsinkelse. Programmet kan også detaljere forsinkelseselementene ytterligere, men det tas ikke opp her.

9.5.3 Kølengde

SIDRA benytter to begreper på kølengde. Gjennomsnittlig kølengde inkluderer alle kølengder i modelleringsperioden, også de perioder det ikke har vært kø. Det er også mulig å få persentilverdier på kølengder som output. Standardverdien for kø-persentil er satt til 95 % som betyr at den verdien som blir oppgitt er maksimalverdi for kølengde (m) i 95 % av tiden. Bare i 5 % av tiden er køen lenger enn dette. Dersom man f. eks endrer standardverdien for kø-persentil til 50 % vil man få den verdien for kølengde som overskrides halvparten av tiden (Akcelik & Associates, 2015).

9.5.4 Kritisk tidsluke og følgetid

SIDRA beregner kritisk tidsluke og følgetid først for det dominerende kjørefeltet og deretter det ikke dominerende kjørefeltet. Kjørefeltet med det største trafikkvolumet kalles det dominerende kjørefeltet, men de andre kjørefeltene kalles de ikke dominerende kjørefelt. I de tilfeller hvor det bare er ett felt i tilfarten, benyttes formelverket for dominerende kjørefelt (Akcelik & Associates, 2015).

9.6 Kalibrering i SIDRA

9.6.1 Beskrivelse av de mest aktuelle parametrene for kalibrering

Hovedmålet med denne oppgaven er å kunne si noe om trafikkavviklingen i signalregulerte rundkjøringer med bussfelt gjennom sentraløya. For å kunne svare på spørsmålet er det å kunne modellere krysset i SIDRA en grunnleggende forutsetning. Ved modellering i SIDRA kan en hel rekke parametre justeres. Jeg vil i dette kapitlet se nærmere på hvilke parametre som det er naturlig å regulere for å tilpasse modellverktøyet best mulig til de lokale forhold. Eksempelvis er det erfaringsmessig store individuelle forskjeller mellom førere når det gjelder krav til kritisk tidsluke og følgetid. Resultater fra tidligere studier indikerer at det er ulike krav til kritisk tidsluke og følgetid i f. eks Bergen og Stavanger enn i Trondheim og Oslo. Det er imidlertid vanskelig å konkludere med sikkerhet om det er individuelle forskjeller i krav til tidsluker og kritisk følgetid i de fire største byene i Norge (Myre, 2010).

Det er med denne bakgrunn en stor utfordring å finne eksakte verdier for disse størrelsene uten å gå inn på detaljerte feltstudier av lokal bilføreradferd, med fare for at resultatene likevel ikke blir regnet som allment gyldige på det aktuelle stedet.

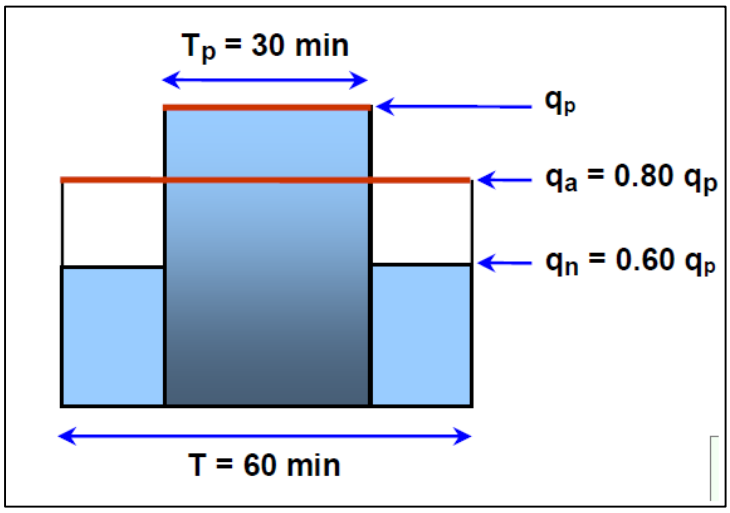
Slike studier er for omfattende til å gå inn på i denne oppgaven. Jeg velger derfor som hovedregel å benytte standardverdier i SIDRA i det påfølgende modelleringsarbeidet, med unntak av to grunnleggende parametre som i stor grad påvirke simuleringsresultatene i SIDRA:

- *Peak Flow Factor*
- *Environment Factor*

Peak Flow Factor benyttes som parameter i ulike krysstyper, mens *Environment Factor* kun benyttes ved modellering og analyser av rundkjøringer i SIDRA.

9.6.2 Peak Flow Factor

Inngangsverdiene for trafikkvolum er viktige i modelleringssammenheng (Myre, 2010). Vi vet at trafikkvolumet kan variere i løpet av registreringstimen. Dette vises tydelig i resultatene av trafikkregistreringene lenger fremme i rapporten. Den tidsperioden (f. eks 15min) som har størst trafikkvolum i registreringsperioden kalles *Peak Flow Periode* (PFP). SIDRA tar høyde for slike variasjoner ved å kalibrere trafikktallene med det som kalles en *Peak Flow Factor* (PFF). SIDRA vil altså justere trafikktallene som legges inn i forhold til valgt Peak Flow Factor. Denne faktoren har relativt stor innvirkning på resultatene som gis ut etter modelleringen, spesielt for kapasitet og forsinkelse. Det anbefales ved norske forhold benytte en PFF på 0,90 – 0,95 for å oppnå en modellering som gir noenlunde realistiske resultater (Myre, 2010).



FIGUR 73 PEAK FLOW FACTOR

Figur 73 illustrerer trafikkvariasjonen over registreringstimen ved en valgt registreringsperiode på 60 minutter og en topp-periode (Peak Flow Periode) på 30 minutter. Trafikkvolumet som legges inn i SIDRA er q_a mens det volumet som benyttes i modelleringen er q_p. Dersom man legger inn en Peak Flow Factor på 0,8 betyr dette at de trafikktallene man gir inn som q_a defineres som 80 % av q_p, SIDRA justerer da opp tallene som da videre benyttes under beregningene og analysen som gjøres. Formlene som ligger inne i programvaren (SIDRA) er:

$$PFF = \frac{q_a}{q_p} \quad \text{og} \quad q_p = \frac{q_a}{PFF}$$

En PFF på 95 %, som er standardverdi i SIDRA, betyr at gjennomsnittstallene for trafikkvolum som eksempelvis er registrert i en 60 minutters periode utgjør 95 % av volumet som opptrer i en *Peak Flow Periode*. SIDRA har 30 minutter som standard verdi for topperiode eller *Peak Flow Periode*, men denne kan eksempelvis settes til 15 minutter som anbefalt i «*The US Highway Capacity Manual*» (HCM) (Akcelik & Associates, 2015) . I modelleringene som er gjort i denne oppgaven er for øvrig *Peak Flow Periode* satt til 15 min. Med en *Peak Flow Periode* på 15 minutter vil man dimensjonere for høyere trafikkmengde enn om den er 30 minutter. I praksis vil man dimensjonere for kvarters trafikk i stedet for halvtimestrafikk.

Den mer vanlige brukte *Peak Hour Factor* (PHF) (se kapittel 7.1.1) er lik *Peak Flow Factor* (PFF) når registreringsperioden for trafikkvolum er 60 minutter (Akcelik & Associates, 2015).

Kjørefelt	1515 – 1530	1530 – 1545	1545 – 1600	1600 – 1615	SUM	PHF	PHF
Fv. 44 mot nord V	2	5	6	5	18	0,75	
Fv. 44 mot nord RF	138	128	116	138	520	0,94	0,94
Fv. 44 mot nord H	41	42	33	32	148	0,88	0,88
Fv. 44 mot sør V	42	32	39	32	145	0,86	0,86
Rv. 44 mot sør RF	138	143	122	122	525	0,92	0,92
Rv. 44 mot sør H	15	9	7	9	40	0,67	
Øvre Sandvikveien V	6	11	12	11	40	0,83	
Øvre Sandvikveien RF	7	4	7	3	21	0,75	
Øvre Sandvikveien H	2	3	6	2	13	0,54	
Fv 428 Sandvikveien V	56	52	55	38	201	0,90	0,90
Fv 428 Sandvikveien RF	2	2	3	6	13	0,54	
Fv 428 Sandvikveien H	44	41	35	50	170	0,85	0,85
					1854	0,79	0,89

TABELL 25 PHF OG TRAFIKKVOLUM I 15- MINUTTERS INTERVALLER – 13.10.2015

I tabell 25 vises utregnet *Peak Hour Factor* (PHF) for de enkelte kjøretøybevegelse i de fire armene i rundkjøringen basert på trafikkregistreringer 13.10.2015. Dersom en regner snittverdi for alle kjøretøybevegelsene vil en få en PHF-verdi på 0,79. I enkelte av feltene er det svært

små trafikktall og usikkerheten blir stor. Om en trekker ut de kjøretøybevegelsene som har mindre enn 100 kjøretøyer i registreringstimen, vil vi få en gjennomsnittlig PHF på 0.89.

Kjørefelt	1515 – 1530	1530 – 1545	1545 – 1600	1600 – 1615	SUM	PHF	PHF
Fv. 44 mot nord V	8	9	7	5	29	0,81	
Fv. 44 mot nord RF	114	117	134	103	468	0,87	0,87
Fv. 44 mot nord H	28	24	47	24	123	0,65	0,65
Fv. 44 mot sør V	32	38	29	25	124	0,82	0,82
Rv. 44 mot sør RF	140	122	115	107	484	0,86	0,86
Rv. 44 mot sør H	14	4	9	5	32	0,57	
Øvre Sandvikveien V	16	10	9	9	44	0,69	
Øvre Sandvikveien RF	14	3	4	3	24	0,43	
Øvre Sandvikveien H	2	0	4	6	12	0,50	
Fv 428 Sandvikveien V	47	48	43	41	179	0,93	0,93
Fv 428 Sandvikveien RF	7	6	4	3	20	0,71	
Fv 428 Sandvikveien H	52	40	25	43	160	0,77	0,77
					1699	0,72	0,82

TABELL 26 PHF OG TRAFIKKVOLUM I 15-MINUTTERS INTERVALLER - 27.1.2016

I tabell 26 vises utregnet *Peak Hour Factor* (PHF) for den enkelte kjøretøybevegelse i de fire armene i rundkjøringen fra den siste trafikkregistreringen 27.1.2016. Dersom en regner snittverdi for alle kjøretøybevegelsene vil en få en PHF-verdi på 0,72. I enkelte av feltene er det svært små trafikktall og usikkerheten blir stor. Om en trekker ut de kjøretøybevegelsene som har mindre enn 100 kjøretøyer i registreringstimen, vil en få en gjennomsnittlig PHF på 0.82. Siden registreringsperioden her er 60 minutter er PHF lik PFF.

Ett eksempel: Dersom en benytter trafikktallene fra 2015 og Peak Flow Factor settes til 0,89, vil SIDRA justere opp trafikktallene til: 1854/0,89 = *2083 kjøretøyer* i krysset. Videre vil SIDRA ved innlegging av trafikktallene fra 2016 og Peak Flow Factor på 0,82 ta utgangspunkt i en total trafikkbelastning på: 1699/0,82 = *2071 kjøretøyer* som passerer rundkjøringen i dimensjonerende time.

Det betyr at dersom en benytter trafikktallene fra 2015 og legger inn en PFF på 0,89 vil en få tilnærmet samme beregningsgrunnlag mht. trafikkvolum som dersom en benytter trafikktallene fra 2016 og en PFF på 0,82.

I denne oppgaven er det lagt til grunn en verdi for PHF/PFF på 0,82. Denne verdien er å betrakte som en gjennomsnittsverdi for hele krysset. For en mer nøyaktig modellering og analyse av krysset kunne jeg ha benyttet en egen og mer eksakt PHF- verdi for hver svingebevegelse. Jeg vurderer det som å være for omfattende og komplisert for denne oppgaven.

9.6.3 Environment Factor

Denne faktoren sier noe om trafikkavviklingen i rundkjøringer og brukes for å kalibrere modellen og gi høyere eller lavere kapasitet. *Environment Factor* har en standardverdi på 1,0

og er en såkalt samlefaktor som både tar hensyn til lokale forhold som geometrisk utforming av krysset, andelen tunge og lette kjøretøyer og førernes adferd og villighet til å utnytte luker i trafikkstrømmene. En eventuell justering av *Environment Factor* vil påvirke hastighetsnivået til den forkjørsberettigede trafikkstrømmen samt størrelse på kritisk tidsluke og følgetid. Denne faktoren anbefales brukt til kalibrering i SIDRA (Myre, 2010).

Faktoren kan i SIDRA gis verdier mellom 0,5 og 2,0. I Norge har man ofte valgt å sette denne verdien til 1,10. Registreringer som er gjort i et antall rundkjøringer i Norge og sammenlignet med resultater fra SIDRA har resultert i anbefalinger om å fortsatt benytte Environment Factor på 1,10 i Norge (Myre, 2010).

Ut fra dette velges det å sette 1,10 som verdi for *Environment Factor* i denne oppgaven.

Det er ikke gjort endringer av standardverdiene i SIDRA utover endring av *Peak Flow Factor* (PFF) som er justert ned fra 0,95 (defaultverdi) til 0,82 som utledet i forrige kapittel (9.6.2).

10 Modellering i SIDRA

10.1 Innledning

I dette kapittelet er SIDRA benyttet til å modellere og analysere krysset som er case i denne oppgaven. I de tidligere kapitlene er det redegjort for hvordan jeg har kommet fram til de ulike inndata-verdiene. Ingen standardverdier som ligger inne i SIDRA er justert utover *Peak Flow Factor* (PFF) og *Environment Factor*.

Innledningsvis beskriver jeg hvilke muligheter som ligger inne i SIDRA og hva som er hovedutfordringen ved modelleringen i SIDRA. Til tross for at SIDRA ikke har rundkjøring med bussfelt gjennom sentraløya som valgmulighet, er den eksisterende kryssløsningen forsøkt utformet og simulert i SIDRA.

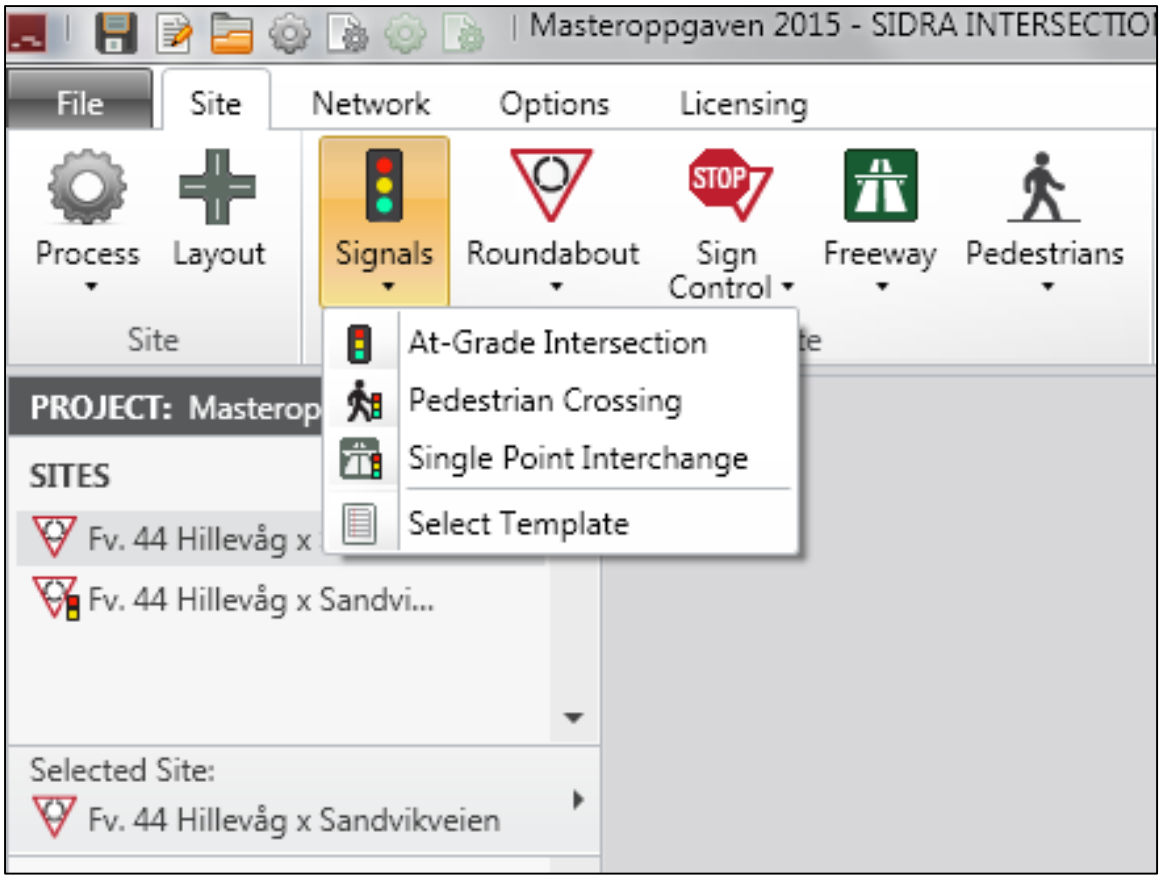
Jeg forsøker i dette kapitlet å forklare hvordan denne modelleringen er gjennomført.

Jeg har tidligere i rapportarbeidet gjort flere feltregistreringer både av trafikkvolum, rødtider for kjøretrafikken, forsinkelse og kølengder. Resultatene av disse registreringene er i dette kapitlet sammenhold med beregningsresultatene fra SIDRA og drøftet.

10.2 Modellering av eksisterende løsning

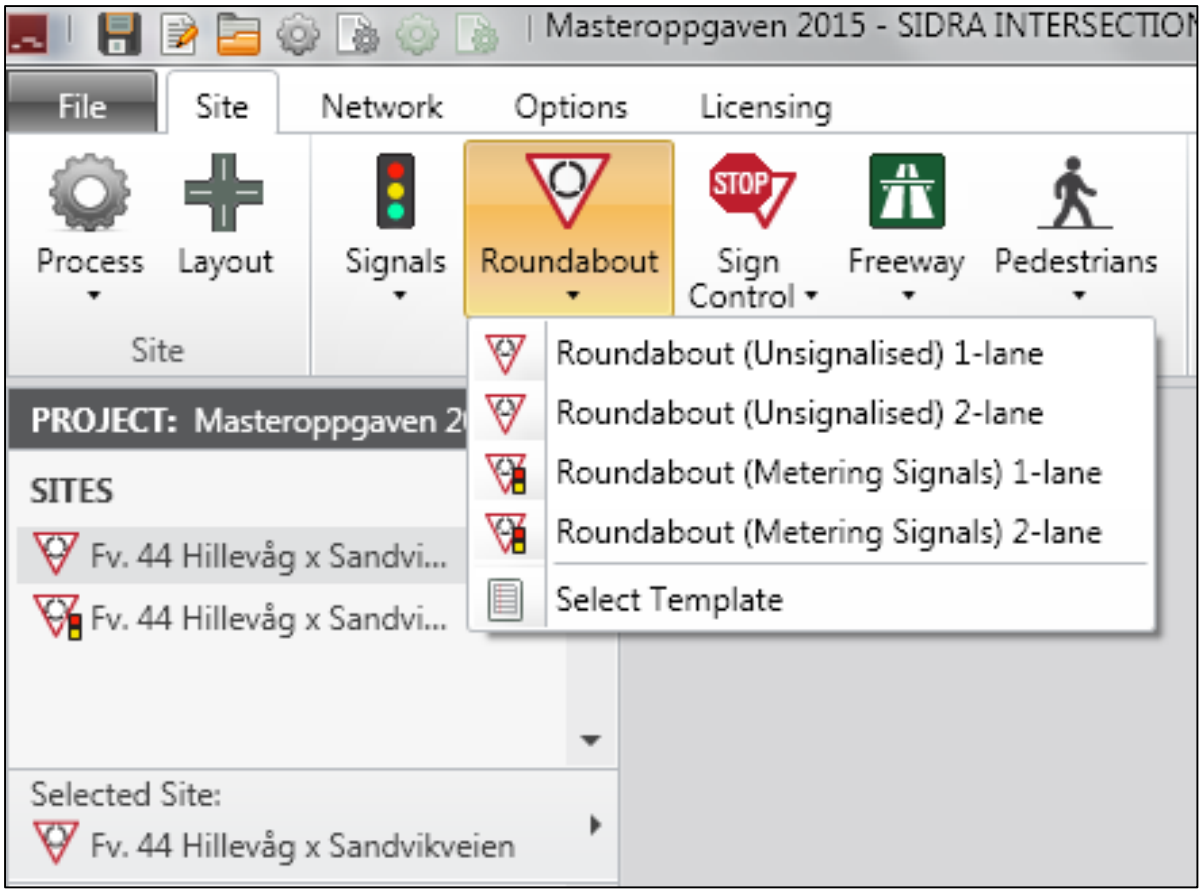
Valgmulighetene for krysstyper i SIDRA er (se også figurene 74 - 79 under):

- Rundkjøring med et eller to felt
- Signalregulert rundkjøring med et eller to felt
- Signalregulert kryss
- Signalregulert gangfelt
- «Single Pont Interchange»
- Vikepliktsregulert kryss



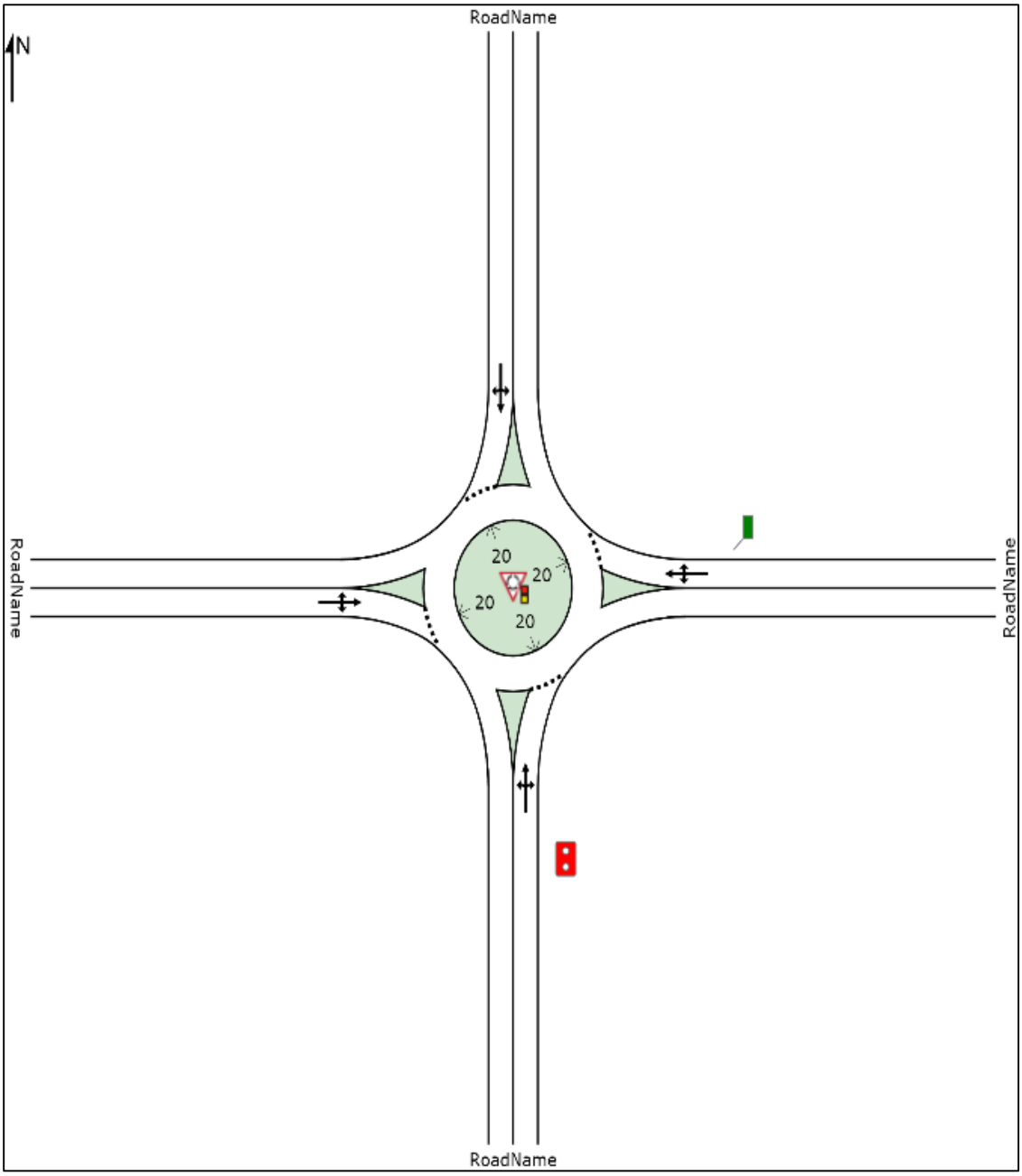
FIGUR 74 TYPE SIGNALANLEGG SOM KAN VELGES

Figur 74 viser valgmuligheten dersom man vil modellere et signalregulert kryss eller gangfelt i SIDRA. Programmet gir oss muligheter for å velge tre ulike signalanlegg som er, tradisjonelt signalregulert kryss, signalregulert gangfelt og såkalt «Single Point Interchange» som jeg kommer tilbake til lenger ute i dette kapittelet.



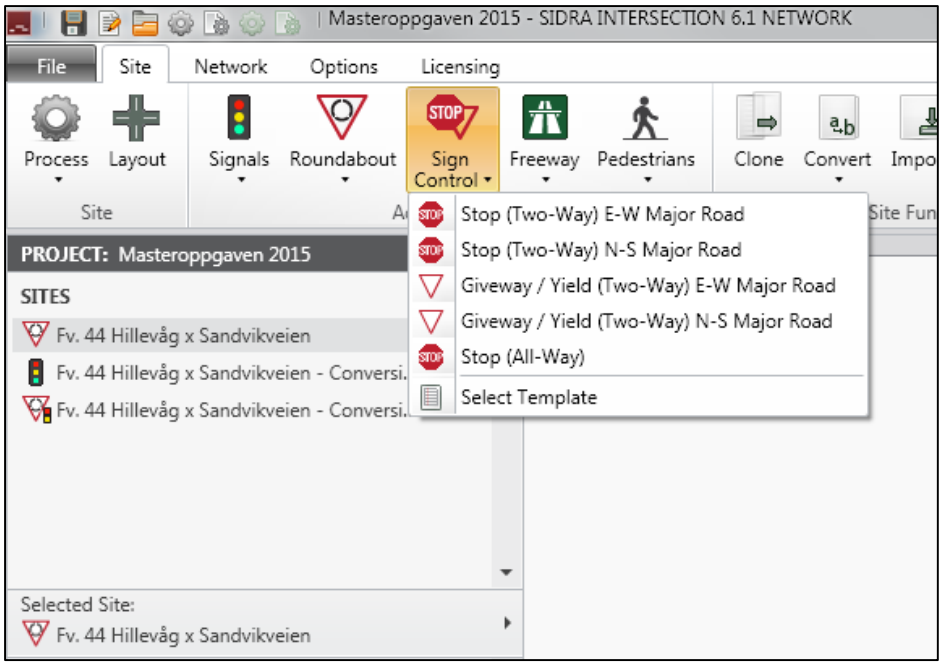
FIGUR 75 TYPE RUNDKJØRING SOM KAN VELGES

Figur 75 viser alternative rundkjøringsvarianter i SIDRA. Det er tradisjonell rundkjøring med tilfarter med ett eller to felt og signalregulere rundkjøringer med ett eller to felt i tilfarten. Den signalregulerte rundkjøringen som kan velges er en variant hvor man signalregulerer en tilfart som anropes av kø-detektor på en annen tilfart. Dette gir tilfarten som har kø mulighet for bedre avvikling inn i rundkjøringen på grunn av en større tidsluke i konflikterende trafikkstrøm.



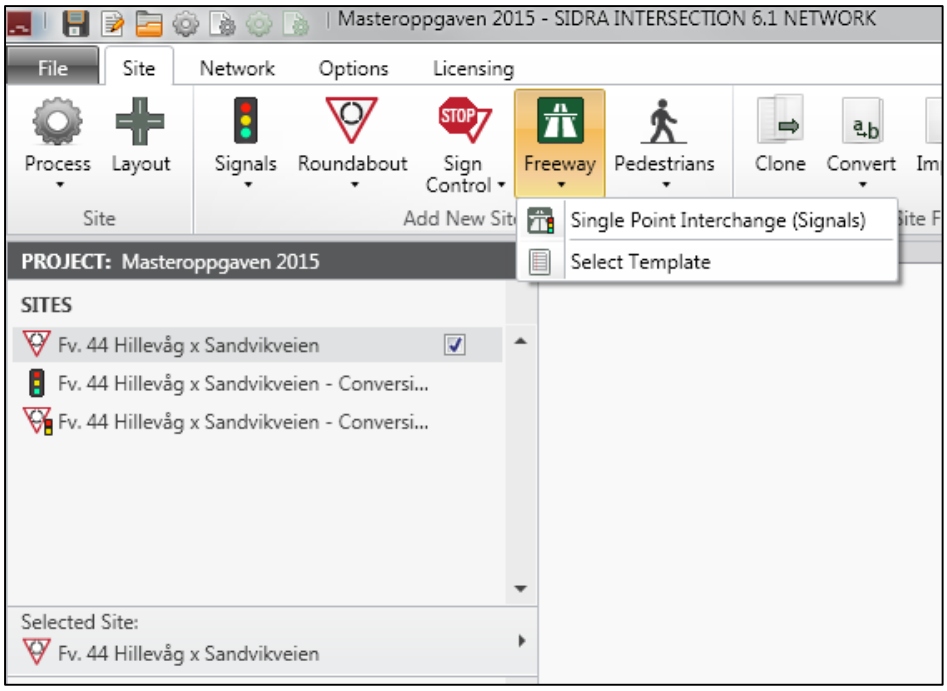
FIGUR 76 SIGNALREGULERT RUNDKJØRING

Figur 76 viser et eksempel på en slik signalregulert rundkjøring hvor trafikken fra sør er signalregulert for gi større tidsluke for trafikken som kommer fra vest og som normalt vi ha vikeplikt for nordgående trafikk. Signalanlegget for nordgående trafikk aktiveres av kø-detektor på arm fra vest. Det er ikke mulig i SIDRA å modellere rundkjøring som har flere enn en signalregulert tilfart eller hvor hele rundkjøringen er signalregulert.



FIGUR 77 TYPER VIKEPLIKTS-REGULERT KRYSS SOM KAN VELGES

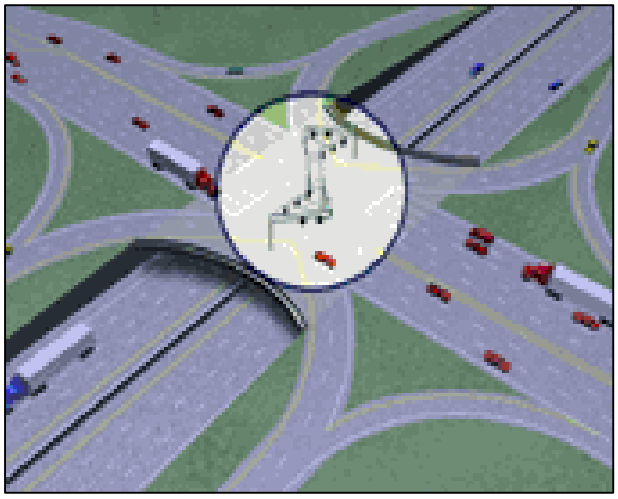
Figur 77 viser hvilke vikplikts- eller forkjørsregulerte kryss som kan velges. Det kan velges om forkjørsvegen skal gå i nord- sør eller øst-vest retning og om det skal benyttes vikeplikt- eller Stop-skilt. Det er også mulig å velge en variant hvor en regulerer alle tilfarter med Stop-skilt.



FIGUR 78 TOPLANSKRYSS MED SIGNALREGULERING

Figur 78 viser at en kan velge en krysstype som heter «*Single Point Interchange*».

Denne krysstypen er som vises på figur 79 er så vidt med bekjent ikke benyttet i Norge. Et kryss som kalles “Single Point Interchange” kopler typisk en overordnet gjennomfartsveg med en lokal hovedveg. Gjennomfartsvegen er plassert over- eller under den med lokale hovedvegen. Eksempelet på figur 79 viser en løsning hvor gjennomgangsvegen er plassert under den lokale hovedvegen.



FIGUR 79 SINGLE POINT INTERCHANGE

Navnet "Single Point" referer seg til at trafikken som veksler mellom vegene kan kontrolleres i et enkelt signalregulert kryss (se sirkel på figur 79) med tre faser hvor den første fasen er for hovedvegstrafikken som ikke skal inn på gjennomfartsvegen og de to neste fasene er for trafikken som veksler mellom de to vegene. (Missouri Department of Transportation , 2015)

10.3 Tilpassing av modellen

10.3.1 Modellering av dagens kryssløsning, muligheter og begrensinger

Det er ikke «rett frem» å modellere en signalregulert rundkjøring av denne typen i SIDRA. Som kapittelet foran viser er det i SIDRA ikke en standardmal for rundkjøring med signalregulering av alle armene. Rundkjøring med bussfelt gjennom sentraløya lar seg heller ikke uten videre modellere i SIDRA, men krever tilpassing og sannsynligvis trinnvis modellering.

Min vurdering er derfor at en må tenke utradisjonelt og gjøre modelleringen i flere faser, så gjøre en enkeltvis vurdering av resultatene som fremkommer i hver fase, for detter å gjøre en samlet vurdering av resultatene.

I dette kapittelet vi jeg se nærmere på hvilke tilpasninger som må gjøres og hvordan de ulike fasene skal simuleres. Jeg kan i utgangspunktet se for meg modelleringen i tre ulike faser.

I den første fasen fungere rundkjøringen på «normal» måte når buss ikke er tilstede. Signalanlegget er da ikke i drift - det er «svart». Kjøretrafikken avvikles på sammen måte som en tradisjonell rundkjøring. Den neste fasen er når en buss anroper signalanlegget og signallyset blir gult og deretter rødt for kjøretrafikken. Da fungerer rundkjøringen som et signalregulert kryss hvor bussen har grønt lys og annen trafikk har rødt lys. Etter at bussen er passert og signalanlegget slukket, vil det være en tredje fase hvor køen av biler som har dannet seg må

avvikles før trafikkflyten etter en tid går over til «tradisjonell» rundkjøring igjen og vi er da tilbake til den første fasen.

I utgangspunktet har vi to faser. Den ene fasen er når krysset fungerer som en tradisjonell rundkjøring, den andre fasen når krysset fungerer som et signalanlegg. De to fasene kan imidlertid ikke kan gå direkte fra en til en annen. Man vil få en mellomfase. Denne fasen kommer etter at signalanlegget har vært i drift. Bilene som har stått i stillestående kø og samlet seg opp i perioden signallyset har vært rødt for kjøretrafikken, skal avvikles. Belastningen i krysset er større enn i den tradisjonelle rundkjøringsfasen.

Modelleringen må derfor, etter min vurdering ta utgangspunkt i tre faser:

- Fase 1: Tradisjonell rundkjøring – normal belastning.
- Fase 2: Signalanlegg i drift -bussen passerer og annen kjøretrafikk har rødt lys.
- Fase 3: Tradisjonell rundkjøring – økt belastning.

Fase 1 (Rundkjøring)	Fase 2 (Signalanlegg)	Fase 3 (Rundkjøring)
Belastningen er mindre enn fase 3 og kapasiteten er større enn fase 3. Signalanlegget er svart. Krysset fungerer som en tradisjonell rundkjøring. Ingen busser er inne i eller i nærheten av rundkjøringen.	Signalanlegget er først gult deretter rødt for kjøretrafikken. Signallyset skifter etter hvert fra S til – og videre til svart for bussen. Sirkulasjonsarelet i rundkjøringen tømmes for kjøretøyer. Bussen kjører inn i rundkjøringen, gjennom sentraløya og ut av rundkjøringen. Det dannes stillestående kø av biler og syklister oppstrøms vikelinjen/signalstolpen.	Signalanlegget er svart. Køen som har dannet seg i fase 2 avvikles. Belastningen er større og kapasiteten i rundkjøringen er mindre enn i fase 1.

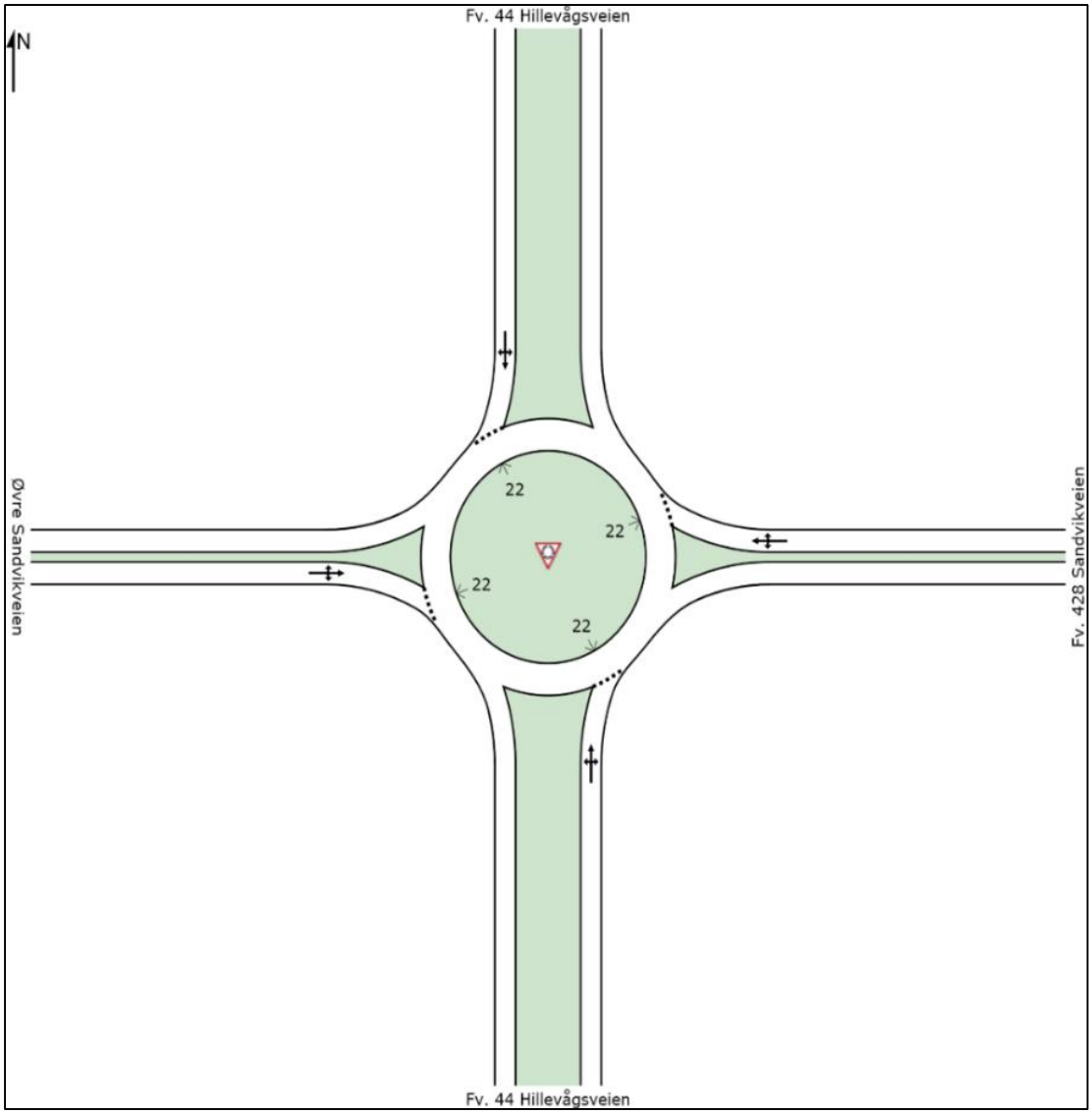
TABELL 27 FASEINNDELING

Tabell 27 viser de tre fasene som opptrer i rundkjøringen. I **fase 1** og **fase 3** opptrer krysset som rundkjøring, i **fase 2** som et signalanlegg. Jeg vil i de følgende kapitlene beskrive hvordan modelleringen er gjennomføres i de tre fasene.

10.3.2 Fase 1: tradisjonell rundkjøring – normal belastning

Det første trinnet består i å modellere krysset som en tradisjonell rundkjøring med standard sentraløy og kjøre en analyse på denne fasen i SIDRA. Jeg har valgt å utforme rundkjøringen tradisjonelt ved at sentraløya «tettes» og bussfeltene inn mot rundkjøringen fjernes. I stedet legger jeg inn en relativt bred rabatt som består av de to refugene, hver med bredde 2 meter

samt de to kollektivfeltene hver med bredde 3,5 meter. De to bussfeltene og rabattene til sammen får da en total bredde på 11 meter. Denne tradisjonelle rundkjøringsløsningen vil da simulere **fase 1**: Tradisjonell rundkjøring – normal belastning.



FIGUR 80 SITE LAYOUT – UTFORMING AV RUNDKJØRINGEN UTEN BUSSFELT, SIDRA

Figur 80 er tatt ut fra SIDRA og viser hvordan krysset blir utformet etter at geometriske data er lagt inn i modellverktøyet. Rabattene er trukket ut i bredden og har «lukket» bussfeltene. Sentraløya er også lukket og vist med en diameter på 22 meter. Sirkulasjonsbredden i rundkjøringen varierer. På fv. 44 er det parallelle sykkelfelter, noe som mangler på sidevegene. Jeg har lagt inn sirkulasjonsbredde 7 m (ref. tabell 2) selv om den er 9,5 meter parallelt med lengderetningen på fv. 44 fordi jeg vurderer det slik at bilistene på fv. 44 tar hensyn til

eventuelle syklister som sykler parallelt gjennom rundkjøringen og derfor plasserer seg noe til venstre i sirkulasjonsarealet.

Etter innlegging av nødvendig inndata som trafikktall for de ulike kjøretøybevegelsene og tungbilandel, har jeg kjørt en modellering i SIDRA. Tabeller og figurer i de neste avsnittene viser data som er hentet ut etter at krysset er beregnet i SIDRA.

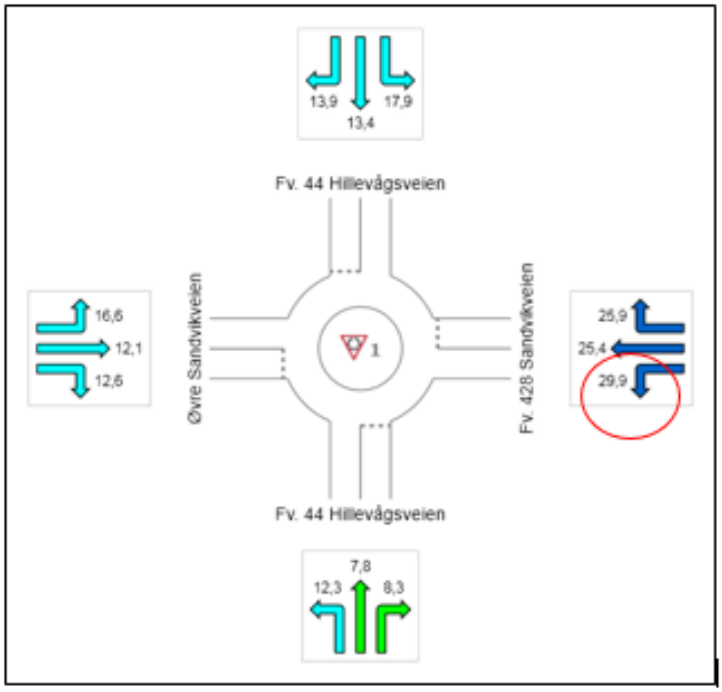
Kølengde 95 % fraktil (m)

Gjennomsnittlig forsinkelse (s)

Movement Performance -											
Mov ID	ODMov	Demand Flows Total	HV		Delay	Service	Back of Queue Vehicles	Distance	Prop. Queued	Effective Stop Rate	Average Speed
		veh/h	%	v/c	sec		veh	m		per veh	km/h
South: Fv. 44 Hillevågsveien											
1	L2	35	7,0	0,776	12,3	LOS B	12,4	92,1	0,95	0,88	38,3
2	T1	571	7,0	0,776	7,8	LOS A	12,4	92,1	0,95	0,88	37,9
3	R2	150	7,0	0,776	8,3	LOS A	12,4	92,1	0,95	0,88	37,1
Approach		756	7,0	0,776	8,1	LOS A	12,4	92,1	0,95	0,88	37,8
East: Fv. 428 Sandvikveien											
4	L2	218	5,0	0,835	29,9	LOS C	12,6	92,3	1,00	1,46	31,9
5	T1	24	5,0	0,835	25,4	LOS C	12,6	92,3	1,00	1,46	31,6
6	R2	195	5,0	0,835	25,9	LOS C	12,6	92,3	1,00	1,46	31,0
Approach		438	5,0	0,835	27,8	LOS C	12,6	92,3	1,00	1,46	31,5
North: Fv. 44 Hillevågsveien											
7	L2	151	7,0	0,863	17,9	LOS B	18,2	135,2	1,00	1,13	36,0
8	T1	590	7,0	0,863	13,4	LOS B	18,2	135,2	1,00	1,13	35,7
9	R2	39	7,0	0,863	13,9	LOS B	18,2	135,2	1,00	1,13	35,0
Approach		780	7,0	0,863	14,3	LOS B	18,2	135,2	1,00	1,13	35,7
West: Øvre Sandvikveien											
10	L2	54	5,0	0,285	16,6	LOS B	2,0	14,6	0,96	0,97	35,9
11	T1	29	5,0	0,285	12,1	LOS B	2,0	14,6	0,96	0,97	35,6
12	R2	15	5,0	0,285	12,6	LOS B	2,0	14,6	0,96	0,97	34,9
Approach		98	5,0	0,285	14,7	LOS B	2,0	14,6	0,96	0,97	35,7
All Vehicles		2072	6,5	0,863	14,9	LOS B	18,2	135,2	0,98	1,10	35,4

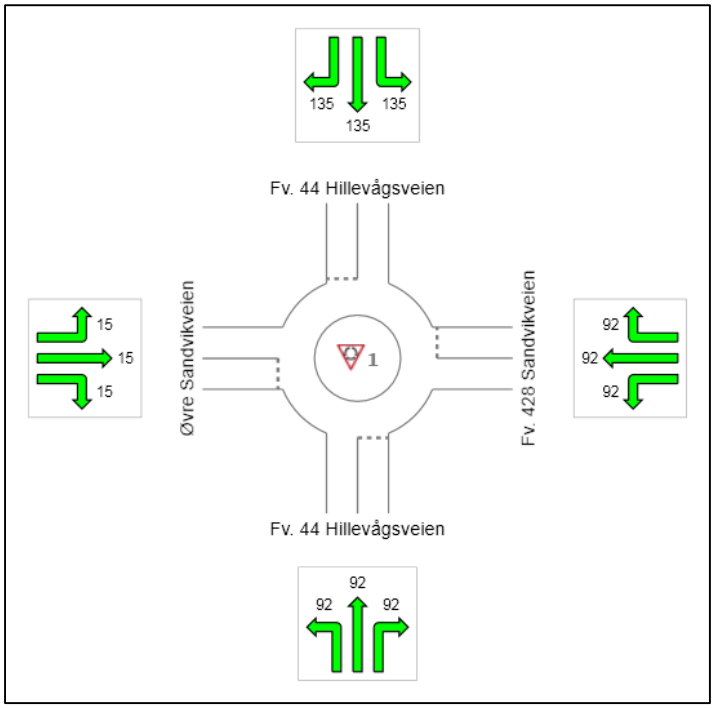
TABELL 28 MOVEMENT SUMMARY I FASE 1, SIDRA

Tabell 28 viser at den gjennomsnittlige forsinkelsen, inklusive geometrisk forsinkelse, for trafikken på fv. 44 Hillevågsveien fra sør er 8,1 s og fra nord 14,3 s. På tilfarten fra Øvre Sandvikveien er forsinkelsen i gjennomsnitt 14,3 s og fra fv. 428 Sandvikveien 27,8 s. Tabellen viser at kølengden i 95 % av tiden (i registreringstimen) på fv. 44 Hillevågsveien er mindre enn 135,2 meter fra nord og 92,1 meter fra sør. Resultatene kan gjenspeile at sørgående trafikk i større grad må vike for konflikterende kjøretrafikk fra venstre enn nordgående trafikk.



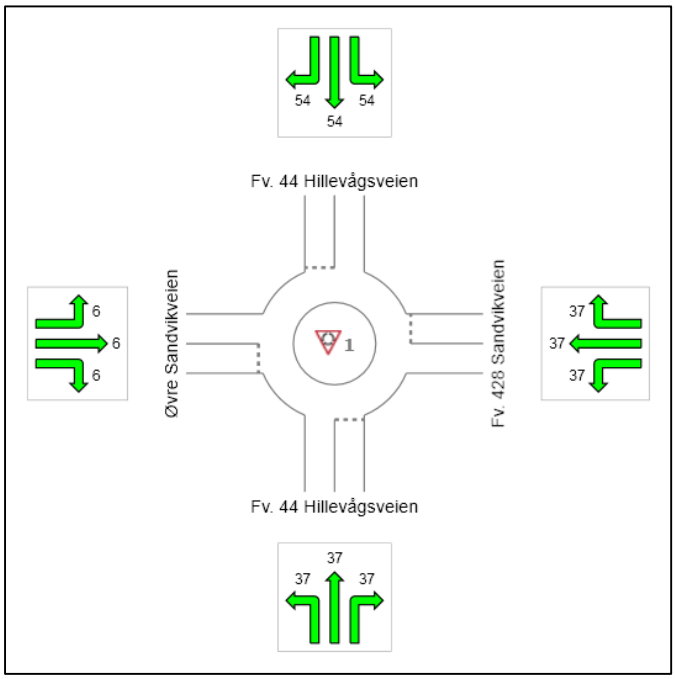
FIGUR 81 GJENNOMSNITTLIG FORSINKELSE I FASE 1, SIDRA

Figur 81 viser gjennomsnittlig forsinkelse i sekunder for de ulike kjøretøybevegelsene. Det er trafikken fra fv. 428 Sandvikveien som har den største forsinkelsen. Eksempelvis har venstresvingende trafikk som skal inn på fv. 44 Hillevågsveien mot sør en gjennomsnittlig forsinkelse på 29,9 s (rød sirkel på figuren).



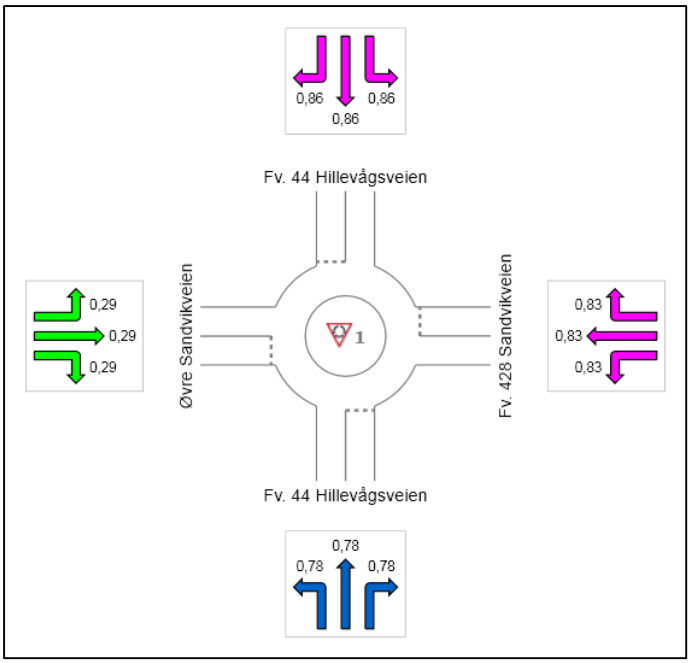
FIGUR 82 KØLENGDE 95 % FRAKTIL I FASE 1, SIDRA

Figur 82 viser beregnet kølengde på de ulike tilfartene vist som 95 % fraktil. Lengden på køen er kortere enn denne verdien (m) i 95 % av modelleringsperioden (60 minutter). Den lengste gjennomsnittlige kølengden oppstår i kjøreretning sør på fv. 44 Hillevågsveien. Her er 95 % fraktilen beregnet til 135 meter.



FIGUR 83 GJENNOMSNITTLIG KØLENGDE I FASE 1, SIDRA

Figur 83 viser gjennomsnittlig beregnet kølengde i meter i de fire tilfartene i dimensjonerende time oppgitt i antall meter (avrundet). Vi ser at den er størst på tilfarten i retning sør med 54 meter i gjennomsnitt. Gjennomsnittlig kølengde på fv. 428 Sandvikveien er den samme som på fv. 44 i retning nord dvs. 37 meter. Ikke overraskende er kølengden fra Øvre Sandvikveien minst med 5 meter, mindre enn en billengde.



FIGUR 84 BELASTNINGSGRAD I FASE 1, SIDRA

Figur 84 viser belastningsgraden i de fire tilfartene ved dimensjonerende belastning. Vi ser at den er størst på fv. 44 i retning sør og fra fv. 428 med verdier på henholdsvis 0,86 og 0,83. Verdier for teoretisk metningsgrad over 0,85 vil etter min erfaring føre til dårlig avvikling.

Lane Use and Performance	Demand Flows Total veh/h	HV %	Cap. veh/h	Deg. Satn v/c
South: Fv. 44 Hillevågsveien				
Lane 1[d]	756	7,0	975	0,776
Approach	756	7,0		0,776
East: Fv. 428 Sandvikveien				
Lane 1[d]	438	5,0	525	0,835
Approach	438	5,0		0,835
North: Fv. 44 Hillevågsveien				
Lane 1[d]	780	7,0	905	0,863
Approach	780	7,0		0,863
West: Øvre Sandvikveien				
Lane 1[d]	98	5,0	342	0,285
Approach	98	5,0		0,285
Intersection	2072	6,5		0,863

TABELL 29 LANE USE AND PERFORMANCE, SIDRA

Tabell 29 viser trafikkvolum (*Total veh/h*) og belastningsgrad (*Deg.Satn.v/c*) i **fase 1** med volumfaktor på 1,00 når rundkjøringen fungerer på tradisjonell måte uten signalregulering.

Kapasiteten (*Cap.veh/h*) er noe større enn trafikkvolumet som ankommer rundkjøringen. Belastningsgraden er på det høyeste 0,86 som gjelder tilfarten fv. 44 i retning sør. Det tyder på at trafikkvolumet er helt opp mot det som i praksis vil kunne håndteres av rundkjøringen.

PFF = 0,82								
	Tilstand	Forklaring	Volum q (kjt/t)	Kapasitet s (kjt/t)	Belastningsgrad	Gj. snitt forsinkelse (s)	Gj. snitt kølengde (m)	Kø 95 % fraktil (m)
Fv. 44 Retning sør	Fase 1	Rundkjøring	780	905	0,86	14,3	54	135,2
Fv. 44 Retning nord	Fase 1	Rundkjøring	756	975	0,78	8,1	37	92,1
Fv. 128 Sandvikveien	Fase 1	Rundkjøring	438	525	0,84	27,8	37	92,3
Øvre Sandvikveien	Fase 1	Rundkjøring	96	342	0,29	14,7	6	14,6

TABELL 30 RESULTATER FRA BEREGNING AV FASE 1 I SIDRA

Tabell 30 viser beregningsresultatene fra SIDRA i **fase 1** samlet.

10.3.3 Fase 2: Signalanlegget i drift – bussen passerer

Fase 2 er den fasen hvor de kjørende har rødt lys og bussen har grønt («svart»). Denne fasen fører til at kjøretrafikken stanser helt opp og det dannes kø både på fv. 44 Hillevågsveien og på sidevegene Øvre Sandvikvegen og fv. 428 Sandvikvegen. I denne fasen har kjøretrafikken en betydelig større forsinkelse enn i **fase 1** hvor krysset fungerer som en tradisjonell rundkjøring.

Jeg har funnet det komplisert å modellere krysset som er et tradisjonelt signalregulert kryss. I praksis har vi bare en fase i signalanlegget, resten av tiden er signalanlegget svart. Modelleringen i SIDRA forutsetter slik jeg ser det at signalanlegget må utformes med minimum to faser og at tilfartene for kjørende ikke skal komme i konflikt med hverandre ved kryssende kjøreretninger.

Det betyr etter min vurdering at et eventuelt signalanlegg for modellering i SIDRA, må bygges opp med minst to faser, en for kjørende på fv. 44 Hillevågsveien og en for kjørende som kommer fra sidevegene fv. 428 Sandvikveien og Øvre Sandvikveien.

Jeg har med utgangspunkt i dette valgt å ikke gjennomføre modellering i SIDRA i **fase 2** hvor rundkjøringen fungerer som et signalregulert kryss, men valgt å se på **fase 2** som en ren kø-oppbyggingsfase med forhåndsdefinert rødtid.

I **fase 2** vil kjøretrafikken stanse opp på alle tilfartene og det vil etter hvert danne seg køer av varierende lengde.

For å finne lengden på denne køen kan man benytte uttrykket:

$$L_q = q*r$$

L_q = kølengde i antall kjøretøyer

q = ankommende trafikkvolum

r = rødtid

(Aakre A. , Trafikk signals - part 2, Timing, control and quality of traffic flow, 2016)

	Volum q (kjt/t)	Rødtid r (s)	Kø i fase 2
Fv. 44 Retning sør	780	30	6,50
Fv. 44 Retning nord	756	30	6,30
Fv. 128 Sandvikveien	438	30	3,65
Øvre Sandvikveien	96	30	0,80

TABELL 31 VOLUM, RØDTID OG KØLENGDE I FASE 2

Tabell 31 viser beregnet kølengde i antall kjøretøyer i **fase 2** på de ulike tilfartene rundkjøringen. På fv. 44 Hillevågsveien vil det danne seg en kø på gjennomsnittlig 6,5 kjøretøyer i retning sør og 6,3 kjøretøyer i retning nord (se rød firkant i tabell 31).

	Tunge kjøretøyer	Lette kjøretøyer
Dimensjonerede lengde (m)	10	4,5
Dimensjonerende købelegg (m)	13	7

TABELL 32 DIMENSJONERENDE KJØRETØYLENGDER OG KØBELEGG, SIDRA

Tabell 32 viser dimensjonerende lengde for lette- og tunge kjøretøyer som er benyttet i beregningene i SIDRA. Dersom en tar utgangspunkt i en tungbilandel på 7 % og at en tungbil i kø i gjennomsnitt beslaglegger en veglengde på 13,0 meter og en personbil 7,0 meter, vil hvert kjøretøy i gjennomsnitt generere 7,4 m kølengde.

Kølengden som genereres i **fase 2** blir etter denne vurderingen i gjennomsnitt 48,1 meter på fv. 44 i retning sør og 46,7 meter i retning nord. Slik jeg ser det, vil denne køen som genereres av rødt lys, komme i tillegg til den allerede eksisterende køen som er en «basiskø» inn mot rundkjøringen når signalanlegget ikke er i funksjon. Denne «basiskøen» er vist prinsippmessig på figur 86 i neste kapittel. Total gjennomsnittlig kølengde i **fase 2** blir etter min vurdering kølengden som genereres av rødt lys pluss «basiskøen» i **fase 1.**

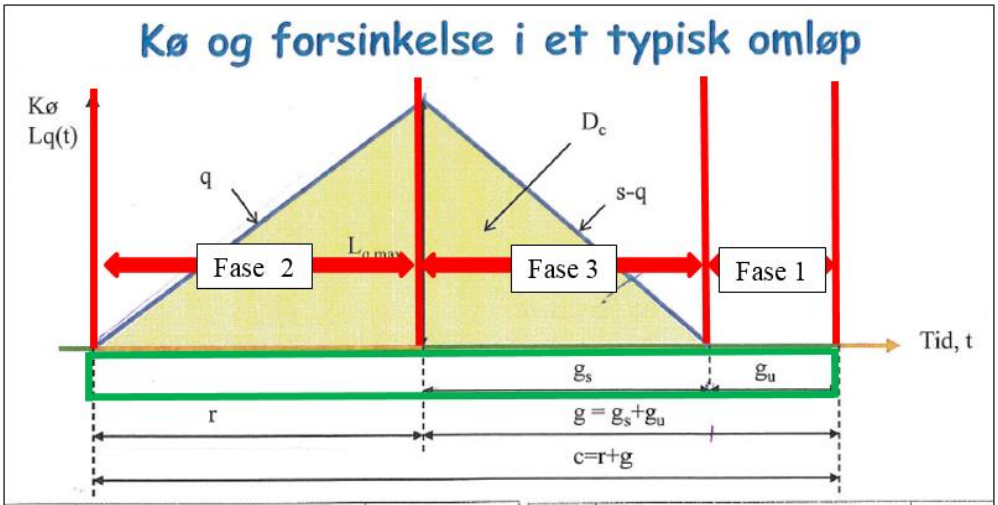
Vi vet at det er en sammenheng mellom kø og forsinkelse (Stein Johannessen, 1975). Så lenge vi har en «basiskø» vil vi, slik jeg vurderer det, ha en «basisforsinkelse» inn mot rundkjøringen når signalanlegget ikke er i funksjon (**fase 1**).

Den gjennomsnittlige forsinkelsen som genereres i **fase 2**, dersom man regner jevn ankomst av kjøretøyer, er etter min vurdering lik halve rødtiden. Det kan forklares ved at den bilen som ankommer i det lyset skifter til rødt vil ha 30 sekunder forsinkelse, mens den bilen som ankommer idet lyset skifter til grønt («svart») vil teoretisk ha 0 sekunder forsinkelse. Gjennomsnitt forsinkelse blir da 15 sekunder ved jevn ankomst av biler.

I videre beregninger i denne oppgaven definerer jeg gjennomsnittlig forsinkelse i **fase 2** som halve rødtiden + «basisforsinkelsen» som i en situasjon hvor alle tre fasene opptrer, vil tilsvare gjennomsnittlig forsinkelse i **fase 1**.

10.3.4 Fase 3: Tradisjonell rundkjøring – økt belastning

Dette er den fasen hvor signallyset er avslått og krysset fremstår som en tradisjonell rundkjøring. Denne fasen fremstår derfor som **fase 1.** Trafikkbelastningen er imidlertid større enn i **fase 1** fordi køen som har stått og ventet på grønt lys («svart») skal avvikles i tillegg til ny trafikk som ankommer krysset.



q	arrival flow rate	[veh/sec]	c	cycle time	[sec]
s	saturation flow rate	[veh/sec]	r	(effective) red time	[sec]
s-q	queue departure rate	[veh/sec]	g	(effective) green time	[sec]
Lq(t)	queue length	[veh]	g_s	saturated green time	[sec]
D_c	total delay per cycle	[veh * sec]	g_u	unsaturated green time	[sec]

FIGUR 85 KØ OG FORSINKELSE I SIGNALANLEGG

Figur 85 viser et veg – tid diagram hvor kø-oppbyggingen er vist på y-aksen og tiden i sekunder er vist på x-aksen. (Haugen, 2013). Arealet i den gule trekanten (D_c) representerer total forsinkelse pr. omløp i et signalanlegg. Kølengden kan leses av på y-aksen (L_q) og er målt i antall kjøretøyer. Den mettede grønntiden (g_s) representerer den tiden hvor køen som har oppstått mens signallyset har vært rødt - avvikles. Den umettede grønntiden (g_u) er fasen hvor en har normal avvikling og grønt lys i denne aktuelle tilfarten i signalanlegget. På figuren har jeg lagt inn vertikale røde linjer som viser inndelingen av de tre fasene jfr. kapittel 9.3.1. **Fase 1** og **fase 2** i rundkjøringen som er case i oppgaven samsvarer med grønntiden i et signalanlegg. **Fase 3** sammenfaller, slik jeg ser det, med tidsperioden for mettet grønntid (g_s). Vi ser av figuren at den mettede grønntiden (g_s) må være mindre enn total grønntid (g) for at køen skal avvikles før signalanlegget skifter til rødt igjen.

Det grønne rektangelet under symboliserer «basiskøen» som oppstår på tilfartene i **fase 1**. Køen som bygger seg opp i **fase 2** og **fase 3** blir etter min vurdering å betrakte som et tillegg til «basiskøen» som er der fra før av. Denne «basiskøen» er slik jeg ser det den samme som modellert i **fase 1** i kapittel 10.3.2.

Jeg gjør oppmerksom på at mettet grønntid (g_s) og umettet grønntid (g_u) i rundkjøringen som er case i denne oppgaven ikke vises som grønt lys og at grønntidene på figur 85 må tolkes som svart/avslått lys.

I beregningene i de neste kapitlene har jeg i noen tilfeller funnet ut **fase 3** ikke vil gå over til **fase 1**, men direkte over til **fase 2** ved stor trafikkbelastning. For å unngå å komplisere beregningene har jeg i slike tilfeller benyttet basis-kø fra **fase 1**. Dette selv om **fase 1** ikke oppstår i alle beregningseksemplene.

Det er utført beregninger av blant annet kapasitet, forsinkelse og kølengde i rundkjøringer som er tilfartsregulert i Australia. En case-studie viser at slike reguleringer kan beregnes delvis ved hjelp av SIDRA (Akcelik, 2006). Denne studien tar utgangspunkt i en konkret tre-armet rundkjøring som har tilfartsregulering på den ene tilfarten. Reguleringssystemet gir muligheter for å regulere en tilfart med rødt lys ut fra en detektorimpuls fra en annen tilfart.

FIGUR 86 TILFARTSREGULERING (AKCELIK, 2006)

Figur 86 viser tilfartsregulering av en tilfart i en trearmet rundkjøring i Australia. I denne case-studien er tilfarten *McDonald street* signalregulert med et tolyshode plassert som vist på bildet øverst til høyre i figuren.

Case-studien tar utgangspunkt i beregnet belastningsgrad (0,33) og ønsket belastningsgrad (0,85) på den signalregulerte tilfarten (McDonald street). Man ønsker å øke belastningsgraden i denne ene tilfarten og dermed oppnå økt kapasitet i de to andre tilfartene. Ut fra en slik vurdering regnes grønntiden ut ved hjelp av formelen $g/c = x_m/x_p$ hvor g er grønntiden, c er omløpstiden, x_m er beregnet belastningsgrad og x_p er ønsket belastningsgrad. I denne konkrete case-studien blir det beregnet en g/c verdi på 0,33/0,85 = 0,39 som blir avrundet til 0,4.

Det betyr at grønntiden settes til 40 % av omløpstiden. Rødtiden settes da til de resterende 60 % av omløpstiden. I denne konkrete case-studien er kapasiteten i den signalregulerte tilfarten beregnet til 1830 kjt/t fordelt på 960 kjt/t i den ene feltet og 870 kjt/t i den andre kjørefeltet.

Etter signalregulering av denne tilfarten blir den nye kapasiteten beregnet til 1830 kjt/t x 0,4 (grønntidsandel) = 732 kjt/t. Denne nye kapasitetsverdien er altså 40 % av opprinnelig kapasitet.

Belastingsgraden blir i case-studiet kontrollregnet ved å dividere opptredende trafikkvolum på kapasitet dvs. 586 kjt/t / 732 kjt/t = 0,80 (avrundet), noe som stemmer rimelig med ønsket belastningsgrad.

Man tenker seg videre tre faser som følger:

Fase 1: Denne fasen representerer en normal rundkjøring uten tilfartskontroll.

Fase 2: Signalanlegget er rødt og trafikken på signalregulert tilfart har stoppet.
Trafikken på de andre to tilfartene går med normale rundkjøringsfunksjoner.

Fase 3: Denne fasen er geometrisk sett lik fase 1, men trafikkbelastningen er større på grunn av at trafikken fra køoppstillingen i rødlysfasen skal avvikles i tillegg.

For å finne den økte trafikkbelastningen i **fase 3** benyttes formel: $q_d = q_a / (g/c)$ hvor q_d er det økte volumet som ankommer rundkjøringen etter at **fase 3** er etablert, q_a er opptredende trafikkvolum på tilfarten, g er grønntiden og c er omløpstiden. Med et trafikkvolum på 586 kjt/t og en grønntid på 48 sekunder samt omløpstid på 120 sekunder blir det økte trafikkvolumet som ankommer rundkjøringen fra start **fase 3** beregnet til: 586 kjt/t / (48s /120s) = 1465 kjt/t.

Etter min vurdering er denne case-studien fra Australia relevant for rundkjøringen som er case i denne oppgaven, med unntak av at det i case – studien bare er èn tilfart som signalreguleres.

Likevel mener jeg at de samme prinsippene kan følges.

Jeg vil derfor i de neste avsnittene forsøke å benytte metoden for å finne ut hvordan rundkjøringen teoretisk fungerer med hensyn til belastingsgrad, forsinkelse og kølengde. I rundkjøringen som er case i denne oppgaven har vi gjennomsnittlig 23 anrop (avrundet), gjennomsnittlig 30 sekunder (avrundet) rødtid og omløpstid på 157 sekunder (avrundet).

Gjennomsnittlig grønntid («svart») blir da 157 sekunder – 30 sekunder = 127 sekunder.

Omløpstid c (s)	Rødtid r (s)	Grønntid g (s)
157	30	127

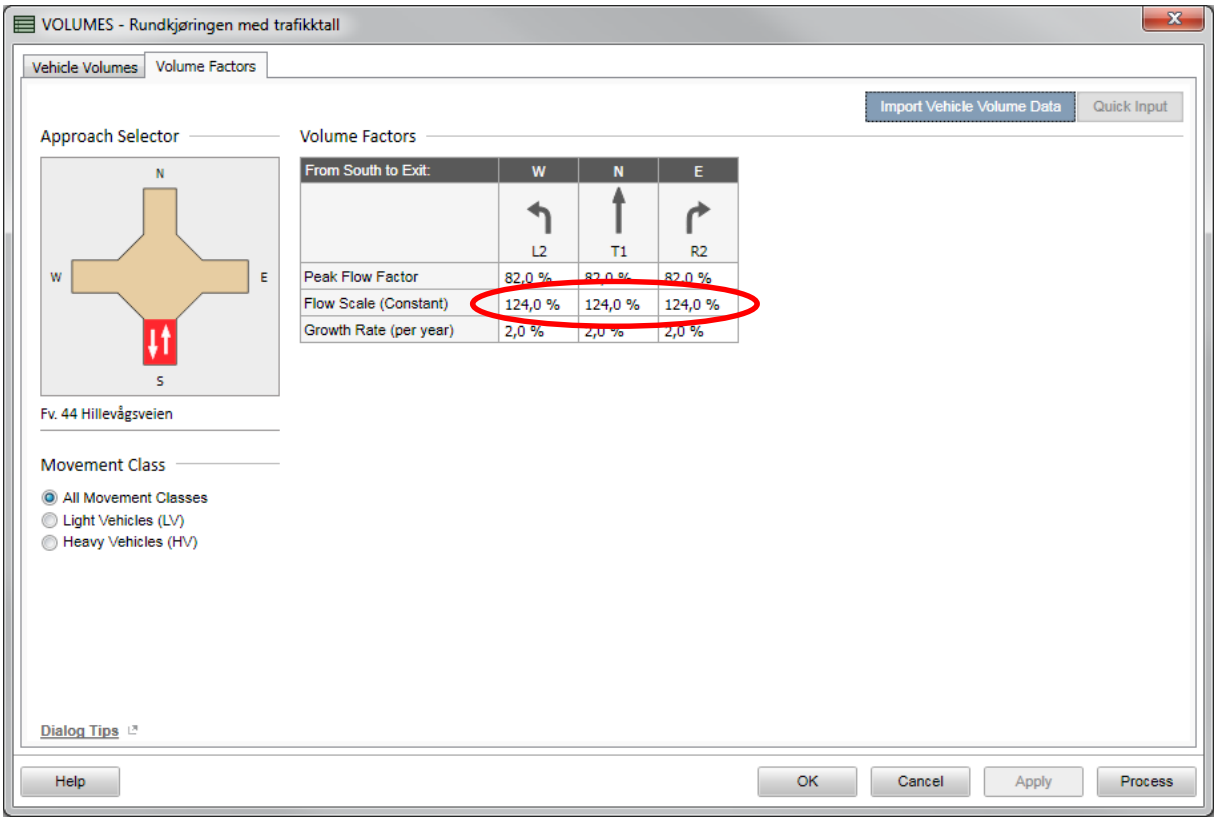
TABELL 33 OMLØPSTID, RØDTID OG GRØNNTID MED RØDTID 30 SEKUNDER

Tabell 33 viser omløpstid (c), rødtid (r) og total grønntid (g) for signalanlegget.

Om vi benytter formelen $q_d = q_a / (g/c)$ får vi $q_d = q_a / (127/157) = q_a / 0{,}81 = \underline{q_a * 1{,}24}$

Den økte belastningen i **fase 3** kan da defineres som: $q_d = 1{,}24 * q_a$. Det betyr at vi har 24 % større trafikkvolum i **fase 3** enn i **fase 1.** (Dersom g = 127 sekunder og c = 157 sekunder).

I beregningen som jeg skal utføre i SIDRA har jeg derfor tatt utgangspunkt i trafikktallene fra **fase 1** og justert disse opp med 24 % som er volumøkningen i **fase 3.**



FIGUR 87 VOLUME FACTORS, SIDRA

Figur 87 viser hvordan jeg har justert volumfaktoren opp til 124 % (1,24) for å kunne simulere **fase 3**. Ved å justere opp verdien for *Flow Scale* vil SIDRA altså justere opp trafikkvolumet som ankommer rundkjøringen, like etter at signallyset har slukket.

23 anrop i timen		Tilfart			
Fase	Parameter	Fv. 44 retning nord	Fv. 44 retning sør	Fv. 428 Sandvikveien	Øvre Sandvikveien
1	Volum 1	756	780	438	98
	Kapasitet 1	975	905	525	342
3	Volum 3	938	968	543	121
	Kapasitet 3	924	930	410	267

TABELL 34 VOLUM OG KAPASITET I FASE 1 OG 3 – RØDTID 30 SEKUNDER

Tabell 34 viser volum som ankommer i **fase 1** merket med gult, videre volum i **fase 3** som er volumet i **fase 1** multiplisert med 1,24. Tabellen viser også beregnet kapasitet i SIDRA i begge fasene. Vi ser at det ankommende trafikkvolumet i **fase 3** er større enn i **fase 1.** Dette fordi det i **fase 3** er økt trafikkbelastning (sett i forhold til **fase 1**) som følge av avvikling av de kjøretøyene som har ankommet i **fase 2**.

Lane Use and Performance				
	Demand Flows Total veh/h	HV %	Cap. veh/h	Deg. Satn v/c
South: Fv. 44 Hillevågsveien				
Lane 1[d]	938	7,0	924	1,014
Approach	938	7,0		1,014
East: Fv. 428 Sandvikveien				
Lane 1[d]	543	5,0	410	1,323
Approach	543	5,0		1,323
North: Fv. 44 Hillevågsveien				
Lane 1[d]	968	7,0	930	1,041
Approach	968	7,0		1,041
West: Øvre Sandvikveien				
Lane 1[d]	121	5,0	267	0,453
Approach	121	5,0		0,453
Intersection	2569	6,5		1,323

TABELL 35 FASE 3: LANE USE AND PERFORMANCE, SIDRA

Tabell 35 viser trafikkvolum (*Total veh/h*) og belastningsgrad (*Deg.Satn.v/c*) i **fase 3** med volumfaktor på 1,24. Kapasiteten (*Cap.veh/h*) er mindre enn trafikkvolumet som ankommer rundkjøringen. Belastningsgraden er på det høyeste ca. 1,3 som gjelder tilfarten fv. 428 Sandvikveien. Belastningsgraden er over 1,00 i tre tilfarter. Vi har overbelastning i rundkjøringen i **fase 3**. Det vil ifølge beregningene i SIDRA ankomme et større trafikkvolum enn det som avvikles på tre av tilfartene (ikke Øvre Sandvikveien).

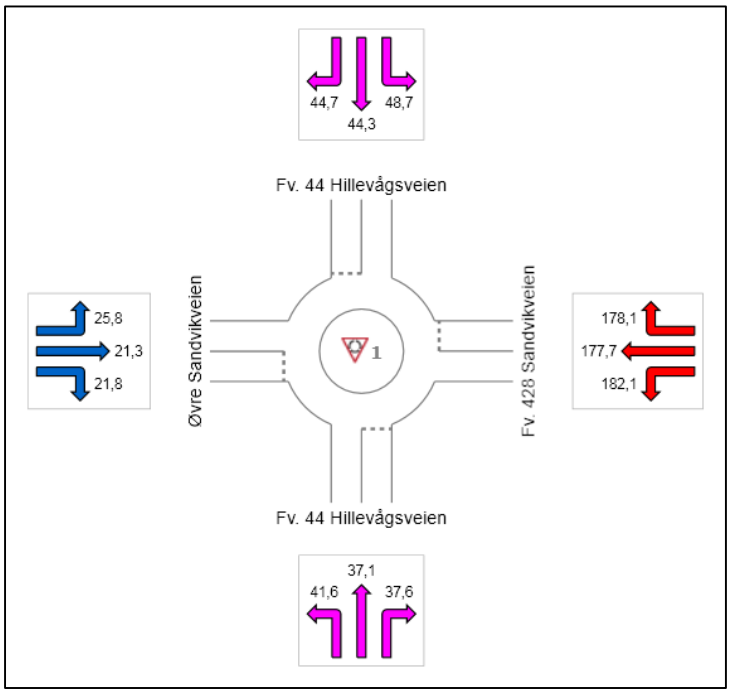
Movement Performance - Vehicles											
Mov ID	OD Mov	Demand Flows Total veh/h	Deg. Satn		Average	Level of	95% cles veh	Distance m	Queued	Stop Rate per veh	Average Speed km/h
South: Fv. 44 Hillevågsveien											
1	L2	44	7,0	1,014	41,6	LOS D	40,8	302,7	1,00	1,83	29,4
2	T1	708	7,0	1,014	37,1	LOS D	40,8	302,7	1,00	1,83	29,2
3	R2	186	7,0	1,014	37,6	LOS D	40,8	302,7	1,00	1,83	28,7
Approach		938	7,0	1,014	37,4	LOS D	40,8	302,7	1,00	1,83	29,1
East: Fv. 428 Sandvikveien											
4	L2	271	5,0	1,323	182,1	LOS F	58,9	429,7	1,00	3,45	13,8
5	T1	30	5,0	1,323	177,7	LOS F	58,9	429,7	1,00	3,45	13,8
6	R2	242	5,0	1,323	178,1	LOS F	58,9	429,7	1,00	3,45	13,7
Approach		543	5,0	1,323	180,1	LOS F	58,9	429,7	1,00	3,45	13,8
North: Fv. 44 Hillevågsveien											
7	L2	188	7,0	1,041	48,7	LOS D	46,9	347,8	1,00	1,98	27,8
8	T1	732	7,0	1,041	44,3	LOS D	46,9	347,8	1,00	1,98	27,6
9	R2	48	7,0	1,041	44,7	LOS D	46,9	347,8	1,00	1,98	27,1
Approach		968	7,0	1,041	45,2	LOS D	46,9	347,8	1,00	1,98	27,6
West: Øvre Sandvikveien											
10	L2	67	5,0	0,453	25,8	LOS C	3,6	26,2	1,00	1,10	33,0
11	T1	36	5,0	0,453	21,3	LOS C	3,6	26,2	1,00	1,10	32,7
12	R2	18	5,0	0,453	21,8	LOS C	3,6	26,2	1,00	1,10	32,1
Approach		121	5,0	0,453	23,9	LOS C	3,6	26,2	1,00	1,10	32,8
All Vehicles		2569	6,5	1,323	69,9	LOS E	58,9	429,7	1,00	2,19	23,3

Kølengde 95 % fraktil (m)

Gjennomsnittlig forsinkelse (s)

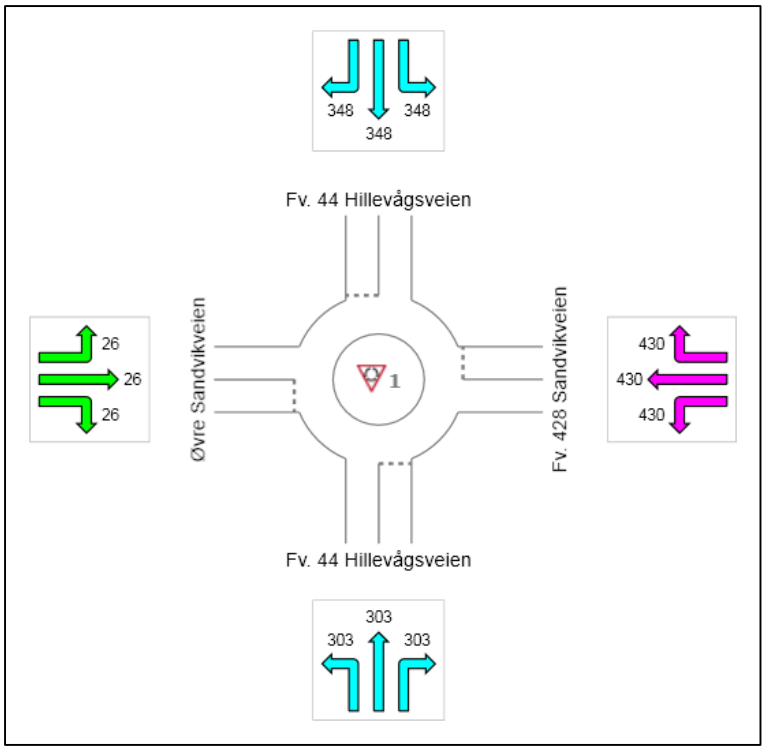
TABELL 36 FASE 3: MOVEMENT SUMMARY, SIDRA

Tabell 36 viser at den gjennomsnittlige forsinkelsen for trafikken på fv. 44 Hillevågsveien fra sør er 37,4 s og fra nord 42,2 s i **fase 3**. På tilfarten fra Øvre Sandvikveien er forsinkelsen i gjennomsnitt 23,9 s og fra fv. 428 Sandvikveien 180,1 sekunder. Tabellen viser at kølengden (95 % fraktil) i **fase 3** er på fv. 44 Hillevågsveien 347,8 meter fra nord og 302,7 meter fra sør.



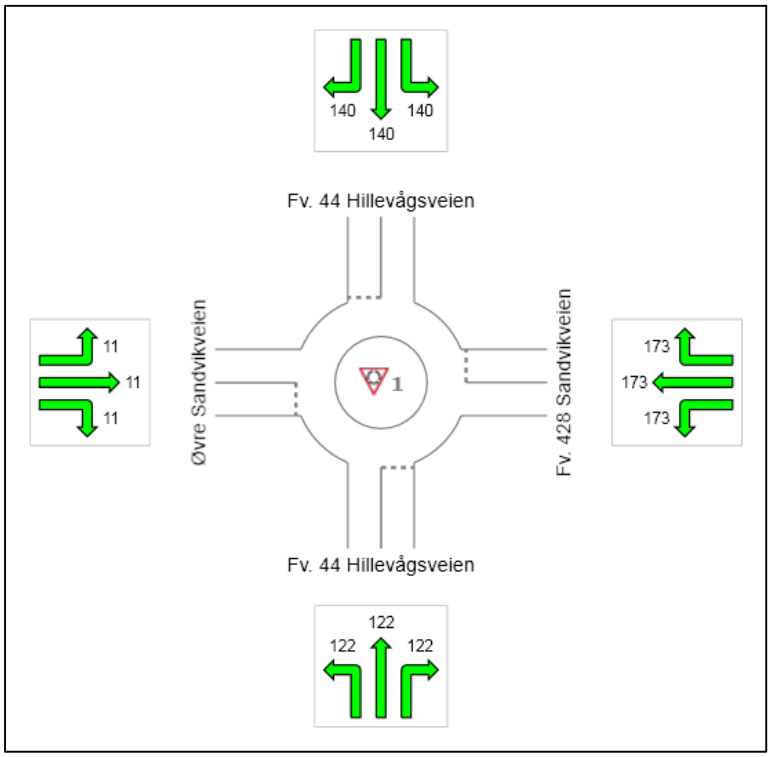
FIGUR 88 FASE 3: GJENNOMSNITTLIG FORSINKELSE, SIDRA

Figur 88 viser gjennomsnittlig forsinkelse i sekunder for hvert av kjørefeltene i **fase 3**.



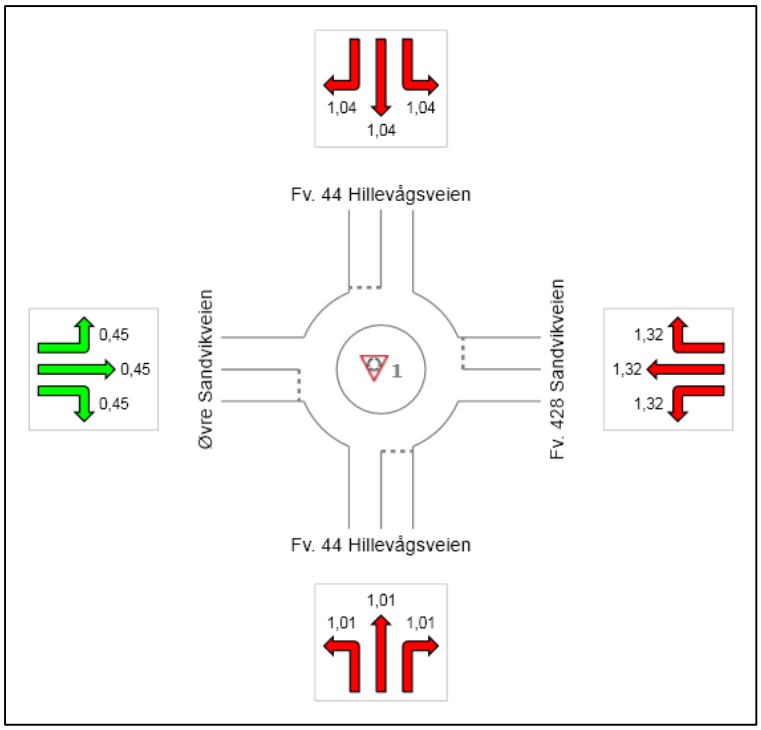
FIGUR 89 FASE 3: KØLENGDE (95% - FRAKTIL), SIDRA

Figur 89 viser beregnet kølengde i fase 3 (95 % fraktil) i antall meter i **fase 3.**



FIGUR 90 FASE 3: GJENNOMSNITTLIG KØLENGDE, SIDRA

Figur 90 viser gjennomsnittlig kølengde i antall meter i **fase 3**.



FIGUR 91 FASE 3: BELASTNINGSGRADER, SIDRA

Figur 91 viser belastningsgradene i hver av de tre tilfartene i **fase 3**.

PFF = 0,82								
	Tilstand	Forklaring	Volum q (kjt/t)	Kapasitet s (kjt/t)	Belastningsgrad	Gj. snitt forsinkelse (s)	Gj. snitt kølengde (m)	Kø 95 % fraktil (m)
Fv. 44 Retning sør	Fase 3	Rundkjøring	968	930	1,04	45,2	140	347,8
Fv. 44 Retning nord	Fase 3	Rundkjøring	938	924	1,01	37,4	122	302,7
Fv. 128 Sandvikveien	Fase 3	Rundkjøring	543	410	1,32	180,1	173	429,7
Øvre Sandvikveien	Fase 3	Rundkjøring	121	267	0,45	23,9	11	26,2

TABELL 37 RESULTATER FRA BEREGNING AV FASE 3 I SIDRA

Tabell 37 viser resultatene fra beregningen av **fase 3** i SIDRA samlet.

10.3.5 Tidsfordelingen av de tre fasene

For å kunne si noe om den totale avviklingskvaliteten i rundkjøringen trenger jeg å vite hvordan de tre fasene tidsmessig fordeles i løpet av en gitt tidsperiode – i dette tilfellet en time. Jeg har tidligere registrert at **fase 2** har en gjennomsnittlig varighet på 30 sekunder, men kjenner ikke lengden hverken på **fase 1** eller **fase 3.**

Fase 1 (Rundkjøring)	Fase 2 (Signalanlegg)	Fase 3 (Rundkjøring)
Varighet x sekunder	Varighet 30 sekunder	Varighet x sekunder

TABELL 38 DE TRE FASENE

Tabell 38 illustrerer at jeg ikke har kommet fram til en varighet av **fase 1** og **fase 3.**

Lengden på **fase 3** kan etter min vurdering finnes ved å benytte teori fra signalanlegg basert på figur 86 lenger framme i rapporten. **Fase 3** vil etter min vurdering ha samme lengde som mettet grønntid.

Jeg starter derfor med å finne lengden av mettet grønntid ($g_{s)}$, som er gitt ved uttrykket:

$$g_s = yr/1-y \qquad \text{hvor} \qquad y = q/s$$

q = ankommende trafikkvolum (arrival flow rate) (kjt/s)

s = kapasitet ved mettet trafikkflyt (saturation flow rate) (kjt/s)

y = relativ belastning

r = rødtid (s)

	Tilstand	Forklaring	Volum q (kjt/t)	Kapasitet s (kjt/t)	Rødtid r (s)	Relativ belastning y
Fv. 44 Retning sør	Fase 3	Rundkjøring	968	930	30	1,04
Fv. 44 Retning nord	Fase 3	Rundkjøring	938	924	30	1,02
Fv. 128 Sandvikveien	Fase 3	Rundkjøring	543	410	30	1,32
Øvre Sandvikveien	Fase 3	Rundkjøring	121	267	30	0,45

TABELL 39 FASE 3: RESULTATER FRA BEREGNINGENE BASERT PÅ FORMEL OVER

Tabell 39 viser resultatene fra beregningene etter innlegging av verdier i formelen over. Verdiene for volum og kapasitet er hentet fra SIDRA Relativ belastning er vist i rødt rektangel, inngangsverdiene er vist i de tre første kolonnene i tabellen. Vi ser at den relative belastningen er over 1,0 som betyr at vi har overbelastning i **fase 3**. På tre av tilfartene ankommer det flere kjøretøyer enn det er teoretisk mulig å avvikle. Her er den relative belastningen over 1,0. Da vil man få negative verdier for mettet grønntid, noe som ikke gir mening.

For at et signalanlegg skal fungere tilfredsstillende bør belastingsgraden ikke være over 1,0 (helst ikke over 0,9). Dermed må mettet grønntid ikke være større enn grønntiden (Aakre A. , Trafikk signals - part 2, Timing, control and quality of traffic flow, 2016). Dette betyr at mettet grønntid ikke bør være større enn 127 sekunder, som er den gjennomsnittlige grønntiden i signalanlegget (se tabell 33).

Det er ut fra dette ikke mulig å beregne lengden på **fase 3** fordi rundkjøringen/signalanlegget i denne fasen er overbelastet i tre tilfarter. Kapasiteten i rundkjøringen er lavere enn volumet av ankommende trafikk. Den køen som er samlet opp ved **fase 2** vil ikke avvikles i **fase 3.**

I stedet vil det stilles opp mer kø inn mot de tre mest belastede tilfartene selv etter at signalanlegget har skiftet til grønt («svart»).

10.4 Sluttvurderinger

I **fase 1** når krysset fungerer som en tradisjonell rundkjøring uten bussanrop vil den ifølge beregningene i SIDRA avvikle trafikken med en belastningsgrad mellom 0,78 og 0,86 på de tre mest trafikkerte tilfartene. Rundkjøringen belastes da opp mot et praktisk akseptabelt nivå som ligger på rundt 0,85. Den gjennomsnittlige kølengden er i denne fasen beregnet til 54 meter på fv.44 i retning sør og 37 meter på fv. 44 i retning nord. Forsinkelsen er beregnet i SIDRA til gjennomsnittlig 14,3 sekunder på fv.44 i retning sør og 8,1 sekunder i retning nord.

	Tilstand	Forklaring	Volum q (kjt/t)	Kapasitet s (kjt/t)	Belastningsgrad	Gj. snitt forsinkelse (s)	Gj. snitt kølengde (m)	Kø 95 % fraktil (m)
Fv. 44 Retning sør	Fase 1	Rundkjøring	780	905	0,86	14,3	54	135,2
Fv. 44 Retning nord	Fase 1	Rundkjøring	756	975	0,78	8,1	37	92,1
Fv. 128 Sandvikveien	Fase 1	Rundkjøring	438	525	0,84	27,8	37	92,3
Øvre Sandvikveien	Fase 1	Rundkjøring	96	342	0,29	14,7	6	14,6

TABELL 40 VERDIER I FASE 1 BEREGNET I SIDRA MED PFF = 0,82

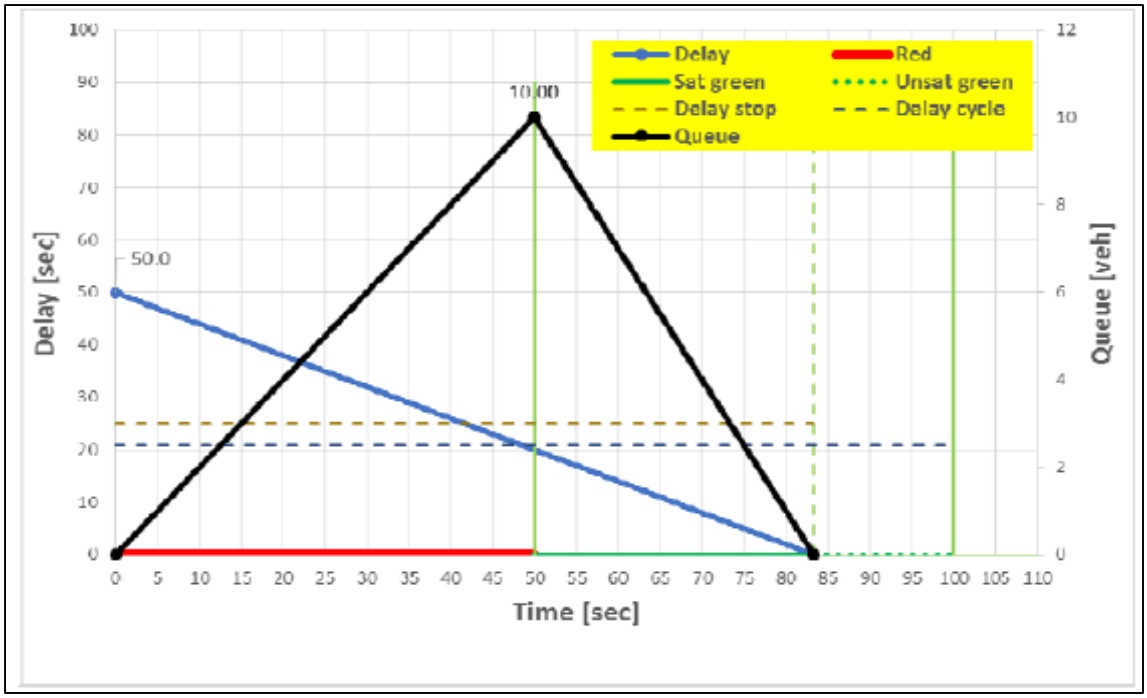
Tabell 40 viser beregnede gjennomsnittsverdier for belastningsgrad, gjennomsnittlig forsinkelse og kølengder tatt ut fra SIDRA i **fase 1**, hentet fra tabeller og figurer i kapittel 10.3.2.

	Tilstand	Forklaring	Volum q (kjt/t)	Kapasitet s (kjt/t)	Belastningsgrad	Gj. snitt forsinkelse (s)	Gj. snitt kølengde (m)	Kø 95 % fraktil (m)
Fv. 44 Retning sør	Fase 3	Rundkjøring	968	930	1,04	45,2	140	347,8
Fv. 44 Retning nord	Fase 3	Rundkjøring	938	924	1,01	37,4	122	302,7
Fv. 128 Sandvikveien	Fase 3	Rundkjøring	543	410	1,32	180,1	173	429,7
Øvre Sandvikveien	Fase 3	Rundkjøring	121	267	0,45	23,9	11	26,2

TABELL 41 VERDIER I FASE 3 BEREGNET I SIDRA MED PFF = 0,82 OG RØDTID 30 SEKUNDER

Tabell 41 viser beregnede gjennomsnittsverdier for belastningsgrad, gjennomsnittlig forsinkelse og kølengder tatt ut fra SIDRA i **fase 3**, hentet fra tabeller og figurer i kapittel 10.3.4. Med dagens trafikkbelastning i rundkjøringen og 23 bussanrop vil rødtiden for bilistene samt den økte trafikkbelastningen inn mot rundkjøringen, like etter at signalanlegget har gått fra rødt til grønt (svart) i **fase 3**, gjøre at vi får en svært dårlig avvikling. Beregningene viser at kapasiteten er lavere enn det ankommende trafikkvolum. Belastningsgraden er over 1,0. Den gjennomsnittlige kølengden er i denne fasen beregnet til 140 meter på fv.44 i retning sør og 122 meter på fv. 44 i retning nord. Forsinkelsen er beregnet i SIDRA til gjennomsnittlig 45,2 sekunder på fv.44 i retning sør og 37,4 sekunder i retning nord. Dette betyr etter mine vurderinger at **fase 3** ikke vil gå over i **fase 1** før **fase 2** på nytt blir aktivert av bussen. Fra **fase**

3 vil vi sannsynligvis gå direkte over til **fase 2**. Oppsummert vil dette si at beregningene i SIDRA viser at dagens kryssløsning teoretisk sett ikke fungerer tilfredsstillende.



FIGUR 92 FORSINKELSE OG KØ I SIGNALANLEGG

Figur 92 er et veg- tid diagram som viser sammenhengen mellom forsinkelse og kø i et signalregulert kryss (Aakre A. , Trafikk signals - part 2, Timing, control and quality of traffic flow, 2016). Ut fra denne figuren er det utledet at gjennomsnittlig forsinkelse for kjøretøyer som ankommer under rødtid (*Red*) og mettet grønntid (*Sat green*) er den samme som halve rødtiden – forutsatt at det finnes mettet grønntid.

I dette tilfellet har vi ikke kommet frem til verdier for mettet grønntid og kan derfor i utgangspunktet ikke finne gjennomsnittlig forsinkelse med bruk av denne forenklede metoden.

Beregningene av dagens situasjon, utført ved hjelp av SIDRA er basert på en jevnt fordeling av trafikken over dimensjonerende time. Beregningsresultatene for gjennomsnittlig forsinkelse hentet fra SIDRA er 45,2 sekunder på fv. 44 Hillevågsveien retning sør og 37,4 sekunder i retning nord i **fase 3** (se rød sirkel i tabell 41). I **fase 1** er gjennomsnittlig forsinkelse beregnet til 8,1 sekunder i retning nord og 14,3 sekunder i retning sør **(**se rød sirkel i tabell 40**).** Etter min vurdering og som tidligere beskrevet, regner jeg i **fase 2** en gjennomsnittlig forsinkelse på halve rødtiden, som blir 15 sekunder pluss 11,2 sekunder som er gjennomsnittlig

«basisforsinkelse» (fra **fase 1)**. En får da en gjennomsnittsforsinkelse på fv. 44 på 26,2 sekunder i **fase 2**.

Dersom en skal finne en verdi for gjennomsnittlig forsinkelse totalt sett i rundkjøringen, må en etter min vurdering først finne lengden på de tre fasene. Det viste seg i beregningen lenger fremme i dette kapitlet at det ikke var mulig - med den belastningen som var aktuell.

Vi så der at rundkjøringen ble overbelastet i **fase 3** og at mettet grønntid var større enn total grønntid. Ut fra beregningene i SIDRA konkluderte jeg derfor med at **fase 1** ikke ville tre inn etter **fase 3,** men at **fase 2** ville inntreffe før **fase 3** var over. Dersom jeg regner med at det ikke opptrer noen **fase 1** og tenker at **fase 3** går direkte over til **fase 2**, og videre tar utgangspunkt i en gjennomsnittlig forsinkelse 41,3 sekunder i begge retninger på fv. 44 i **fase 3** og 26, 2 sekunder i begge retninger gjennomsnittlig i **fase 2,** vil en vektet gjennomsnittlig forsinkelse på fv. 44 bli 38,4 sekunder basert på en omløpstid på 157 sekunder og rødtid på 30 sekunder (se tabell 33). Jeg understreker at dette er en grov vurdering.

Fra tabell 41 kan vi finne at gjennomsnitt kølengde er (54 + 37) /2 = 51,9 meter i **fase 1** og (140 + 122) /2 = 131 meter i **fase 3**. (Se grønne sirkler på tabell 40 og 41). Det gjennomsnittlige kølengden som blir generert av rødt lys i **fase 2** blir (48,1 + 46,7) /2 = 47,4 meter (se side 116).

I **fase 2** blir gjennomsnittlig kølengde på fv. 44 da etter min vurdering 47,4 meter pluss «basis-køen» som er 51,9 meter (**fase 1) -** til sammen 99,3 meter.

Om vi ser på kølengder på fv.44 (gjennomsnitt begge retninger) blir resultatene:

Fase 2: 30 sekunder (varighet) * 99,3 meter (kø) = 2979 ms

Fase 3: 127 sekunder (varighet) *131,0 meter (kø) = 16637 ms

Dersom man summerer disse to verdiene og deler på total omløpstid får man gjennomsnittlig vektet kølengde på fv. 44 til å bli: 19933ms/157s = 124,9 meter.

10.4.1 Med tenkt rødtid 20 sekunder

Dersom jeg går ut fra at vi har en rødtid på 20 sekunder, og ser bort fra holdeplassen like sør for rundkjøringen – får vi andre verdier for forsinkelse. Dette vil jeg se på i dette kapitlet.

	Tilstand	Forklaring	Volum q (kjt/t)	Kapasitet s (kjt/t)	Rødtid r (s)	Relativ belastning y
Fv. 44 Retning sør	Fase 3	Rundkjøring	898	903	20	0,99
Fv. 44 Retning nord	Fase 3	Rundkjøring	870	937	20	0,93
Fv. 128 Sandvikveien	Fase 3	Rundkjøring	503	443	20	1,14
Øvre Sandvikveien	Fase 3	Rundkjøring	112	277	20	0,40

TABELL 42 BEREGNINGER AV FASE 3 BASERT PÅ FORMEL PÅ SIDE 126 OG TALL FRA SIDRA

Tabell 42 viser volum, kapasitet og relativ belastning i **fase 3** med rødtid 20 sekunder. Relativ belastning er vist inne i rødt rektangel. Vi ser at den relative belastningen er opp mot 1,0 på fv. 44 som betyr at vi er veldig nær opp overbelastning i **fase 3**. På tilfarten fra fv. 428 Sandvikveien ankommer det flere kjøretøyer enn det er teoretisk mulig å avvikle. Her er den relative belastningen over 1,0. Det er ut fra dette ikke hensiktsmessig å beregne lengden på **fase 3** fordi rundkjøringen/signalanlegget i denne fasen er tilnærmet overbelastet. Selv med en rødtid på 20 sekunder vil køen som er samlet opp ved **fase 2** vil ikke avvikles i **fase 3**. Det betyr etter min vurdering at **fase 3** også med en rødtid på 20 sekunder vil gå over til ny **fase 2** (ikke til fase 1)**.**

For å finne gjennomsnittlig forsinkelse ved rødtid 20 sekunder må vi etter min vurdering fortsatt regne med at rundkjøringen bare opptrer i to faser dvs. **fase 2** og **fase 3.**

Lane Use and Performance

	Demand Flows Total veh/h	HV %	Cap. veh/h	Deg. Satn v/c	Lane Util. %	Average Delay sec
South: Fv. 44 Hillevågsveien						
Lane 1[d]	756	7,0	975	0,776	100	8,1
Approach	756	7,0		0,776		8,1
East: Fv. 428 Sandvikveien						
Lane 1[d]	438	5,0	525	0,835	100	27,8
Approach	438	5,0		0,835		27,8
North: Fv. 44 Hillevågsveien						
Lane 1[d]	780	7,0	905	0,863	100	14,3
Approach	780	7,0		0,863		14,3
West: Øvre Sandvikveien						
Lane 1[d]	98	5,0	342	0,285	100	14,7
Approach	98	5,0		0,285		14,7
Intersection	2072	6,5		0,863		14,9

FIGUR 93 FASE 1 MED PFF = 0,82 OG TRAFIKKTALL FRA 27.1.2016, SIDRA

Figur 93 viser blant annet forsinkelse i **fase 1** på de ulike tilfartene.

Lane Use and Performance	Demand Flows Total veh/h	HV %	Cap. veh/h	Deg. Satn v/c	Lane Util. %	Average Delay sec
South: Fv. 44 Hillevågsveien						
Lane 1[d]	870	7,0	937	0,928	100	19,6
Approach	870	7,0		0,928		19,6
East: Fv. 428 Sandvikveien						
Lane 1[d]	503	5,0	445	1,133	100	102,6
Approach	503	5,0		1,133		102,6
North: Fv. 44 Hillevågsveien						
Lane 1[d]	898	7,0	903	0,994	100	33,1
Approach	898	7,0		0,994		33,1
West: Øvre Sandvikveien						
Lane 1[d]	112	5,0	277	0,405	100	21,0
Approach	112	5,0		0,405		21,0
Intersection	2383	6,5		1,133		42,3

FIGUR 94 FASE 3 MED PFF = 0,82 OG TRAFIKKTALL FRA 27.1.2016, SIDRA

I figur 94 kan vi blant annet se gjennomsnittlig forsinkelse i **fase 3** med rødtid på 20 sekunder.

	Tilstand	Forklaring	Volum q (kjt/t)	Kapasitet s (kjt/t)	Belastningsgrad	Gj. snitt forsinkelse (s)	Gj. snitt kølengde (m)	Kø 95 % fraktil (m)
Fv. 44 Retning sør	Fase 3	Rundkjøring	898	903	0,99	33,1	109	270,0
Fv. 44 Retning nord	Fase 3	Rundkjøring	870	937	0,93	19,6	77	191,0
Fv. 128 Sandvikveien	Fase 3	Rundkjøring	503	443	1,13	102,6	110	273,5
Øvre Sandvikveien	Fase 3	Rundkjøring	112	277	0,41	21,0	9	22,5

TABELL 43 VERDIER I FASE 3 FRA SIDRA MED PFF = 0,82 OG RØDTID PÅ 20 SEKUNDER

Beregningene i SIDRA viser at forsinkelsen på fv. 44 i gjennomsnitt er (8,1 + 14,3) /2 = 11,4 sekunder i **fase 1** og (19,6 + 33,1) /2 = 26,4 sekunder i **fase 3**. I **fase 2** blir gjennomsnittlig forsinkelse etter min vurdering 10 sekunder (halve rødtiden) pluss «basisforsinkelsen» i krysset.

Det gjennomsnittlige forsinkelsen i **fase 2** blir da, 10 sekunder + 11,4 sekunder = <u>21,4 sekunder.</u>

Om vi ser på forsinkelsen på <u>fv.44</u> (gjennomsnitt begge retninger) blir den:

Fase 2: 20 sekunder (varighet) * 21,4 sekunder (forsinkelse) = 428 s^2

Fase 3: 137 sekunder (varighet) *26,4 sekunder (forsinkelse) = 3616,8 s^2

Dersom man summerer disse to verdiene og deler på total omløpstid får man gjennomsnittlig vektet forsinkelse på fv. 44 til å bli: 4044,8 s^2/157s = <u>25,8 sekunder.</u>

10.5 Hvor mye trafikk tåler denne typen rundkjøringer?

I dette kapitlet vil jeg forsøke å finne ut hvor mye trafikkbelastning denne typen rundkjøringer tåler før de blir overbelastet. Jeg har tidligere i rapporten gått ut fra at en ikke bør ha belastingsgrader over 0,85 i rundkjøringer. I dette kapitlet har jeg derfor tatt utgangspunkt i denne verdien for belastningsgrad og forsøkt å finne ut hvor mye trafikk rundkjøringen da kan håndtere.

I kapittel 9.6.2 har jeg gjort rede for hvilke vurderinger som er gjort for å fastsette en verdi for Peak Flow Factor. I dette rapporten er PFF satt til 0,82 hovedsakelig fordi det viste seg at trafikkbelastningen varierte relativt mye i løpet av registreringstimen/makstimen. Standardverdi for PFF er 0,95 i SIDRA, mens det anbefales i Norge at en benytter en PFF på 0,90 til 0,95 (Myre, 2010).

Ved å benytte 0,82 som PFF i denne rapporten har jeg egentlig lagt til grunn at rundkjøringen har en trafikkbelastning jevnt over hele den dimensjonerende time som er lik det mest belastede kvarteret fra registreringstimen. Beregningen i SIDRA er derfor utført med basis i en større timestrafikk enn den som ble registrert 27.1. 2016 som viste at trafikkbelastningen var relativ ujevn over registreringstimen.

Dersom jeg skal kunne si noe om maksimal belastning i denne typen rundkjøringer og at dette skal ha en overføringsverdi til andre tilsvarende rundkjøringer, er det slik jeg ser det, mest naturlig å ta utgangspunkt i trafikktallene fra dimensjonerende time uten å sette inn lavere verdi enn 1,0 for PFF. Jeg har derfor valgt å gjøre vurderingene med en PFF på 1,00 – altså ut fra helt jevnt fordelt timestrafikk.

Tidligere i rapporten har jeg kommet fram til at gjennomsnittslig rødtid i den aktuelle rundkjøringen var ca. 30 sekunder sammenlagt i begge retninger. Busstrafikken i retning sør genererte ca. 20 sekunder rødtid og busstrafikken i retning nord genererte ca. 40 sekunder rødtid for kjøretrafikken. Konklusjonen var at holdeplassen like sør for rundkjøringen trolig øker den gjennomsnittlige rødtiden med ca. 10 sekunder i forhold til en løsning uten slik holdeplass.

I vurderingene videre har jeg tatt utgangspunkt i en tenkt løsning uten en slik uheldig plassert holdeplass og dermed satt dimensjonerende rødtid til 20 sekunder.

PFF =1,00								
	Tilstand	Forklaring	Volum q (kjt/t)	Kapasitet s (kjt/t)	Rødtid r (s)	Relativ belastning y	Mettet grønntid gs	Max kø (kjt)
Fv. 44 Retning sør	Fase 3	Rundkjøring	736	922	20	0,80	79,14	4,09
Fv. 44 Retning nord	Fase 3	Rundkjøring	713	990	20	0,72	51,48	3,96
Fv. 128 Sandvikveien	Fase 3	Rundkjøring	413	563	20	0,73	55,07	2,29
Øvre Sandvikveien	Fase 3	Rundkjøring	92	370	20	0,25	6,62	0,51

TABELL 44 PARAMETRE VED PFF 1,00 FOR FASE 3 MED TRAFIKKTALL FRA 27.1.2016

Tabell 44 viser at dersom jeg legger inn dimensjonerende trafikkvolum uten å justere det opp vog benytter en PFF lik 1,0. Det betyr at jeg regner med helt jevn fordeling av trafikken i dimensjonerende time. Dette resulterer i at verdiene for mettet grønntid blir betydelig lavere enn som vist i foregående kapittel.

Mettet grønntid, etter min vurdering den samme som lengden på **fase 3 -** er nå kortere enn total grønntid. Det betyr slik jeg ser det at **fase 3** vil være avviklet før grønntiden er slutt og at **fase 1** opptre etter 79,1 sekunder på fv. 44 i retning sør, som har størst relativ belastning.

Gjennomsnittlig forsinkelse i de tre fasene finner jeg ved å ta utgangspunkt i gjennomsnittlig forsinkelse i hver av de tre fasene etter å ha funnet lengden av hver fase. De tre fasene vil ha en «omløpstid» på 157 sekunder til sammen. Vi vet at **fase 2** har en gjennomsnittlig lengde på 20 sekunder. Det betyr at **fase 1** og **fase 3** vil ha en lengde til sammen på 157 sekunder minus 20 sekunder = 137 sekunder.

Fra tabell 44 (rød firkant) ser vi at den mettede grønntiden (g_s) som tilsvarer lengden på **fase 3**, varierer på de ulike tilfartene. Dersom man regner ut et vektet gjennomsnitt får man en **fase 3** med lengde på 60,5 sekunder. Om man runder lengden av **fase 3** til 61 sekunder, blir lengden på **fase 1** 137 sekunder – 61 sekunder = 76 sekunder.

Fase 1 (Rundkjøring)	Fase 2 (Signalanlegg)	Fase 3 (Rundkjøring)
Varighet 76 sekunder	Varighet 20 sekunder	Varighet 61 sekunder

TABELL 45 TIDSFORDELING AV DE TRE FASENE

Tabell 44 viser tidsfordelingen av de tre fasene. PFF er i denne sammenheng satt til 1,00.

Lane Use and Performance	Demand Flows Total veh/h	HV %	Cap. veh/h	Deg. Satn v/c	Lane Util. %	Average Delay sec
South: Fv. 44 Hillevågsveien						
Lane 1[d]	620	7,0	1030	0,602	100	3,7
Approach	620	7,0		0,602		3,7
East: Fv. 428 Sandvikveien						
Lane 1[d]	359	5,0	644	0,558	100	11,8
Approach	359	5,0		0,558		11,8
North: Fv. 44 Hillevågsveien						
Lane 1[d]	640	7,0	965	0,663	100	5,9
Approach	640	7,0		0,663		5,9
West: Øvre Sandvikveien						
Lane 1[d]	80	5,0	471	0,170	100	11,1
Approach	80	5,0		0,170		11,1
Intersection	1699	6,5		0,663		6,6

FIGUR 95 FORSINKELSE I FASE 1 MED PFF = 1,0 OG TRAFIKKTALL FRA 27.1.2016

Lane Use and Performance	Demand Flows Total veh/h	HV %	Cap. veh/h	Deg. Satn v/c	Lane Util. %	Average Delay sec
South: Fv. 44 Hillevågsveien						
Lane 1[d]	713	7,0	990	0,720	100	6,2
Approach	713	7,0		0,720		6,2
East: Fv. 428 Sandvikveien						
Lane 1[d]	413	5,0	563	0,733	100	19,5
Approach	413	5,0		0,733		19,5
North: Fv. 44 Hillevågsveien						
Lane 1[d]	736	7,0	922	0,798	100	10,4
Approach	736	7,0		0,798		10,4
West: Øvre Sandvikveien						
Lane 1[d]	92	5,0	374	0,246	100	13,4
Approach	92	5,0		0,246		13,4
Intersection	1954	6,5		0,798		10,9

FIGUR 96 FORSINKELSE I FASE 3 MED PFF = 1,0 OG TRAFIKKTALL FRA 27.1.2016

Figur 95 og 96 viser blant annet gjennomsnittlig forsinkelse i henholdsvis **fase 1** og **fase 3** beregnet i SIDRA, med en PFF på 1,0 som betyr at en forutsetter jevn fordeling av trafikken i makstimen. Forsinkelsen er relativt beskjeden i begge fasene.

Ut fra beregningene i SIDRA kan vi regne med at forsinkelsen på fv. 44 i gjennomsnitt er (5,9 + 3,7) /2 = 4,8 sekunder i **fase 1** og (10,4 + 6,2) /2 = 8,3 sekunder i **fase 3**. I **fase 2** blir gjennomsnittlig forsinkelse etter min vurdering 10 sekunder pluss en tilleggsforsinkelse tilsvarende «basisforsinkelsen» i krysset (som i fase 1). Det gjennomsnittlige forsinkelsen i **fase 2** blir da, slik jeg ser det, 10 sekunder + 4,8 sekunder = <u>14,8 sekunder.</u>

Om vi ser på forsinkelsen på fv.44 (gjennomsnitt begge retninger) blir den:

Fase 1: 76 sekunder (varighet) * 4,8 sekunder (forsinkelse) = 364,8 s^2

Fase 2: 20 sekunder (varighet) * 14,8 sekunder (forsinkelse) = 296 s^2

Fase 3: 61 sekunder (varighet) * 8,3 sekunder (forsinkelse) = 506,3 s^2

Dersom man summerer disse tre verdiene og deler på total omløpstid får man gjennomsnittlig vektet forsinkelse på fv. 44 til å bli: 1167,1 s^2/157s = 7,4 sekunder.

Vi ser at den relative belastningen (belastningsgraden) på fv. 44 i retning sør er ca. 0,80 og at denne ligger noe under målsettingen om en belastningsgrad på 0,85. For å øke belastningen noe velger jeg å justere ned PFF til 0,95. Jeg kunne også valgt å justere volumene på annen måte i SIDRA f. eks. ved å legge inn ca. 5 % større trafikkvolum i bildet «*Volume*s» eller ved å justere opp «*Flow Scale*» til ca. 1,05 %.

PFF =0,95								
	Tilstand	Forklaring	Volum q (kjt/t)	Kapasitet s (kjt/t)	Rødtid r (s)	Relativ belastning y	Mettet grønntid gs	Max kø (kjt)
Fv. 44 Retning sør	Fase 3	Rundkjøring	775	907	20	0,85	117,42	4,31
Fv. 44 Retning nord	Fase 3	Rundkjøring	751	977	20	0,77	66,46	4,17
Fv. 128 Sandvikveien	Fase 3	Rundkjøring	435	530	20	0,82	91,58	2,42
Øvre Sandvikveien	Fase 3	Rundkjøring	97	346	20	0,28	7,79	0,54

TABELL 46 PARAMETRE VED PFF 0,95 I FASE 3 MED TRAFIKKTALL FRA 27.1.2016

Tabell 46 viser at en justering av PFF ned til 0,95 fører til at belastningsgraden øker til 0,85 på den mest belastede tilfarten og at mettet grønntid, som angir lengden på **fase 3**, har gått opp til 117,4 sekunder. Vi har altså økt den dimensjonerende trafikkbelastningen med (1/0,95) *100 = 5,3 %. Fortsatt er **fase 3** fortsatt kortere enn total grønntid (117,42 sekunder vs. 137 sekunder).

Dette kan etter min vurdering bety at dersom en forutsetter en jevn fordeling av trafikken over makstimen/dimensjonerende time, vil denne rundkjøringen kunne avvikle en trafikkmengde på ca. 5,3 % større antall kjøretøyer enn registreringene 27.1.2016, med samme fordeling på tilfartene. Vi få en belastningsgrad på 0,85 i **fase 3** på fv. 44 mot sør (som er mest belastet).

Lane Use and Performance	Demand Flows Total veh/h	HV %
South: Fv. 44 Hillevågsveien		
Lane 1[d]	653	7,0
Approach	653	7,0
East: Fv. 428 Sandvikveien		
Lane 1[d]	378	5,0
Approach	378	5,0
North: Fv. 44 Hillevågsveien		
Lane 1[d]	674	7,0
Approach	674	7,0
West: Øvre Sandvikveien		
Lane 1[d]	84	5,0
Approach	84	5,0
Intersection	1788	6,5

TABELL 47 DIMENSJONERENDE TRAFIKKVOLUM, SIDRA

Tabell 47 viser hvilke trafikkvolum som er benyttet i beregningen i SIDRA etter at PFF er justert ned til 0,95. Trafikktallene er da ca. 5,3 % høyrere enn registreringene utført 27.1.2016. Slik jeg vurderer det, vil rundkjøringen kapasitetsmessig håndtere en trafikkmengde så vidt over dagens (+ ca. 5 %) forutsatt at bilene ankommer jevnt fordelt over makstimen.

10.5.1 Forsinkelse

For å finne gjennomsnittlig forsinkelse i de tre fasene tar jeg utgangspunkt i gjennomsnittlig forsinkelse i hver av de tre fasene og lengden av fasene.

De tre fasene vil ha en «omløpstid» på 157 sekunder til sammen. Vi vet at **fase 2** har en gjennomsnittlig lengde på 20 sekunder. Det betyr at **fase 1** og **fase 3** vil ha en lengde til sammen på 157 sekunder – 20 sekunder = 137 sekunder.

Fra tabell 46 (s. 135) ser vi at den mettede grønntiden (g_s) som tilsvarer lengden på **fase 3** varierer på de ulike tilfartene. Dersom man regner ut et vektet gjennomsnitt får man en **fase 3** med lengde på 88,2 sekunder. Om man runder lengden av **fase 3** til 88 sekunder, blir lengden på **fase 1:** 137 sekunder – 88 sekunder = 49 sekunder.

Jeg vil påpeke at dette er meget forenklet metode for å finne lengden på **fase 3**. Vi ser at lengden på mettet grønntid er ulik for hver svingebevegelse i rundkjøringen. I praksis vil **fase 3** avvikles

på ulike tidspunkter for de ulike tilfartene. Den reduserte belastningen på tilfarten som går først over fra **fase 3** til **fase 1** medfører at avviklingen blir bedre enn simulert på de andre tilfartene. Denne effekten vil fortsette etter hvert om **fase 3** opphører på de andre tilfartene. Jeg har ikke tatt hensyn til dette i min vurdering.

Fase 1 (Rundkjøring)	Fase 2 (Signalanlegg)	Fase 3 (Rundkjøring)
Varighet 49 sekunder	Varighet 20 sekunder	Varighet 88 sekunder

TABELL 48 TIDSFORDELING AV DE TRE FASENE

Tabell 48 viser tidsfordelingen av de tre fasene med maksimal metningsgrad på 0,85 og trafikkbelastning 5% over den som ble registrert 27.1.2016. PFF er her satt til 0,95.

Lane Use and Performance

	Demand Flows Total veh/h	HV %	Cap. veh/h	Deg. Satn v/c	Lane Util. %	Average Delay sec
South: Fv. 44 Hillevågsveien						
Lane 1[d]	751	7,0	977	0,768	100	7,8
Approach	751	7,0		0,768		7,8
East: Fv. 428 Sandvikveien						
Lane 1[d]	435	5,0	530	0,820	100	26,4
Approach	435	5,0		0,820		26,4
North: Fv. 44 Hillevågsveien						
Lane 1[d]	775	7,0	907	0,854	100	13,7
Approach	775	7,0		0,854		13,7
West: Øvre Sandvikveien						
Lane 1[d]	97	5,0	346	0,280	100	14,5
Approach	97	5,0		0,280		14,5
Intersection	2057	6,5		0,854		14,3

FIGUR 97 FORSINKELSE I FASE 3 MED PFF 0,95 OG TRAFIKKTALL FRA 27.1.2016

Figur 97 viser gjennomsnittlig forsinkelse i **fase 3** i rød sirkel. Vi ser at forsinkelsen er størst på fv. 428 Sandvikveien med 26,4 sekunder, gjennomsnittet er 14,3 sekunder for krysset samlet.

Lane Use and Performance						
	Demand Flows Total veh/h	HV %	Cap. veh/h	Deg. Satn v/c	Lane Util. %	Average Delay sec
South: Fv. 44 Hillevågsveien						
Lane 1[d]	653	7,0	1016	0,643	100	4,3
Approach	653	7,0		0,643		4,3
East: Fv. 428 Sandvikveien						
Lane 1[d]	378	5,0	616	0,613	100	13,7
Approach	378	5,0		0,613		13,7
North: Fv. 44 Hillevågsveien						
Lane 1[d]	674	7,0	950	0,709	100	7,1
Approach	674	7,0		0,709		7,1
West: Øvre Sandvikveien						
Lane 1[d]	84	5,0	436	0,193	100	11,9
Approach	84	5,0		0,193		11,9
Intersection	1788	6,5		0,709		7,7

FIGUR 98 FORSINKELSE I FASE 1 MED PFF = 0,95 OG TRAFIKKTALL FRA 27.1.2016

Figur 98 viser gjennomsnittlig forsinkelse i **fase 1** i rød sirkel. Vi ser at forsinkelsen er størst på fv. 428 Sandvikveien med 13,7 sekunder, gjennomsnittet er 7,7 sekunder i krysset.

Beregningene i SIDRA viser at forsinkelsen i krysset i gjennomsnitt er 7,7 sekunder i **fase 1** og 14, 3 sekunder i **fase 3**. I **fase 2** blir gjennomsnittlig forsinkelse i utgangspunktet 10 sekunder pluss en tilleggsforsinkelse tilsvarende «basisforsinkelsen» i krysset. Det gjennomsnittlige forsinkelsen i **fase 2** blir da 10 sekunder + 7,7 sekunder = 17,7 sekunder.

Den gjennomsnittlige, vektede forsinkelsen i krysset blir da:

Fase 1: 49 sekunder (varighet) * 7,7 sekunder (forsinkelse) = 377,3 s^2

Fase 2: 20 sekunder (varighet) * 17,7 sekunder (forsinkelse) = 354 s^2

Fase 3: 88 sekunder (varighet) * 14,3 sekunder (forsinkelse) = 1258 s^2

Dersom man summerer disse tre verdiene og deler på total omløpstid får man gjennomsnittlig vektet forsinkelse i krysset samlet til å bli: 1989,3 s^2/157s = 12,7 sekunder.

Om vi ser på gjennomsnittlig forsinkelse på fv. 44 (begge retninger) blir den:

Fase 1: 49 sekunder (varighet) * 5,7 sekunder (forsinkelse) = 279,3 s^2

Fase 2: 20 sekunder (varighet) * 17,7 sekunder (forsinkelse) = 354 s^2

Fase 3: 88 sekunder (varighet) * 10,8 sekunder (forsinkelse) = 950,4 s^2

Dersom man summerer disse tre verdiene og deler på total omløpstid får man gjennomsnittlig vektet forsinkelse på fv. 44 til å bli: 1588,7 s^2/157s = 10,1 sekunder.

Maksimal kryssbelastning i dette aktuelle krysset blir da i underkant av 1800 kjøretøyer i timen hvorav ca. 665 kjøretøyer i hver hovedretning på fv. 44 Hillevågsveien. Med denne trafikken vil vi etter mine vurderinger få en belastningsgrad på 0,85 på den mest belastede tilfarten og en gjennomsnittlig forsinkelse på fv. 44 på ca. 10 sekunder (begge retninger).

De tre fasene vil avvikles innenfor omløpstiden på 157 sekunder.

Jeg vil understreke at denne kapasitetsvurderingen i stor grad er avhengig av fordelingen av trafikk på de ulike tilfartene og på de ulike svingebevegelsene, slik at disse vurderingene ikke uten videre kan overføres til andre tilsvarende rundkjøringer i Bussveien. Beregningene er videre utført med basis i dagens busstrafikk og vil ikke være gyldige ved annen bussfrekvens.

10.6 Usikkerhet i beregningene

I foregående kapitler har jeg kommet fra til en rekke ulike verdier for kø- og forsinkelse med grunnlag i egne faglige vurderinger, beregninger ved hjelp av formelverk og ut fra modellering og analyser i SIDRA. Det knytter seg alltid en viss grad av usikkerhet rundt resultatene.

Det kan i første rekke knyttes usikkerhet til inngangsverdiene for trafikktall. Vi kjenner også til at bilister har ulike ferdigheter f. eks i forhold til kjøring i rundkjøringer. Dette er ikke vurdert i forhold til standardverdi for *Environment Factor* som ligger inne i SIDRA. Dersom bilister i Stavangerområdet har dårligere ferdigheter eller kjører mer defensivt enn det som er utgangpunktet for modelleringen, kan dette føre til at den reelle avviklingen blir dårligere enn simulert i SIDRA. Den oppgitte tungbilandelen kan vise seg å være feil i forhold til reelle forhold. Dette kan påvirke resultatene i rapporten. Utgangsverdiene for kø- og forsinkelse i SIDRA kan være basert på andre parametre enn de mine skjønnsmessige vurderinger, beregninger og registreringer ute i felten. Dette er bare noen eksempler på usikkerhet.

På grunn av oppgavens omfang, arbeidsmengde har jeg valgt å ikke detaljere usikkerheten i de enkelte resultatene ytterligere, men bare påpeke at resultatene og vurderingene kan være grunnlag for diskusjon.

11 Alternative løsninger

I dette kapitlet vil jeg se på alternative løsninger for krysset basert på en forventning om å kunne avvikle busstrafikken uten forsinkelse samtidig som annen trafikk ikke blir unødig hindret. De alternative løsningene er alle basert på at krysstypen skal være rundkjøring. Først har jeg sett på hvordan fjerning av holdeplassen som ligger mellom innmeldingsdetektoren og krysset vil påvirke trafikkavviklingen. Deretter har jeg sett på en løsning som innebærer fjerning av signalanlegget, uten andre geometriske endringer av krysset. Til slutt ser jeg på tre ulike løsninger som betinger ny geometrisk utforming av rundkjøringen.

Jeg vil påpeke spesielt at mitt hovedfokus i dette kapitlet har vært å komme frem til bedre løsninger for trafikken på fv. 44 Hillevågsveien og i liten grad på fv. 428 Sandvikveien og Øvre Sandvikveien. Løsningene mine viser derfor ikke forslag til forbedringer for sidevegstrafikken.

11.1 Dagens geometriske løsning uten signalanlegg

Vi har tidligere sett at **fase 1** – tradisjonell rundkjøring uten signalanlegg fungerer tilfredsstillende og har en belastningsgrad som ligger på rundt 0,85 i dimensjonerende time. Beregningene i foregående kapitler viser at signalanlegget fører til overbelastning i rundkjøringen, enten man går ut fra dagens verdier for rødtid på 30 sekunder pr. omløp, eller om man går på en minimumsløsning med 20 sekunder rødtid pr. omløp. Med dagens bussfrekvens og ca. 23 anrop i timen vil rundkjøringen teoretisk sett ikke kunne håndtere signalregulering. Dette fører til lange køer og relativt store forsinkelser for kjøretrafikken.

Det er et overordnet mål for Bussveien å skape en forsinkelsesfri hovedåre for kollektivtrafikken mellom de to byene Stavanger og Sandnes (Rogaland fylkeskommune, 2009). I dette ligger det en forventning om at bussen skal føres nærmest uhindret gjennom kryssene på kollektivstrekningen. Slik som kryssløsningene er utformet har bussen en sterk prioritet gjennom de signalregulerte rundkjøringene med eget bussfelt gjennom sentraløya.

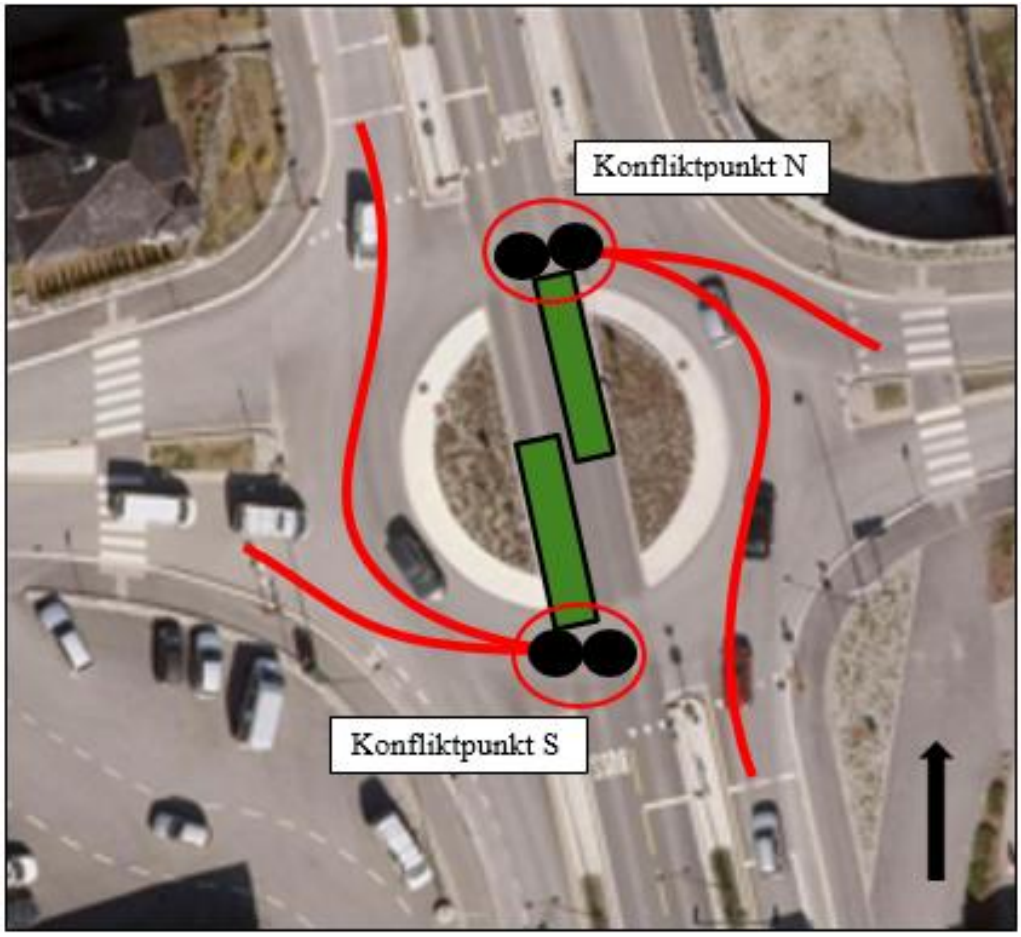
Løsningen har imidlertid flere negative virkninger for annen trafikk. Reguleringen fører etter mine beregninger til relativt store forsinkelser for kjøretrafikken og for de syklende. Det er videre registrert at anslagsvis 10 % av bilistene kjører mot rødt lys. Observasjoner som er gjort i forbindelse med denne oppgaven at indikerer at så mye som halvparten av syklistene sykler mot rødt lys. Jeg har derfor funnet det nærliggende å se på hvordan en kryssløsning med dagens geometri og utforming, men uten signalanlegg, vil fungere for busstrafikken. I dette kapitlet vil

jeg derfor se nærmere på hvordan en ny kryssregulering uten signalanlegg vil påvirke trafikkavviklingskvaliteten for bussen og kjøretrafikken, inklusive de syklende.

Jeg har benyttet SIDRA for å beregne forsinkelse for bussen og for trafikken i rundkjøringen som kommer i konflikt med Bussveien. Vi har tidligere sett at rundkjøringer med kollektivfelt gjennom sentraløya, uten signalanlegg er etablert i Lorient i Frankrike (Frøyland, Ristesund, & Simonsen, 2014).

FIGUR 99 BILDE FRA LORIENT I FRANKRIKE

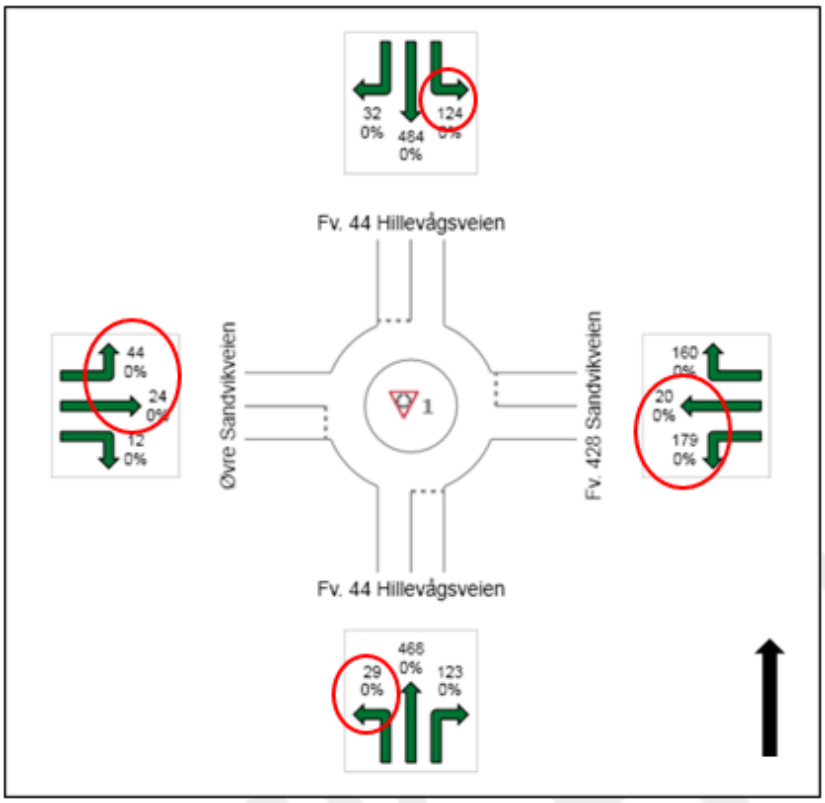
Figur 99 viser rundkjøring med midtstilt kollektivfelt uten signalregulering. Bilen står inne i sirkulasjonsarealet og venter på bussen den har vikeplikt for.



FIGUR 100 KONFLIKTPUNKTER MELLOM BUSS OG BIL

Svingebevegelsene som er i konflikt med Bussveien er venstresvingende på fv. 44 Hillevågsveien i begge retninger samt sidevegstrafikken fra fv. 428 Sandvikveien og Øvre Sandvikveien som skal rett frem eller til venstre. Figur 100 viser de fire konfliktpunktene markert med sorte punkter. Konfliktene vil oppstå inne i sirkulasjonsarealet om man deaktiverer eller fjerner signalanlegget og dermed tillater at konflikterende kjøretrafikk går samtidig med busstrafikken i rundkjøringen.

Jeg har forenklet bildet ved å definere to konfliktpunkter som vist inne i sirkel på figur 97. Det nordlige konfliktpunktet (konfliktpunkt N) oppstår mellom bussen og venstresvingene trafikk i nordgående retning på fv. 44 Hillevågsveien og mellom bussen og rett fram- og venstresvingende trafikk fra øst (fv. 428 Sandvikveien). Det sørlige konfliktpunktet (konfliktpunkt S) er mellom bussen og sørgående venstresvingende trafikk fra fv. 44 Hillevågsveien samt rett fram- og venstresvingende trafikk fra vest (Øvre Sandvikveien). Kjørende inkludert syklister, som skal rett fram eller til høyre på fv. 44 er ikke i konflikt med busstrafikken.



FIGUR 101 KJØRETØYBEVEGELSER SOM ER I KONFLIKT MED BUSSFELTENE

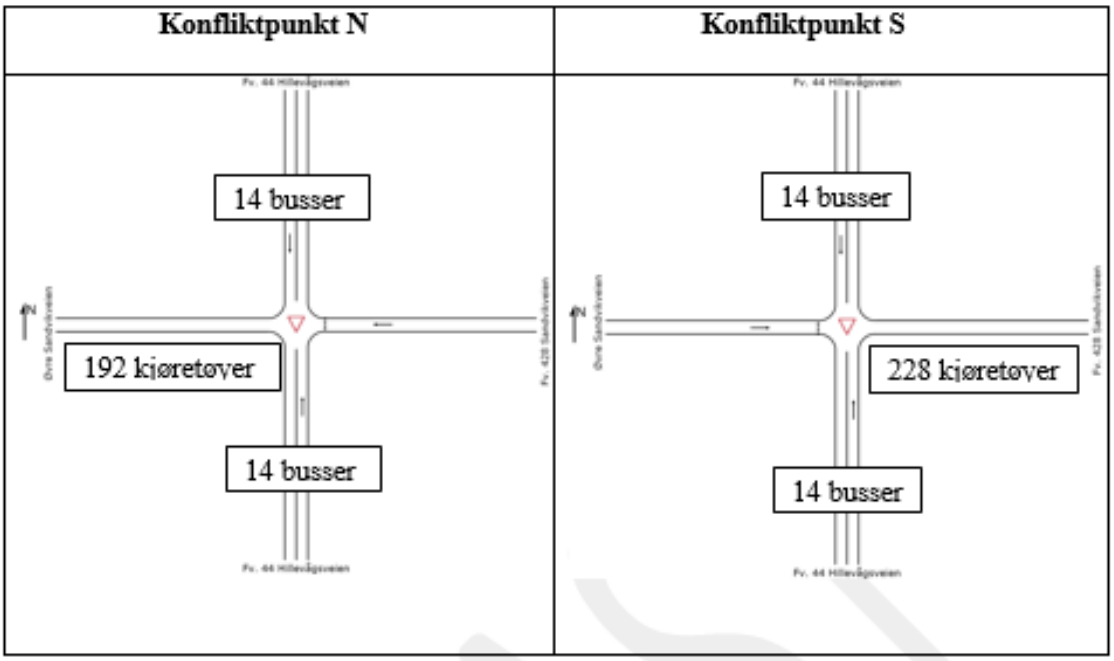
Figur 101 viser svingebevegelsene som er i konflikt med bussfeltene merket med rød sirkel. Trafikkvolumet fra registreringen 27.1.2016 er påtegnet pilsymbolene. Tungbilandelen er fiktivt satt til 0 % da den ikke er registrert spesielt.

	Konfliktpunkt S	Konfliktpunkt N
Fv. 44 mot sør V	124	
Øvre Sandvikveien V	24	
Øvre Sandvikveien RF	44	
Sum	**192**	
Fv. 44 mot nord V		29
Fv. 428 Sandvikveien V		179
Fv. 428 Sandvikveien RF		20
Sum		**228**

TABELL 49 TRAFIKKVOLUM I ANTALL KJØRETØYER (RF = RETT FREM, V = VENSTRE)

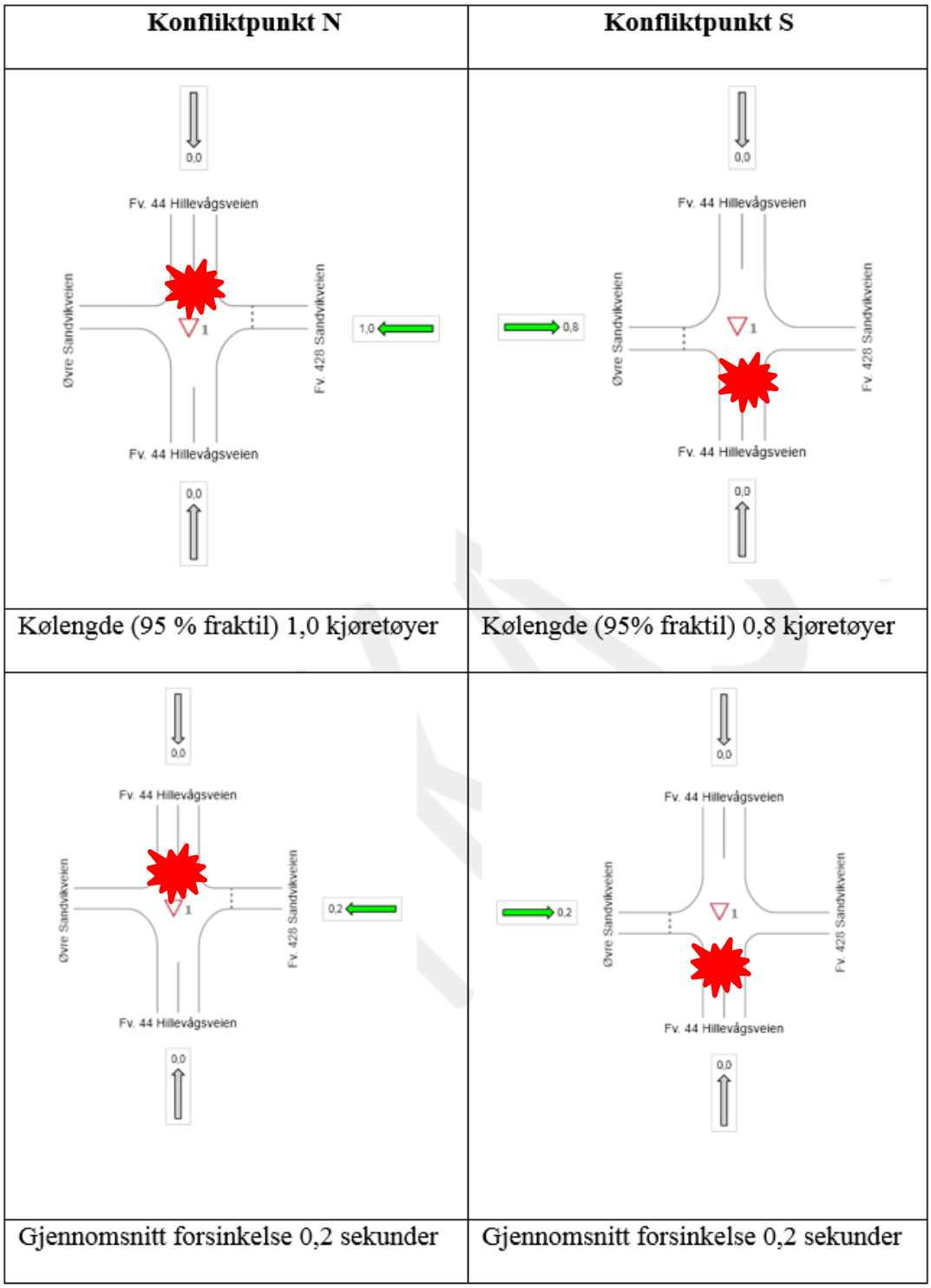
Tabell 49 viser trafikktall for de aktuelle svingebevegelsene basert på trafikkregistreringen som ble gjennomført 27.1.2016 i tidsrommet fra kl. 1515 til 1615 og som senere ble definert som dimensjonerende for beregninger i SIDRA. Vi ser at det ved denne registreringen er det 192 kjøretøyer som passerer konfliktpunktet i sør og 228 konfliktpunktet i nord. Fra tidligere vet vi 28 busser passerer sentraløya samlet i begge retninger i denne timen.

For å finne relevante parametre som forsinkelse og kølengde for trafikken som er konflikt med bussen har jeg valgt i modellere konfliktpunktene i SIDRA som et vikepliktsregulert x-kryss hvor bussfeltene defineres om forkjørsberettiget hovedveg og sidevegen som vikepliktsregulert.



FIGUR 102 KONFLIKTPUNKTENE UTFORMET SOM VIKEPLIKTSREGULERT KRYSS, SIDRA

Figur 102 viser hvordan utformingen av det vikepliktsregulerte krysset fremstår i SIDRA. Den konflikterende trafikken er påført. På Bussveien regnes det med at 14 busser passerer i timen ut fra tidligere registreringer. Vi ser at det er størst trafikk over konfliktpunktet i nord.



FIGUR 103 FORSINKELSE OG KØLENGDER I KONFLIKTPUNKTENE, SIDRA

Fra beregningene i SIDRA har jeg hentet ut verdier for forsinkelse og kølengde i de to konfliktpunktene. Resultatene er vist i figur 103. Vi ser at den gjennomsnittlige forsinkelsen i begge de to konfliktpunktene er 0,2 sekunder fordi trafikkvolumet i bussfeltene er meget lavt. Den gjennomsnittlige forsinkelsen er så liten at den er helt ubetydelig.

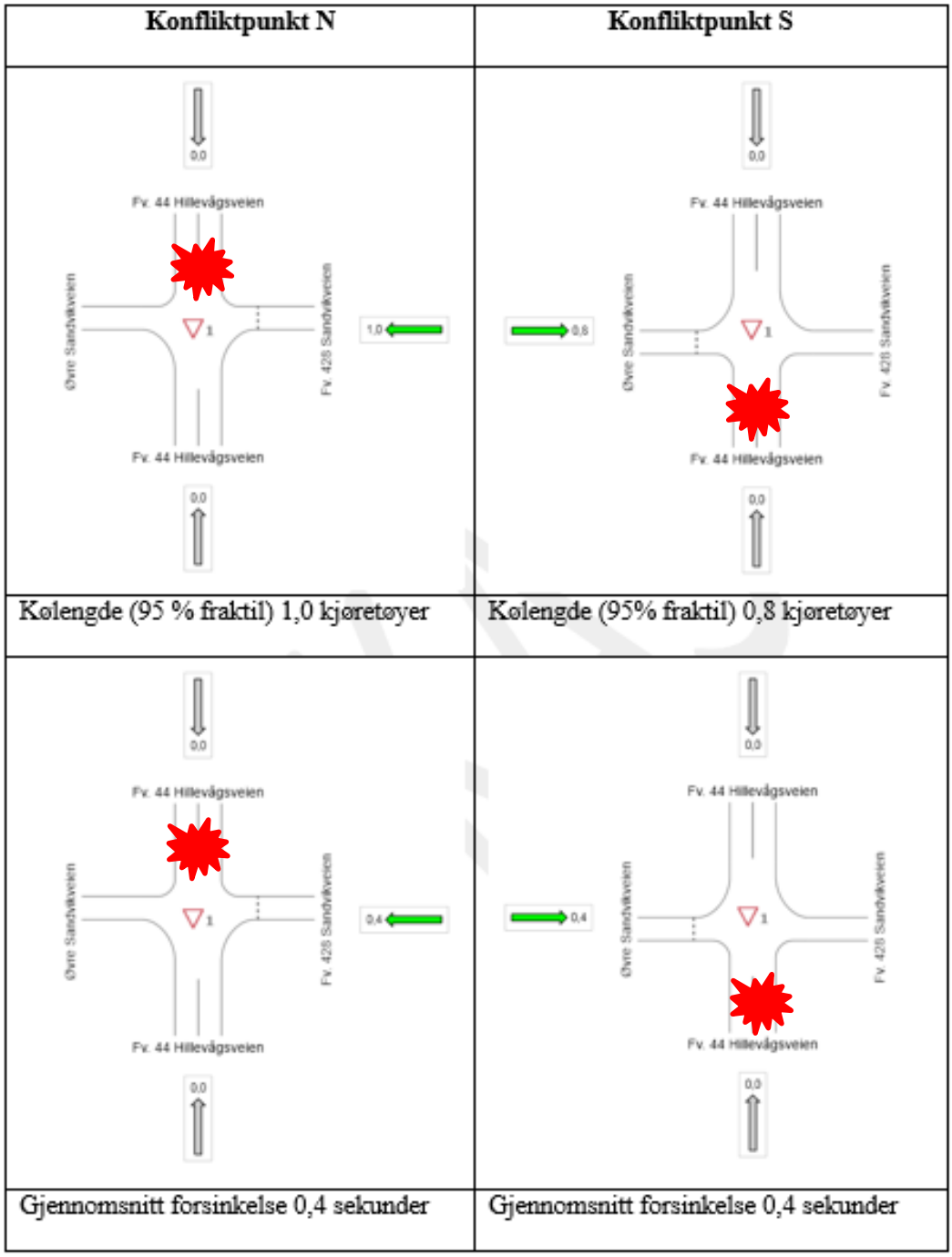
Også verdiene for kølengde (95% fraktil) er svært lave. I konfliktpunkt nord er det i 95 % av dimensjonerende time mindre enn 1,0 kjøretøyer som står og venter på bussen. I konfliktpunkt sør er tallet 0,8 kjøretøyer. Det betyr at det svært sjelden vil stå mer enn ett kjøretøy og vente på bussen inne i rundkjøringens sirkulasjonsareal. I praksis vil vikepliktssituasjonen for bussen oppstå så sjelden at den ikke vil ha nevneverdige virkning på avvikling av annen trafikk i rundkjøringen.

Med dagens bussfrekvens vil en kryssløsning uten signalanlegg sannsynligvis ikke påvirke trafikkavviklingskvaliteten i nevneverdig grad. Krysset vil etter min vurdering fungere som en tradisjonell rundkjøring med trafikkavviklingskvalitet (kølengder og forsinkelse) tilsvarende **fase 1** omtalt i kapittel 9.3.2.

For å finne ut hvor sårbar en kryssløsning uten signalanlegg, men med dagens geometri vil være med økende bussfrekvens, har jeg gjort en ny modellering i SIDRA med en tenkt fordobling av bussfrekvensen fra dagens 28 busser i dimensjonerende time til 56 busser i timen.

Jeg økte ikke trafikkvolumene for kjøretrafikken i denne beregningen.

Resultatene fra beregningene i SIDRA vises på figur 104 på neste side.



FIGUR 104 FORSINKELSE OG KØLENGDE I KONFLIKTPUNKTENE - DOBLET BUSSFREKVENS

Figur 104 viser verdiene for forsinkelse og kølengde ved en fordobling av bussfrekvensen fra 14 til 28 busser i dimensjonerende time. Beregningene i SIDRA viser at den gjennomsnittlige forsinkelsen i de to konfliktpunktene er 0,4 sekunder og fortsatt helt ubetydelig. Også verdiene for kølengde (95% fraktil) er svært lave, selv med doblet bussfrekvens. I konfliktpunkt sør er det i 95 % av dimensjonerende time mindre enn 0,8 kjøretøyer som står og venter på bussen mens det i konfliktpunkt nord i 95% av tiden er mindre enn 1,0 kjøretøy som venter på bussen.

Med doblet bussfrekvens vil en kryssløsning uten signalanlegg fortsatt ikke påvirke trafikkavviklingskvaliteten i nevneverdig grad. En kryssløsning med midtstilt kollektivfelt gjennom sentraløya, uten signalregulering vil etter min vurdering håndtere en økning i bussfrekvensen på 100 % uten at kjøretrafikken ble nevneverdig skadelidende. Kølengdene ble beregnet til de samme som ved dagens bussfrekvens, mens gjennomsnittlig forsinkelse økte med 0,2 sekunder til 0,4 sekunder for konflikterende trafikk.

Etter min vurdering vil krysset med dagens trafikkbelasting fungere avviklingsmessig bra uten signalanlegg både for busstrafikken og kjøretrafikken (inklusive sykkeltrafikken). Det vil bare i svært sjeldne tilfeller oppstå situasjoner hvor kjøretøyer som skal kryss konfliktpunktene, vil hindre annen trafikk når de venter inne i sirkulasjonsarealet fordi de har vikeplikt for bussen.

Jeg har i denne oppgaven ikke hatt som intensjon å gjøre en trafikksikketsmessig vurdering av denne løsningen, men vil likevel påpeke at løsningen kan være trafikksikkerhetsmessig uheldig, om man ikke iverksetter avbøtende tiltak både for kjøretrafikken og busstrafikken. Spesielt vil syklister være såbare i konflikt med buss. Slike tiltak avbøtede tiltak kan være:

- Skilting
- Oppmerking
- Fysiske fartsdempende tiltak
- Tekniske løsninger som f. eks et forenklet signalregulering inne i rundkjøringen.

Nedenfor har jeg sett på noen eksemper på trafikksikkehetstiltak i tilsvarende kryssløsninger.

FIGUR 105 DETALJ FRA NANTES I FRANKRIKE (MAPS.GOOGLE.COM, 2015)

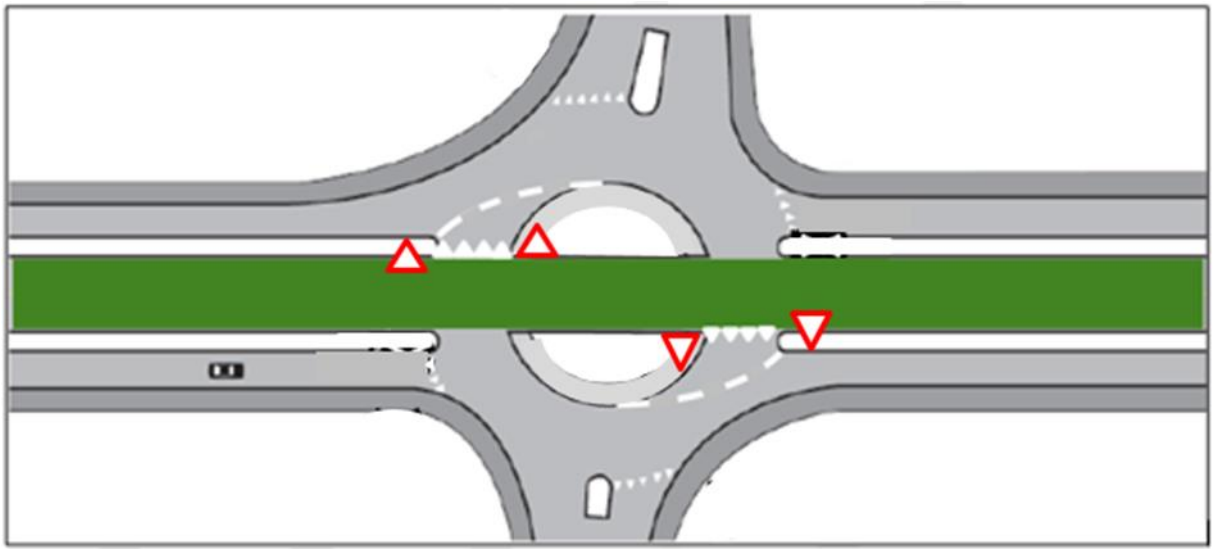
Som beskrevet lenger fremme i denne rapporten har byen Nantes i Frankrike flere rundkjøringer med signalregulering og bussfelt gjennom sentraløya etter lignende prinsipp som Stavanger. Kjørende som kommer i konflikt med busstrafikken må stanse for signal inne i rundkjøringen. Figur 105 viser hvordan der er det benyttet et lysere asfaltdekke i sirkulasjonsarealet, eventuelt maling for å markere bussfeltene på en tydelig måte. Her er det ikke brukt lysere dekke i selve bussfeltene, men bare i sirkulasjonsarealet.

FIGUR 106 LORIENT (NANTES) I FRANKRIKE (MAPS.GOOGLE.COM, 2015)

I Lorient i Frankrike er det som vist på figur 106 etablert rundkjøringer med midtstilte bussfelt uten signalregulering. Der har de løst markeringen av konfliktpunktet ved å benytte asfaltdekke med en rødbrun farge på bussfeltene på hele strekningen og ikke bare inne i rundkjøringen. I begge de franske løsningene er det oppmerket vikelinje/stopplinje foran bussfeltene og vikepliktskilt på begge sider av konfliktpunktet.

Det anbefales i rapporten «Rundkjøringer og kollektivtrafikkens fremkommelighet» (Giæver & Tveit, 2006) å benytte belegg med annen farge/utforming, eksempelvis brostein i kollektivfeltene gjennom rundkjøringer med midtstilt kollektivfelt.

Min erfaring er at det kan være glatt for syklister som skal svinge på våt brostein.



FIGUR 107 RUNDKJØRING UTEN SIGNALANLEGG

Figur 107 viser mitt forslag til oppmerking og skilting med utgangspunkt i dagens geometriske løsning. Det kan benyttes f. eks grønt belegg som markerer bussfeltene på en tydelig måte basert på løsningene som ble funnet i Lorient og Nantes i Frankrike.

Tradisjonelle vikepliktslinjer er merket opp foran bussfeltene. For å lede rett fram trafikken bak en eventuell ventende bil ved vikepliktslinjen før bussfeltene, foreslår jeg å merke en hvit ledelinje som vist på figuren. Det bør i tillegg settes opp vikepliktsskilter på begge sider av vikelinjen for å tydeliggjøre vikepliktsforholdet.

I tillegg bør det etter min vurdering gjøres konkrete tiltak for å dempe hastigheten på bussen gjennom rundkjøringen. Jeg har ikke funnet eksempler på fysiske fartsdempende tiltak for bussen i litteratursøket fremme i rapporten. I Lorient i Frankrike er det skiltet 30 km/t på strekningen som har rundkjøringer uten signalregulering med kollektivfelt gjennom sentraløya. Jeg har ikke funnet eksempler på slike løsninger som har høyere fartsgrense og vil derfor anbefale at fartsgrensen settes ned til 30 km/t gjennom rundkjøringen.

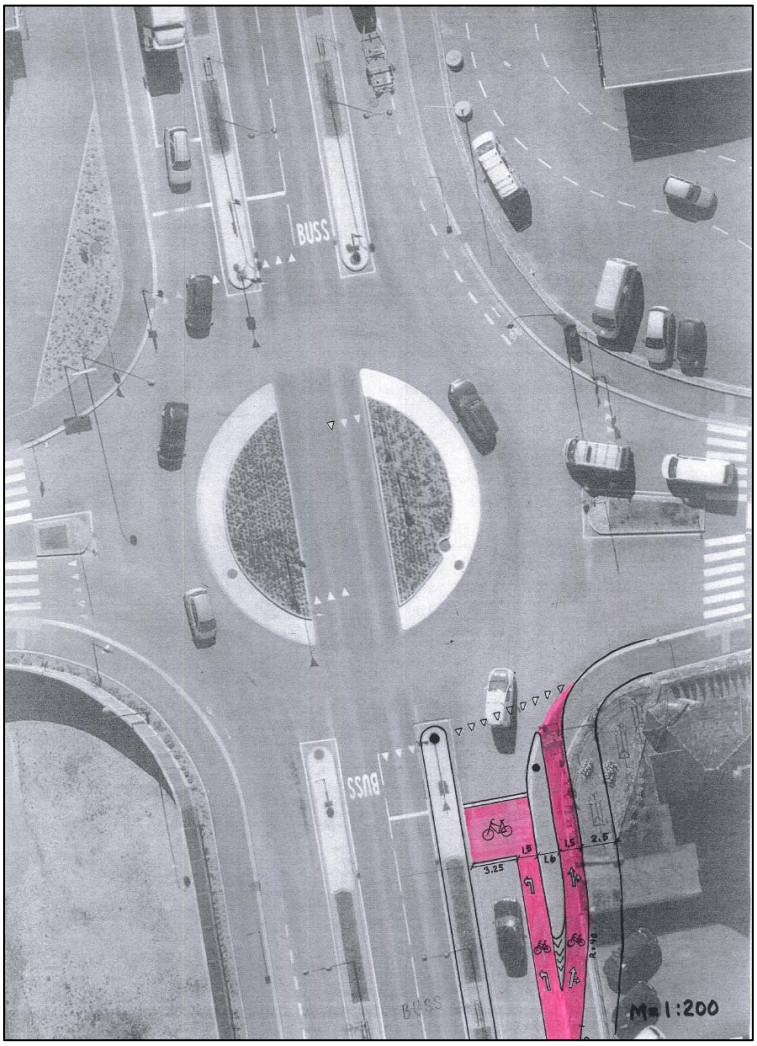
Ytterligere tiltak for å bedre trafikksikkerheten i krysset kan være å opprettholde tolys-signalanlegget for bussfeltene for å regulere hastigheten på bussen inn mot rundkjøringen.

Utover dette anbefaler jeg at det gjøres en grundig trafikksikkerhetsvurdering av kryssløsningen. Jeg anbefaler også at det deretter utføres et fullskalaforsøk av løsningen med trafikksikkerhet som hovedfokus - før det tas stilling til om den skal settes i verk.

11.2 Ny geometrisk løsning for syklende

Vi har tidligere i rapporten sett at forsinkelsene er store i fase 2 for syklistene som ifølge trafikkreglene må vente på grønt lys («svart») nå bussen passerer. Rødtiden er ca. 30 sekunder i gjennomsnitt hver gang bussen passerer. Dette er påpekt som en uheldig løsning (Ytreland, 2015). Registreringer i denne rapporten indikerer at det er en relativt stor ande

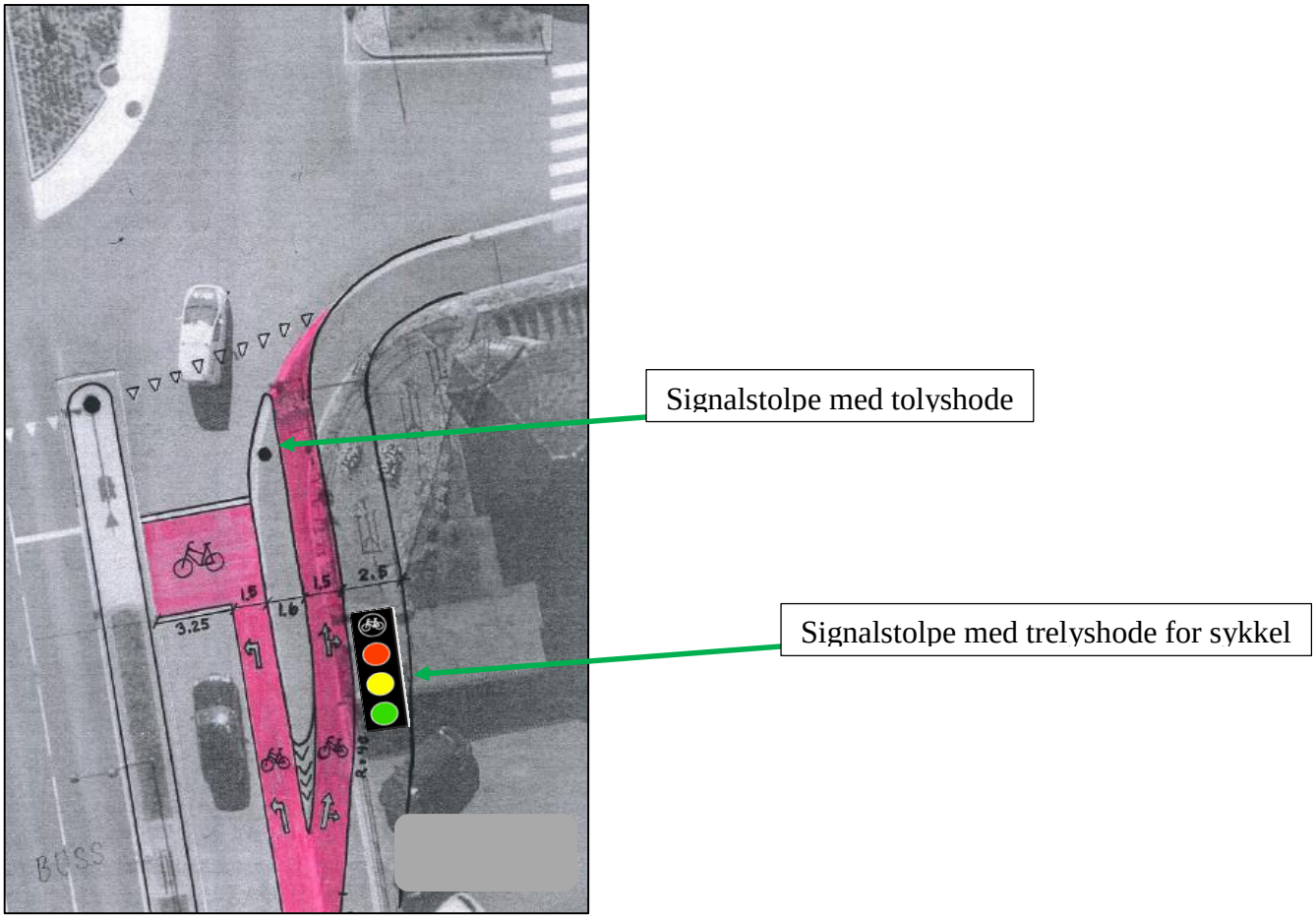
l syklister, kanskje 50% som sykler mot rødt lys. For å bedre avviklingen for syklistene bør det etter min vurdering etableres en geometrisk løsning som tillater syklistene som skal rett fram på fv. 44 parallelt med Bussveien å fortsette inn mot- og gjennom rundkjøringen eget sykkelfelt som ikke er regulert med signallys.



FIGUR 108 SYKKELPRIORITERING (EGEN SKISSE)

Figur 108 viser forslag til løsning for syklistene. Det eksisterende sykkelfeltet splittes ca. 20 til 25 meter før rundkjøringen til to sykkelfelt, ett nytt for syklende som skal rett fram og til høyre

parallelt med det eksisterende sykkelfeltet for syklende som skal svinge til venstre i rundkjøringen. Det bør etableres en fysisk kansteinsrabatt mellom de to sykkelfeltene.



FIGUR 109 SYKKELPRIORITERING DETALJER (EGEN SKISSE)

Som figur 109 viser foreslår jeg at eksisterende signalstolpe plasseres på rabatten mellom de to sykkelfeltene. Syklende som skal sykle rett fram har da ingen signalstolpe til høyre for seg og skal etter regelverket forholde seg til rundkjøringen på tradisjonell måte.

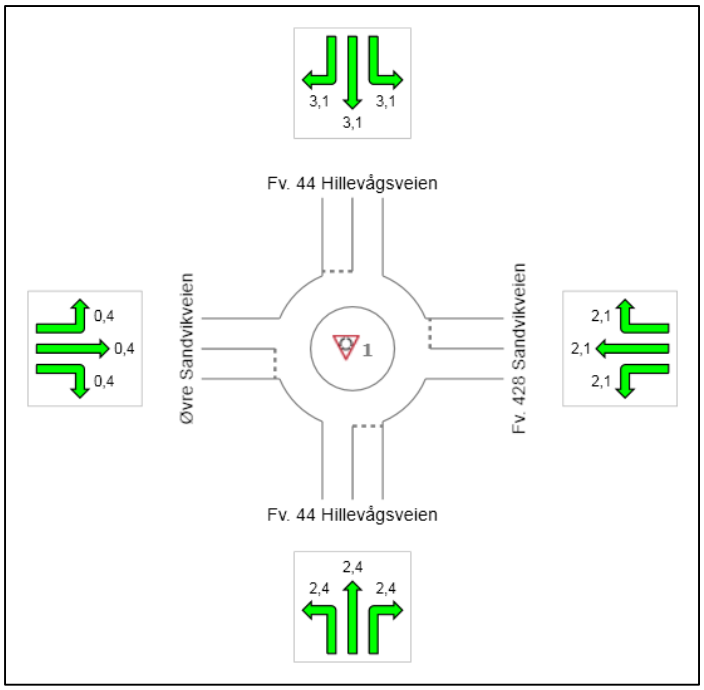
Det kan tenkes at enkelte syklister vil misforstå signalanlegget og likevel stanse for rødt lys. Alternativt kan det derfor settes opp en signalstolpe med trelys-hode for sykkel som alltid lyser grønt, like etter at sykkelfeltene et splittet, som vist på figur 107. Den vil signalisere at det er tillatt å passere for syklistene.

Denne geometriske løsningen vil etter min vurdering føre til store forbedringer for syklistene med hensyn til forsinkelse, men ikke utgjøre noen endring for kjøretrafikken ellers. Den kan slik jeg ser det, etableres uten å endre på geometrien på sidevegene og er derfor relativt begrenset i arealbehov utover dagens geometriske løsning.

11.3 Ny geometrisk løsning for bil og sykkel

Kjøretrafikken opplever også forsinkelser som følge av bussprioriteringen i rundkjøringen. Vi har tidligere i rapporten sett at forsinkelsene for kjøretrafikken er betydelig større i denne typen rundkjøringer enn tradisjonelt utformede rundkjøringer. I kapittel 11.2 i denne rapporten har jeg sett på ofte en konfliktsituasjon mellom kjøretrafikk som krysser bussfeltene og bussen oppstår og kommet fram til at et «ventefelt» inne i rundkjøringen ikke trenger å romme mer enn en til to ventende biler. Dette gjelder riktignok for rundkjøringer med midtstilt bussfelt uten signalanlegg.

Med et signalanlegg vil lengden på dette ventefeltet /venstresvingefeltet økes noe på grunn av allrødtiden i signalanlegget som blant annet skal sikre at rundkjøringen skal tømmes for kjøretøyer før bussen kommer. Gjennomsnittlig rødtid for kjørende er slik som signalanlegget fungerer i dag ca. 20 sekunder (uten holdeplass). På denne tiden vil det ifølge beregninger i SIDRA stilles opp gjennomsnittlig ca. 4 kjøretøyer med dagens trafikkbelastning – se tabell 42. I tillegg kommer, slik jeg ser det, «basiskøen» inn mot rundkjøringen (figur 85) som er 3,1 kjøretøyer i fv. 44 retning sør og 2,4 kjøretøyer på fv. 44 i retning nord i gjennomsnitt som vist på figur 110 under.

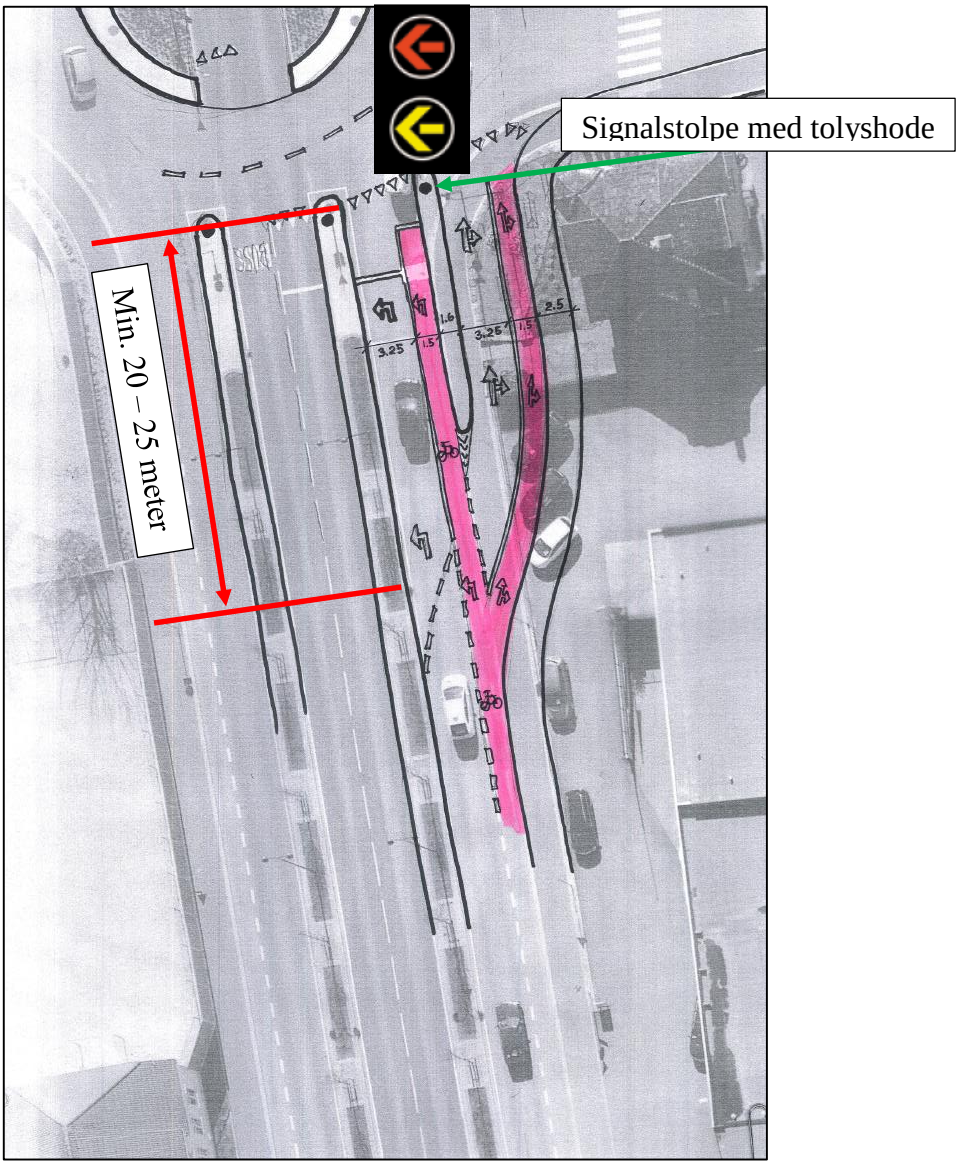


FIGUR 110 AVERAGE VEHICLE QUEUE, SIDRA

Dersom en regner med at ca. 20 % av kjøretøyene svinger til venstre fra fv. 44 i retning sør, som er dimensjonerende svingebevegelse, vil jeg ut fra en grov vurdering anta at det i

normalsituasjonen er tilstrekkelig å ha et venstresvingefelt som er dimensjonert for to til fire kjøretøyer. Dimensjonerende købelegg pr. kjøretøy er 7,4 meter (kap. 10.3.3).

Ut fra dette vil jeg anta et venstresvingefeltet bør ha en minimumslengde på min. 20 - 25 meter.



FIGUR 111 BIL OG SYKKELPRIORITERING (EGEN SKISSE)

Figur 111 viser geometrisk løsning med venstresvingefelt for biler og eget sykkelfelt for de som skal til venstre. De som kjører eller sykler rett fram eller til høye innbefattes ikke av signalanlegget. Denne løsningen vil etter min vurdering gi en betydelig fremkommelighetsgevinst for biltrafikken og de syklende uten at busstrafikken blir skadelidende. Venstresvingende blir regulert med et tolysanlegg med pilsymboler. Jeg har ikke sett på løsningene for sidevegene, men ser for meg at de kan utformes som i dag.

11.4 Ny geometrisk løsning – signalanlegg inne i rundkjøringen

Vi har tidligere i rapporten sett at det er etablert rundkjøringer med kollektivfelt gjennom sentraløya hvor man regulerer venstresvingende trafikk som kan komme i konflikt med trikk, sporvogn eller buss med egne signalstolper inne i rundkjøringen. Slike løsninger finnes blant annet i Frankrike (Frøyland, Ristesund, & Simonsen, 2014), Sverige (Sørensen, M.W., Loftsgarden, T., 2010) og Tyskland (Brilon, 2014).

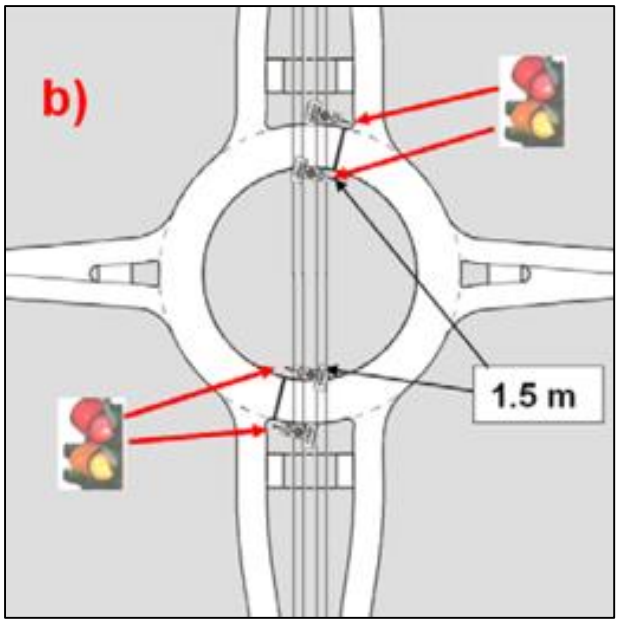
Denne typen regulering vil tillate at kjøretrafikken som skal rett fram eller til høyre i rundkjøringen kan kjøre samtidig med bussen, på samme måte som syklistene prioriteres i forslaget i det foregående kapitlet. Slikt sett vil denne løsningen gi en fremkommelighetsgevinst for kjøretrafikken, sannsynligvis uten at bussen blir mer forstyrret enn i løsningen vi har etablert i Stavanger og Sandnes.

Illustrasjoner og bilder i litteraturen som er beskrevet innledningsvis i denne rapporten, viser at slike rundkjøringer, med noen få unntak, er større enn Bussveien sin modell. Jeg har ikke funnet at det er oppgitt størrelse på sentraløya på løsningene i rapportene fra Sverige eller Frankrike, men anslår ut fra måling på kart (maps.google.com, 2015) at ytre diameter er ca. 45 meter i rundkjøringen i Gøteborg i Sverige (Sørensen, M.W., Loftsgarden, T., 2010).

To utvalgte rundkjøringer med midtstilt kollektivfelt på Boulevard de Berlin i Nantes i Frankrike har etter måling på kart (maps.google.com, 2015) en antatt ytre diameter på henholdsvis ca. 45 meter og ca. 32 meter. Det understrekes at målingene er unøyaktige.

Den tyske «State of Art» (Brilon, 2014) anbefaler en minste ytre diameter på 55 meter som forutsetning for at signalanlegget skal plasseres inne i rundkjøringens sirkulasjonsareal, men gjelder i første rekke for rundkjøringer med sporvogn gjennom sentraløya.

I Bussveien sine rundkjøringer er ytre diameter ca. 35 meter og dermed ca. 20 meter mindre enn minimum anbefalte ytre diameter i Tyskland, 10 meter under antatt ytre diameter i rundkjøringen ved Norra Älvstranden i Gøteborg, men omtrent lik den minste rundkjøringen på Boulevard de Berlin i Nantes som har en ytre diameter på anslagsvis 32 meter.

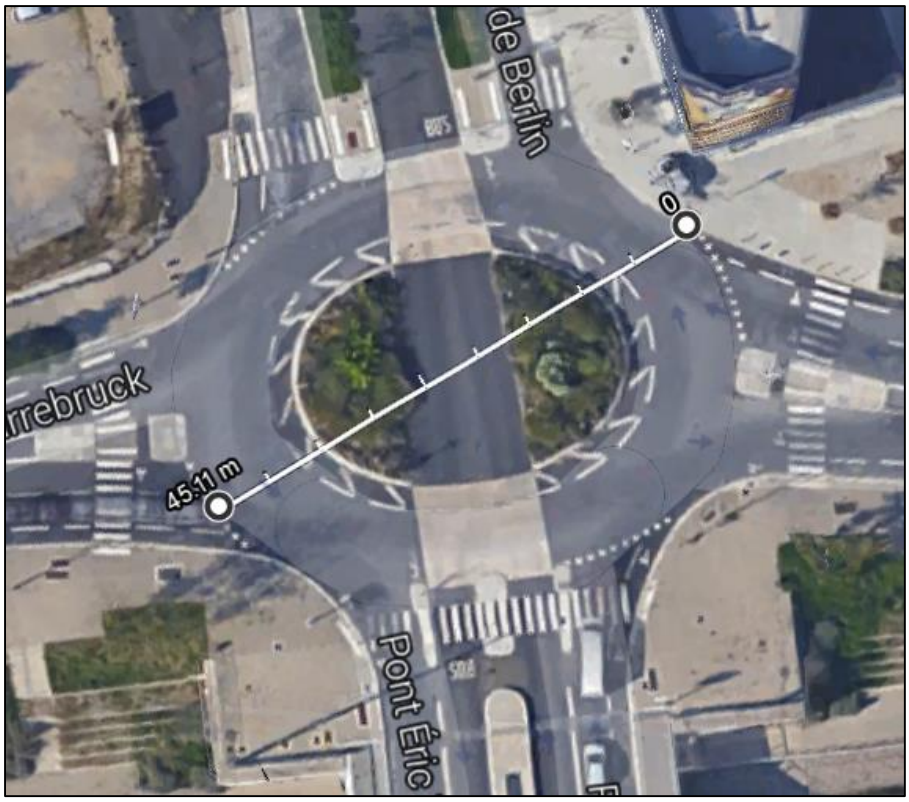


FIGUR 112 SIGNALREGULERT RUNDKJØRING - EKSEMPEL FRA TYSKLAND

Figur 112 viser et eksempel på signalregulert rundkjøring fra Tyskland med to-lyshoder plassert inne i sirkulasjonsarealet (Brilon, 2014). Signalanlegget aktiveres av sporvognen som kjører over sentraløya i rundkjøringen. Vi ser at det ikke er etablert egen oppstillingsplass for kjørende som venter på grønt lys («svart»), men at de venter inne i sirkulasjonsarealet. Det anbefales at ytre diameter er på minimum 55 meter.

FIGUR 113 YTRE DIAMETER CA. 32 METER. NANTES I FRANKRIKE

Figur 113 viser den minste rundkjøringen av de to eksemplene jeg har hentet fra Nantes. Rundkjøringen har en ytre diameter på ca. 32 meter målt på kart (maps.google.com, 2015).



FIGUR 114 YTRE DIAMETER CA. 45 METER, NANTES I FRANKRIKE

Figur 114 viser at ytre diameter i denne litt ovale rundkjøringen i Nantes har en ytre diameter på ca. 45 meter målt på kart (maps.google.com, 2015).

Dersom man sammenfatter disse eksemplene ser vi at det som hovedregel legges opp til en noe større ytre diameter. Jeg har ikke funnet begrunnelse for utformingen, men kan bare anta at det kan skyldes en generell tradisjon for å bygge større rundkjøringer i europeiske land, og at siktforholdene til signallyset blir bedre med større rundkjøring ved at kjøretøyet rettes mer vinkelrett inn mot de kryssende kollektivfeltene.

Min anbefaling er som det fjerde alternativ å etablere de nye rundkjøringene med en ytre diameter som er noe større en eksisterende rundkjøringer på Bussveien og med signalanlegget plassert inne i sirkulasjonsarealet som vist blant annet på figur 112. Ut fra eksemplene i dette kapitlet anbefaler jeg at den ytre diameter settes til min. 45 meter og at det tilstrebes å ha denne størst mulig utover dette.

12 Oppsummering av resultatene

Signalregulerte rundkjøringer som etablert på fv. 44 i Hillevåg, Stavanger gir en bra prioritering av bussen. Dersom bussen kjører med en hastighet rundt fartsgrensen (40 km/t) vil forsinkelsen slik jeg ser det, være marginal. Observasjoner viser at bussene i stor grad kan passere rundkjøringen uten å stanse eller senke hastigheten utover mindre justeringer.

For sykkeltrafikken fungerer rundkjøringen ikke så bra. Trafikkreglene pålegger syklistene vikeplikt for rødt lys på lik linje med bilistene. Registreringene tyder på at inntil 50 % av syklistene sykler i strid med lyssignalet. For bilistene er situasjonen i noen grad den samme som for syklistene. Registreringer indikerer at ca. 10 % kjører mot rødt lys på fv. 44 Hillevågsveien. Fra sidevegene tyder registreringer på at rødlyskjøringen er noe mer utbredt.

Passeringen av holdeplassen sør for rundkjøringen forsterker problemet for bilister og syklister. En passerende buss fra nord mot sør genererer ca. 20 sekunder rødt lys for kjøretrafikken, herunder syklister. Bussene som kjører fra sør mot nord på fv. 44 genererer i gjennomsnitt en rødtid på ca. 40 sekunder på grunn av holdeplassen. Gjennomsnittlig generer bussen ca. 30 sekunder rødtid. Med den registrerte trafikkbelastningen i rundkjøringen og med 28 busser i bussfeltene i makstimen, se det ut til å være svært liten reservekapasitet i rundkjøringen.

Dersom en forutsetter at trafikkbelastningen er jevnt fordelt i maksitimen, vil jeg anslå, ut fra en teoretisk betraktning, at trafikkmengden i kjørefeltene maksimalt kan økes med 5% før vi får en uakseptabelt stor belastning i rundkjøringen. Den kan da teoretisk avvikle ca. 1800 kjøretøyer i timen, gitt dagens fordeling av kjøretøyer på tilfartene.

Dersom vi tenker oss krysset utformet og regulert som en vanlig rundkjøring vil den gjennomsnittlige forsinkelsen ifølge beregninger i SIDRA være 11,4 sekunder på fv. 44 Hillevågsveien (begge retninger). Med signalregulering er tallene annerledes.

I dimensjonerende time viser beregningsresultatene at kjørende og syklende på fv. 44 blir påført en gjennomsnittlig tilleggsforsinkelse på omtrent 27 sekunder som følge av signalreguleringen av rundkjøringen. Denne tilleggsforsinkelsen vil etter mine vurderinger blitt redusert til rundt14 sekunder om man ikke hadde etablert holdeplassen like sør for krysset.

Mine registreringer viser at trafikkbelastningen i denne konkrete rundkjøringen varierer relativt mye i dimensjonerende time. Rundkjøringen vil tidvis ha en trafikkbelastning opp mot- og over kapasitetsgrensen. Dette gjelder i første rekke når signalanlegget er lenge rødt samtidig som

trafikkbelastningen er på det høyeste. Mine observasjoner viser at køene tidvis kan strekke seg min. 450 meter i nordlig retning og min. 250 meter i sørlig retning på fv. 44 Hillevågsveien.

Under disse topp – punktene, som opptrer rundt fire ganger i timen, påføres enkelte bilister en forsinkelse på opp mot 160 sekunder over en strekning på ca. 600 meter som innbefatter rundkjøringen.

Gjennomsnittlig kølengde er observert til rundt 100 meter i hver retning mens beregninger i basert på SIDRA gir et resultat på om lag 125 meter gjennomsnittlig kølengde på fv. 44.

Registreringer og observasjoner ute i felten indikerer at den gjennomsnittlige forsinkelsen for bilistene i makstimen er omlag 50 sekunder på fv. 44 (begge retninger). Beregninger av dagens situasjon, utført ved hjelp av SIDRA viser en gjennomsnittlig forsinkelse på opp mot 40 sekunder for trafikken på fv. 44.

Dersom gjennomsnittlig rødtiden settes til 20 sekunder (ser bort fra holdeplassen), tyder resultatene på at belastningen, forsinkelsen og kølengdene reduseres merkbart.

For øvrig viser min beregninger at selv med en løsning uten holdeplass, vil rundkjøringen ha en trafikkbelastning som ligger opp mot kapasitetsgrensen med dagens busstrafikk og fordeling av trafikk på tilfartene.

Jeg anbefaler derfor at fremtidige rundkjøringer med midtstilt bussfelt utformes på en annen måte slik at kjøretrafikken, inklusive de syklende, ikke blir unødig hindret eller forstyrret.

Den prioriterte anbefalingen i denne rapporten er å etablere eget kjørefelt og sykkelfelt for kjørende og syklende på hovedvegen (fv. 44 Hillevågsveien) som skal rett fram eller til høyre.

Som valg nummer to foreslår jeg å kun etablere et eget sykkelfelt for syklende rett fram og til høyre på hovedvegen, men å sløyfe eget felt for biltrafikken.

Som tredjeprioritet foreslår jeg å utvide sentraløya og sirkulasjonsarealet og etablere signalanlegg inne i sirkulasjonsarealet foran de kryssende bussfeltene.

Min lavest rangerte løsning er beholde dagens geometri, men ta bort signalanlegget og etablere vikeplikt for kjørende som krysser bussfeltene inne i sentraløya i kombinasjon med vikepliktsskilting og forsterket oppmerking.

Referanseliste

(2015, 12 7). Hentet fra maps.google.com: www.google.no

(2015b, November 9). Hentet fra Statens vegvesen: http://intranett.vegvesen.no/Etat/Veg/Veg-+og+trafikkdata/Trafikkdata/Registreringsutstyr/motork%C3%B8yret%C3%B8y/datarec-loop-monitor

Aakre, A. (2010, Mars). *Trafikkavvikling i veg- og gatekryss.* Hentet fra www.trafikk.info: http://www.trafikk.info/evu_vpl_bgo_2010/Kryss-F3-3-Trafikkavvikling%20i%20kryss%20(AAA).pdf

Aakre, A. (2016, Februar). Trafikk signals - part 2, Timing, control and quality of traffic flow. (s. 50). Trondheim: NTNU, Norges teknisk - naturvitenskapelige universitet.

Aakre, A. (2016, Februar 11). Veiledningssamtale. Stavanger.

Aakre, E. H. (2012). *Evaluering av kvalitet på trafikkdata* . Trondheim: NTNU, Norges teknisk-naturvitenskaplige institutt.

Akcelik & Associates. (2015). *SIDRA INTERSECTION 6.1 USER GUIDE.* Greythorn, Australia.

Akcelik, R. (2006). Operating cost, fuel consumption and pollutant emission savings at a roundabout with metering signals . *ARRB 22nd Conference*, (s. 13). Canberra.

Archer, J., & Cunningham, A. (2005). *Mikrosimuleringsuppdrag - Handledning för nöyda beställare och utförare.* Stockholm: Trafikkontoret Stocholms Stad.

Bjørnskau, T. (2006). *Sykling mot rødt - omfang og årsaker.* Oslo: Transportøkonomisk institutt (TØI) rapport nr. 821/2006.

Blakstad, F. (1988). *Trafikkteknikk.* Trondheim: NTH Institutt for samferdselsteknikk.

Brilon, W. (2014). Roundabouts: a State of the Art in Germany. (s. 16). Seattle, USA: Ruhr-University Bochum /Institute for Transportation and Traffic Engineering .

Forus Næringspark. (2015, 10 15). Hentet fra www.forusnaeringspark.no

(2007). *Fredvik, J; Weum A.J.* . Stavanger: Statens vegvesen Region vest.

Fremo, S. W. (2011). *Superbusstrase i Trondheim, rapport nr. 414416/01.* Trondheim: Multiconsult AS.

Frøyland, P., Ristesund, Ø., & Simonsen, S. (2014). *Superbusskonsept og midtstilt kollektivfelt.* Oslo: Statens vegvesen.

Fyhri, A., Bjørnskau, T., & Sørensen, M. W. (2012). *Krig og fred - En spørreundersøkelse om samspill og konflikter mellom biler og sykler* . Oslo: Transportøkonomsik institutt (TØI) rapport nr. 1246/2012 .

Giæver, T., & Tveit, Ø. M. (2006). *Rundkjøringer og kollektivtrafikkens fremkommelighet.* Trondheim: SINTEF Teknologi og samfunn.

Halvorsen, B. (2012). *Utredning om framkommelighet for kollektivtrafikken.* Trondheim: Asplan Viak AS.

Haugen, T. (2013, Oktober). Kapasitet og avvikling i ikke-signalregulerte kryss. *Kompendium del 2 Trafikkteknikk i kurs BA 6058 Trafikkteknikk og trafikksikkerhet*. Trondheim: NTNU Norsk teknisk-naturvitenskapelige universitet .

Hestenes, I. (2015). *Midstilte kollektvfelt i Stavanger, en vurdering av kapasitet, trafikksikkehet og brukervennlighet.* Trondheim: NTNU, Norges teknisk-naturvitenskaplige universitet.

Kvambe, E., Lovisendal, J. P., & Spørck, J. (2009). *Hvilken betydning har kollektivfelt ført i gjennom sentraløy i rundkjøring i forhold til sikkerhet og fremkommelighet.* Oslo.

Little, J. D. (2011). *Little`s Law as Viewed on Its 50th Anniversary.* Cambridge, Massachusetts: Operations Research.

Missouri Department of Transportation . (2015, 12 29). Hentet fra https://webtest.modot.mo.gov/stlouis/index.htm

Myre, H. K. (2010). *Masteroppgave: Praktisk uttesting av SIDRA for å vurdere kapasitets- og avviklingsforhold i rundkjøringer.* Trondheim: NTNU Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet.

Nordisk Vegforbund. (2012). *ITS terminilogi.*

Rogaland fylkeskommune. (2009). *Konseptvalgutredning for Jæren.* Stavanger.

Røyland, B. K. (2014). Bus Priority in Roundabouts Stavanger - Sandnes. Stockholm.

Samferdselsdepartementet. (2009). *Nasjonal transportplan* . Oslo: Samferdselsdepartementet.

Siedler, C., & Ruud, A. (2012). *Erfaringer med Bus Rapid Transit og bussprioritering gjennom rundkjøring, Notat 43/2012.* Oslo: Urbanet Analyse.

Spørck, I. A. (2013). *Masteroppgave: Litteratursøk om prioritet for kollektiv- og tungtrafikk.* Trondheim: NTNU.

Statens vegvesen. (2010, Mai 6). Byggeplan. *Signalskjema 1103-048 M101*. Stavanger.

Statens vegvesen. (2014a). *Håndbok N100 Veg og gateutforming.* Oslo: Vegdirektoratet.

Statens vegvesen. (2014b). *Håndbok V 714 Veileder i trafikkdata s. 109 - 11*. Oslo: Vegdirektoratet.

Statens vegvesen. (2014c). *Håndbok V123 Kollektivhåndboka.* Oslo: Vegdirektoratet.

Statens vegvesen. (2014d, oktober 27). Hentet fra www.vegvesen.no: http://www.vegvesen.no/_attachment/62356/binary/1066837?fast_title=Rogaland%2C+%C3%A5rs-+og+m%C3%A5nedsd%C3%B8gntrafikk.pdf

Statens vegvesen. (2015 , 10 27). GISLINE. Region vest. Hentet fra Internweb.

Statens vegvesen. (2015a, 11 10). Hentet fra www.vegvesen.no.

Stein Johannessen. (1975). *Trafikkavvikling i forkjørsregulerte kryss - publikasjon nr. 2.* Trondheim: NTH Institutt for samferdselsteknikk.

Sørensen, M. W. (2013). *Samspill mellom sykkel og kollektivtrafikk TØI - rapport 1280/2013.* Oslo: Transportøkonomisk institutt (TØI).

Sørensen, M.W., Loftsgarden, T. (2010). *Tiltak for fotgjengere og kollektivtrafikk i bykryss.* Oslo: TØI-rapport nr. 1108/2010.

Undheim, I. (2016). *Samtale om trafikkvolum i Stavanger 2015 til 2016.* Stavanger: Statens vegvesen.

Vejdirektoratet. (2010). *Anvendelse af mikrosimuleringsmodeller.*

www.finn.no. (2015, Oktober 15). Hentet fra Finn: http://kart.finn.no/

www.rms.nsw.gov.au/. (2015, 12 14). Hentet fra Roads & Maritime.

Ytreland, H. (2015). *Evaluering av midtstilte kollektivfelt fv. 44 Hillevåg.* Stavanger: Statens vegvesen, Plan og forvaltningsseksjonen Stavanger .

Ytreland, H. (2015, 9 3). Trafikktellinger Hillevåg. (L. A. Bråtveit, Intervjuer)

MASTEROPPGAVE

(BA6904, masteroppgave studieretning veg)

HØST 2015 / VÅR 2016
for
Lars Arild Bråtveit

Prioritering av kollektivtrafikk i rundkjøringer med midtstilt kollektivfelt

BAKGRUNN

Mellom Stavanger og Sandnes foregår det i dag en etappevis utbygging av midtstilt kollektivfelt på fv.44 som er av de viktigste forbindelsesvegene mellom de to største byene på Nord-Jæren. Hovedformålet med etableringen av det midtstilte kollektivfeltet er å skape en forsinkelsesfri hovedåre for kollektivtrafikken mellom de to byene, med en klar henvisning til et overordnet nasjonalt mål om at all fremtidig trafikkvekst skal tas med kollektivtrafikk, sykkel og gange.

På strekningen er det mange rundkjøringer, og foreløpig er det gjort forsøk med at de midtstilte kollektivfeltene føres gjennom sentraløya i to rundkjøringer. Dette tiltaket forventes å bli gjennomført for de fleste av rundkjøringene, og det har vært en diskusjon angående hvordan dette kan gjøres på en best mulig måte både for kollektivtrafikk, andre kjørende samt syklister og gående.

OPPGAVE

Målsettingen med oppgaven er å vurdere ulike løsninger for å prioritere kollektivtrafikk på strekninger med midtstilte kollektivfelt og rundkjøringer. Så langt det er hensiktsmessig skal en forsøke å benytte SIDRA INTERSECTION til å modellere og evaluere de ulike løsningene.

Det er ulike utfordringer på ulike deler av den aktuelle strekningen, og i denne oppgaven vil en ta utgangspunkt i krysset mellom fv. 44 Hillevågsveien og fv. 428 Sandvikveien.

Oppgaven kan deles i 4 deler:

I den første delen skal kandidaten gi en generell beskrivelse av dagens utforming og regulering for fv. 44 mellom Sandnes og Stavanger med hovedvekt på løsninger for kollektivtrafikken. En bør gi en kortfattet, overordnet beskrivelse av planer for hele strekningen, men hovedvekten legges på krysset mellom Hillevågsveien og Sandvikveien.

I den andre delen skal dagens løsning i dette krysset modelleres i SIDRA INTERSECTION. I den forbindelse bør det også gis en relativt omfattende beskrivelse av teori, virkemåte, muligheter og begrensinger med SIDRA for slike analyser.

I den tredje delen skal kandidaten foreslå alternative reguleringer for krysset der en tar hensyn til alle trafikantgrupper (busser, biler, sykler og gående). Disse reguleringene skal i den grad kandidaten vurderer det som hensiktsmessig, analyseres og evalueres ved hjelp av SIDRA INTERSECTION.

Til slutt skal kandidaten skissere en eller flere reguleringer av krysset der kollektivtrafikken gis høy prioritet uten at andre trafikantgrupper blir unødig hindret. På denne bakgrunn skal kandidaten foreslå generelle retningslinjer for hvordan kollektivtrafikk med midtstilt kollektivfelt kan prioriteres i rundkjøringer.

GENERELT

Oppgaveteksten er ment som en ramme for kandidatens arbeid. Justeringer vil kunne skje underveis, når en ser hvordan arbeidet går. Eventuelle justeringer må skje i samråd med faglærer ved instituttet.

Vekt på de ulike delene samt struktur på oppgaven kan vurderes av kandidaten i samråd med faglærer og veileder.

Ved bedømmelsen legges det vekt på grundighet i bearbeidingen og selvstendigheten i vurderinger og konklusjoner, samt at framstillingen er velredigert, klar, entydig og ryddig uten å være unødig voluminøs.

Besvarelsen skal inneholde
- standard rapportforside (automatisk fra DAIM, http://daim.idi.ntnu.no/)
- tittelside med ekstrakt og stikkord (mal finnes på siden http://www.ntnu.no/bat/skjemabank: 3) Om Masteroppgaven)
- sammendrag på norsk og engelsk (studenter som skriver sin masteroppgave på et ikke-skandinavisk språk og som ikke behersker et skandinavisk språk, trenger ikke å skrive sammendrag av masteroppgaven på norsk)
- hovedteksten
- oppgaveteksten (denne teksten signert av faglærer) legges ved som Vedlegg 1.

Råd og retningslinjer for masteroppgaven finnes på programmets nettsider.
http://videre.ntnu.no/pages/mastergrader/erfaringsbasert_masterprogram_i_veg_og_jernbane/priser_og_betingelser/

Hva skal innleveres?
Rutiner knyttet til innlevering av masteroppgaven er nærmere beskrevet på http://daim.idi.ntnu.no/. Trykking av masteroppgaven bestilles via DAIM direkte til Skipnes Trykkeri som leverer den trykte oppgaven til instituttkontoret 2-4 dager senere. Instituttet betaler for trykkingen, og 1 eksemplar blir sendt til studenten. Ekstra eksemplarer må bekostes av kandidaten/ ekstern samarbeidspartner.

Videre skal kandidaten levere innleveringsskjemaet (fra DAIM) Innleveringsskjema sendes til NTNU VIDERE.

Dokumentasjon som med instituttets støtte er samlet inn under arbeidet med oppgaven skal leveres inn sammen med besvarelsen.

Besvarelsen er etter gjeldende reglement NTNUs eiendom. Eventuell benyttelse av materialet kan bare skje etter godkjennelse fra NTNU (og ekstern samarbeidspartner der dette er aktuelt). Instituttet har rett til å bruke resultatene av arbeidet til undervisnings- og forskningsformål som om det var utført av en ansatt. Ved bruk ut over dette, som utgivelse og annen økonomisk utnyttelse, må det inngås særskilt avtale mellom NTNU og kandidaten.

Helse, miljø og sikkerhet (HMS):
NTNU legger stor vekt på sikkerheten til den enkelte arbeidstaker og student. Den enkeltes sikkerhet skal komme i første rekke og ingen skal ta unødige sjanser for å få gjennomført arbeidet. Studenten skal derfor ved uttak av masteroppgaven få utdelt brosjyren ”Helse, miljø og sikkerhet ved feltarbeid m.m. ved NTNU”.

Dersom studenten i arbeidet med masteroppgaven skal delta i feltarbeid, tokt, befaring, feltkurs eller ekskursjoner, skal studenten sette seg inn i ”Retningslinje ved feltarbeid m.m.”. Dersom studenten i arbeidet med oppgaven skal delta i laboratorie- eller verkstedarbeid skal studenten sette seg inn i og følge reglene i ”Laboratorie- og verkstedhåndbok”. Disse dokumentene finnes på fakultetets HMS-sider på nettet, se http://www.ntnu.no/ivt/adm/hms/. Alle studenter som skal gjennomføre laboratoriearbeid i forbindelse med prosjekt- og masteroppgave skal gjennomføre et web-basert TRAINOR HMS-kurs. Påmelding på kurset skjer til daniel.erland@ntnu.no

Studenter har ikke full forsikringsdekning gjennom sitt forhold til NTNU. Dersom en student ønsker samme forsikringsdekning som tilsatte ved universitetet, anbefales det at han/hun tegner reiseforsikring og personskadeforsikring. Mer om forsikringsordninger for studenter finnes under samme lenke som ovenfor.

Oppstart og innleveringsfrist:
Frist innlevering masterkontrakt **15. august**, frist innlevering masteroppgaven **15. mai**

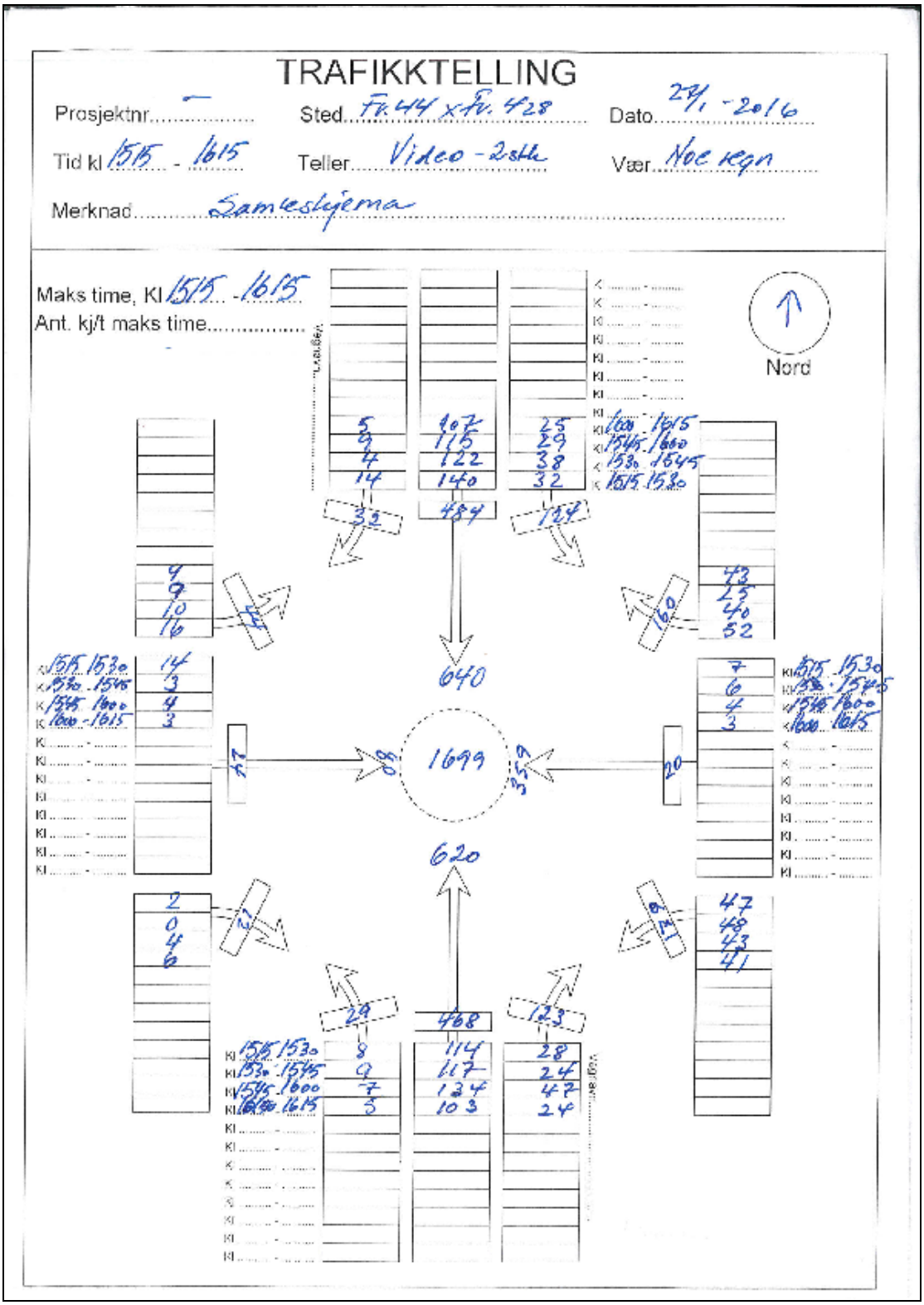
Hovedveileder ved NTNU: Arvid Aakre
Lokal veiledere: Ingve Undheim, Statens vegvesen

Institutt for bygg, anlegg og transport, NTNU
Dato: 15.10.2015

Underskrift

Arvid Aakre
Faglærer

Vedlegg 2 – Skjema fra trafikkregistrering 27.01.2016



TRAFIKKTELLING

Prosjektnr. – Sted. Fv.44 x Fv.428 Dato. 27.1.-2016

Tid kl 1515 - 1615 Teller. Video-2stk Vær. Noe regn

Merknad. Samleskjema

Maks time, Kl 1515 - 1615

Ant. kj/t maks time.

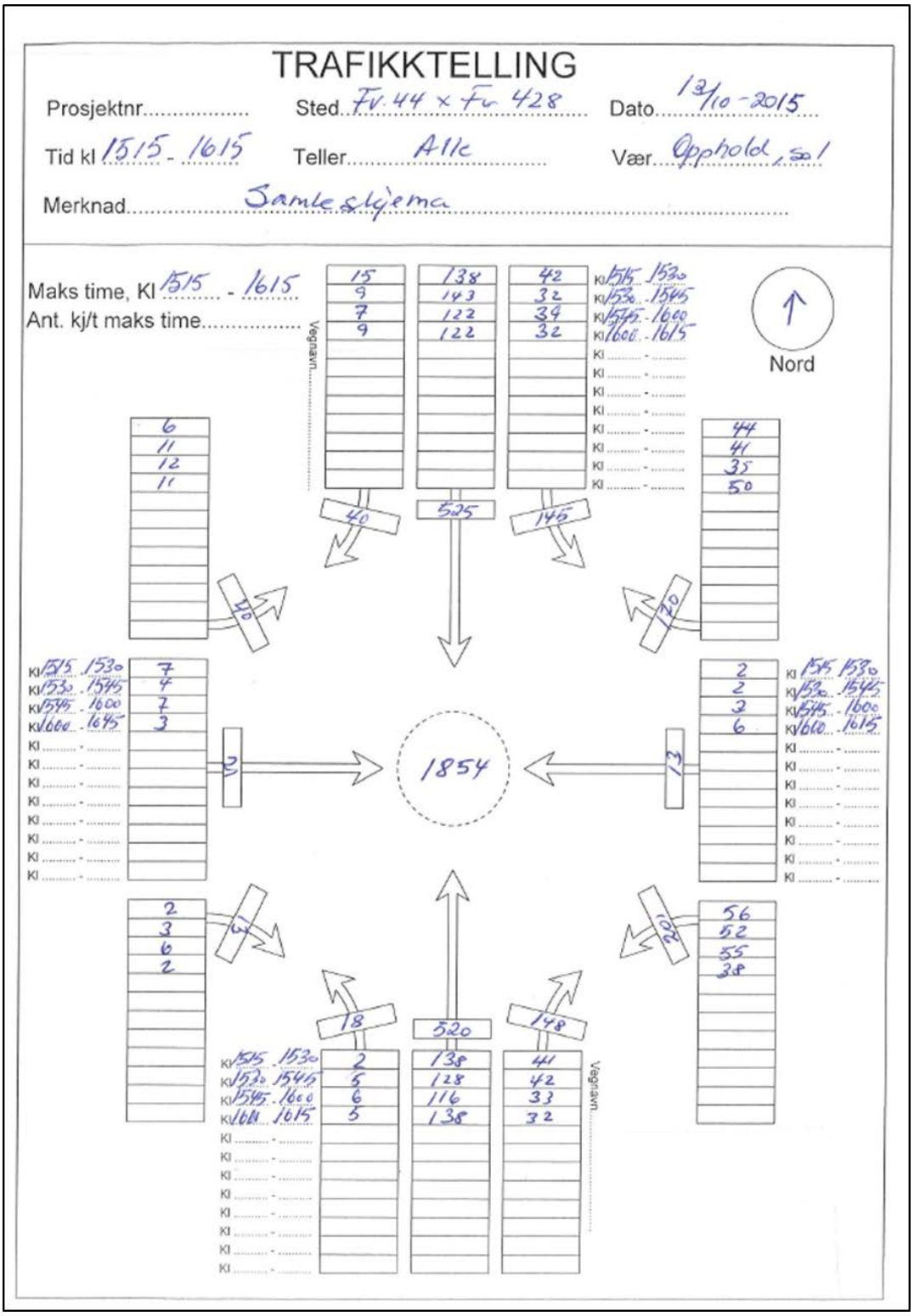
Nord

640

620

1699

Vedlegg 3 – Skjema fra trafikkregistrering 13.10.2015



TRAFIKKTELLING

Prosjektnr..... Sted. Fv. 44 x Fv 428 Dato. 13/10-2015

Tid kl 1515 - 1615 Teller. Alle Vær. Opphold, sol

Merknad. Samleskjema

Maks time, Kl 1515 - 1615

Ant. kj/t maks time.....

Vegnavn.....

Kl		
1515-1530	15	138	42
1530-1545	9	143	32
1545-1600	7	122	34
1600-1615	9	122	32

40 | 525 | 145

Nord

6	44
11	41
12	35
11	50

40 | 70

Kl	
1515-1530	7
1530-1545	4
1545-1600	7
1600-1615	3

Kl	
1515-1530	2
1530-1545	2
1545-1600	3
1600-1615	6

3 | 1854 | 13

2	56
3	52
6	55
2	38

61 | 202

18 | 520 | 148

Vegnavn.....

Kl			
1515-1530	2	138	41
1530-1545	5	128	42
1545-1600	6	116	33
1600-1615	5	138	32

Vedlegg 4 – Skjema for køregistreringer

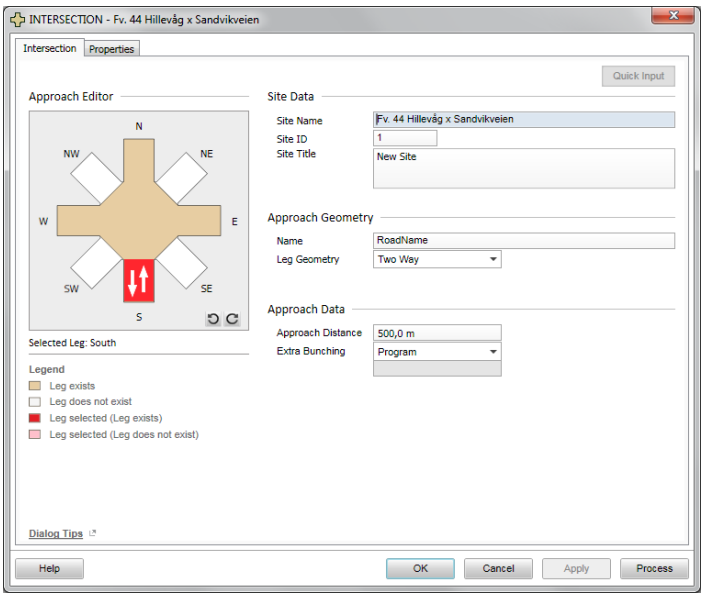
1

Ark 1

Fv. 44	Retning N	Kølengde i antall meter stipulert													
Registrering nr.	Klokkeslett	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	120	150	180	
0	15:15:00	X													
1	15:15:30					X									
2	15:16:00			X											
3	15:16:30													X	
4	15:17:00												X		
5	15:17:30												X		
6	15:18:00											X			
7	15:18:30											X			
8	15:19:00													X	
9	15:19:30												X		
10	15:20:00							X							
11	15:20:30							X							
12	15:21:00					X									
13	15:21:30				X										
14	15:22:00					X									
15	15:22:30			X											
16	15:23:00		X												
17	15:23:30	X													
18	15:24:00	X													
19	15:24:30	X													
20	15:25:00	X													
21	15:25:30							X							
22	15:26:00	X													
23	15:26:30	X													
24	15:27:00	X													
25	15:27:30	X													
26	15:28:00	X													
27	15:28:30					X									
28	15:29:00		X												
29	15:29:30	X													
30	15:30:00									X					
31	15:30:30									X					
32	15:31:00												X		
33	15:31:30			X											
34	15:32:00	X													
35	15:32:30	X													
36	15:33:00				X										
37	15:33:30												X		
38	15:34:00													X	
39	15:34:30												X		
40	15:35:00													X	
41	15:35:30														190
42	15:36:00												X		
43	15:36:30										X				
44	15:37:00												X		
45	15:37:30												X		
46	15:38:00												X		
47	15:38:30										X				
48	15:39:00					X									
49	15:39:30			X											
50	15:40:00	X													
51	15:40:30										X				
52	15:41:00	X													
53	15:41:30	X													
54	15:42:00		X												
55	15:42:30		X												
56	15:43:00		X												

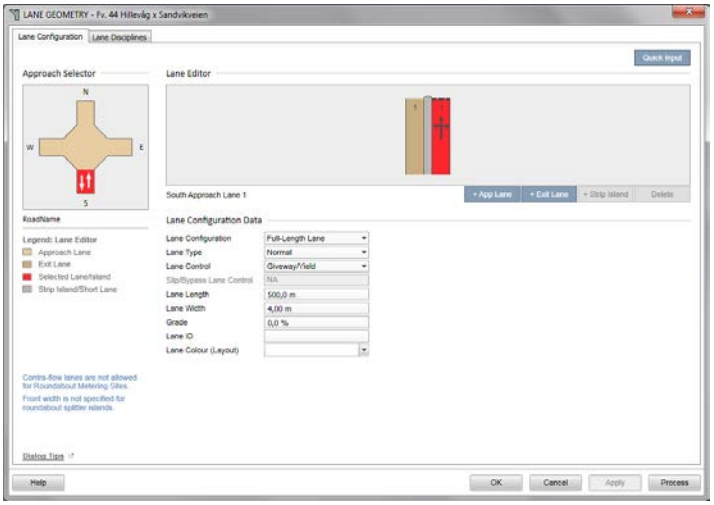
Vedlegg 5 – Dialogvinduer i SIDRA

Intersection – kryssutforming



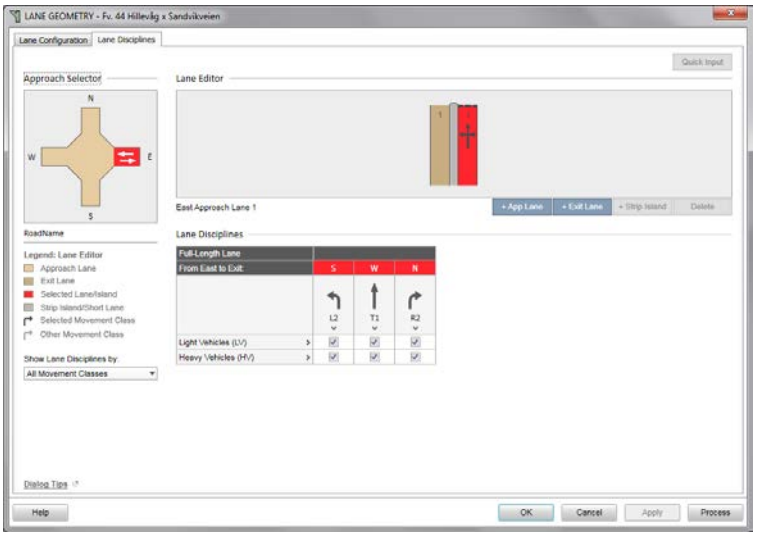
Under Intersection setter man opp utformingen av krysset, antall tilfarter og retningene på armene. Det også kan legges inn navn på vegene som krysser hverandre.

Lane Geometry – feltutforming og tillatte svingebevegelser



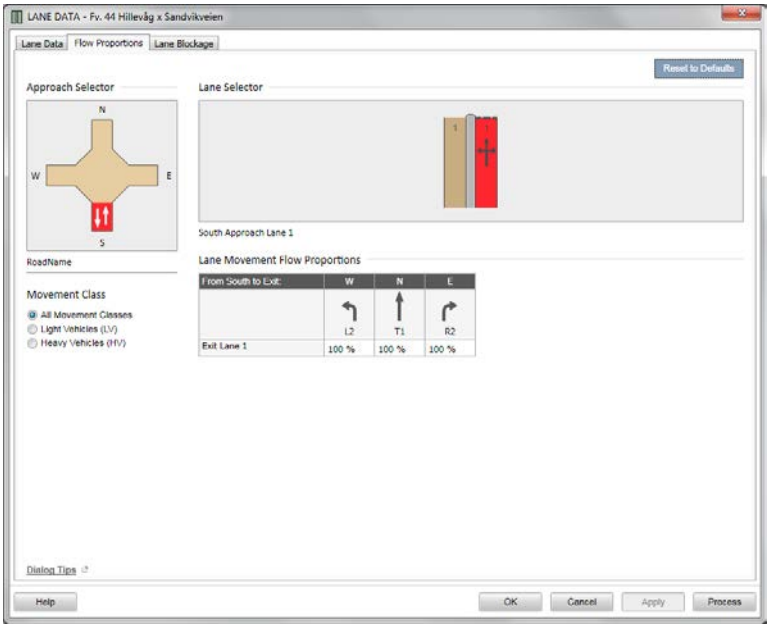
I vinduet *Lane Geometry* legges det inn verdier for feltgeometri, stigning og reguleringsforhold. Videre blir det lagt data for feltlengde og felttype.

Lane Geometry – tillatte svingebevegelser



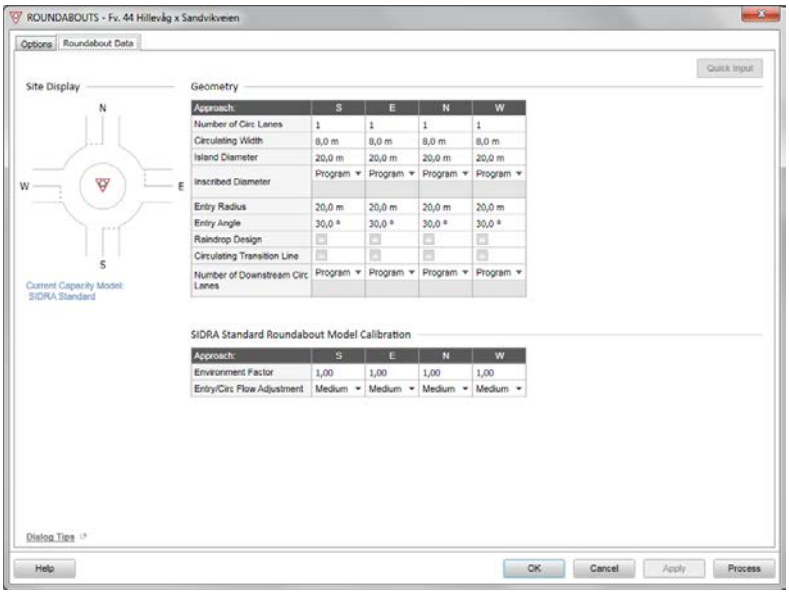
I dialogboksen *Lane Geometry* legges det eksempelvis inn hvilke svingebevegelser som tillates samt begrensninger av kjøretøytyper som ikke tillates å kjøre i bestemte retninger.

Lane data – prosentvise kjøretøybevegelser



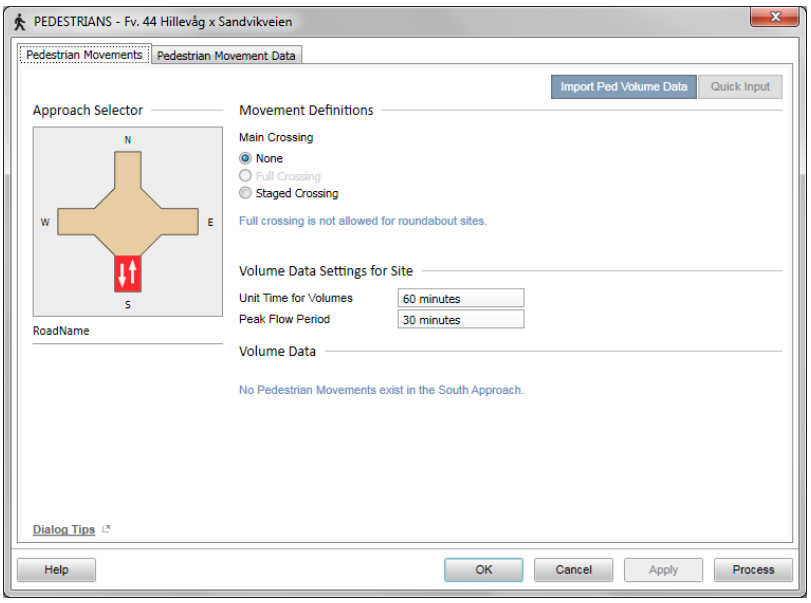
I vinduet *Lane Data* kan det også bestemmes hvordan den prosentvise fordelingen av kjøretøybevegelsener er i krysset. Dette gjøres helst i forbindelse med nettverksanalyser.

Roundabouts – rundkjøringer (geometri)



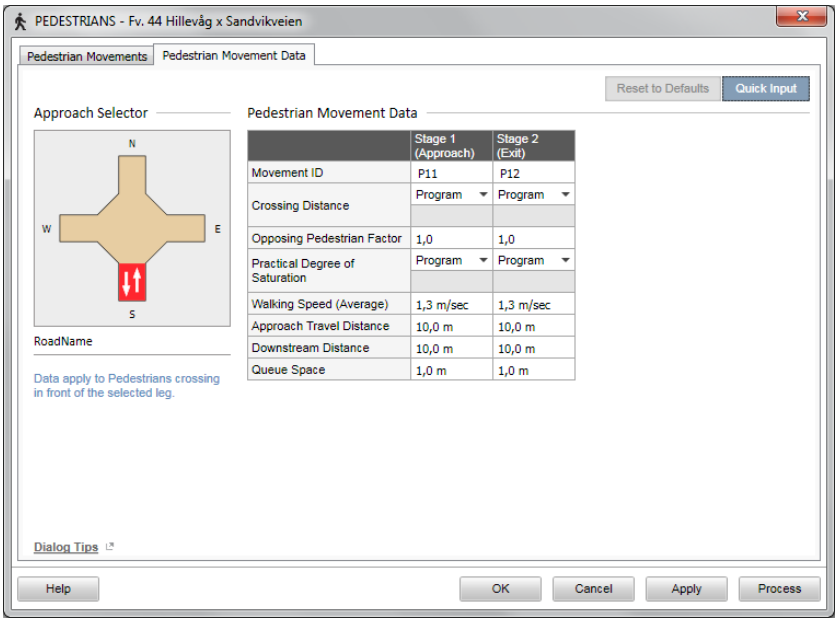
Under *Roundabouts* bestemmes rundkjøringens geometri som diameter på sentraløya, bredden på sirkulasjonsarealet og antall sirkulerende felt. I tillegg finnes det muligheter for å justere *Environment Factor*.

Pedestrians - fotgjengere



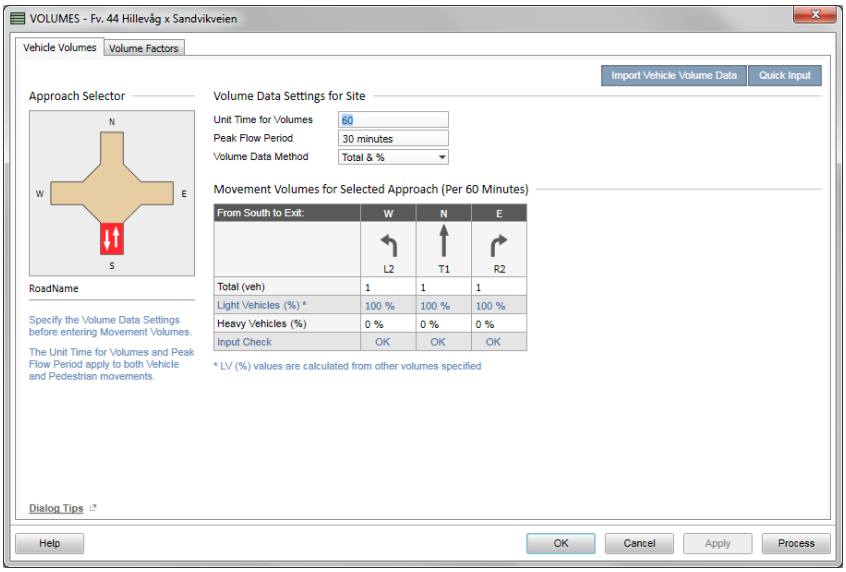
I vinduet *Pedestrians* kan en huke av hvilke tilfarter det er fotgjengere som krysser.

Pedestrians – volum og utforming



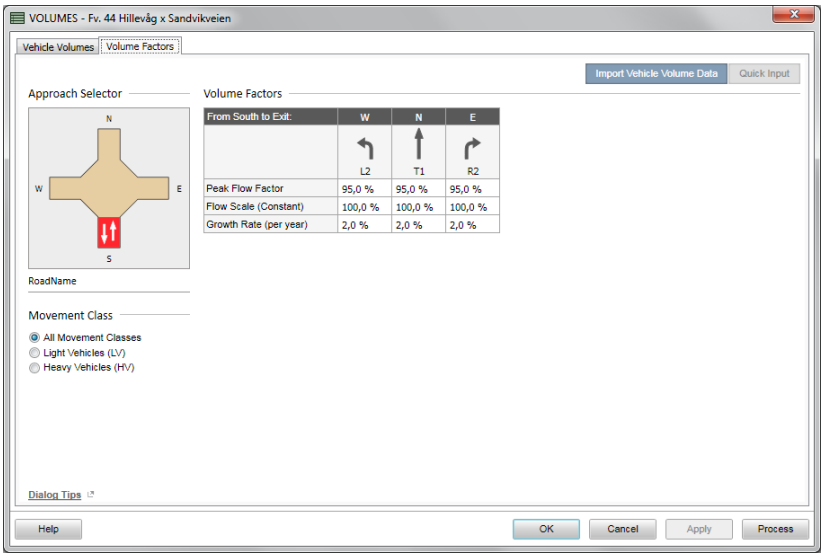
I vinduet *Pedestrians* kan en også legge inn hvor mange personer som krysser de enkelte tilfartene, dimensjonerende gangfart og lengde på gangfelt/kryssingsavstand.

Volumes – trafikkvolum



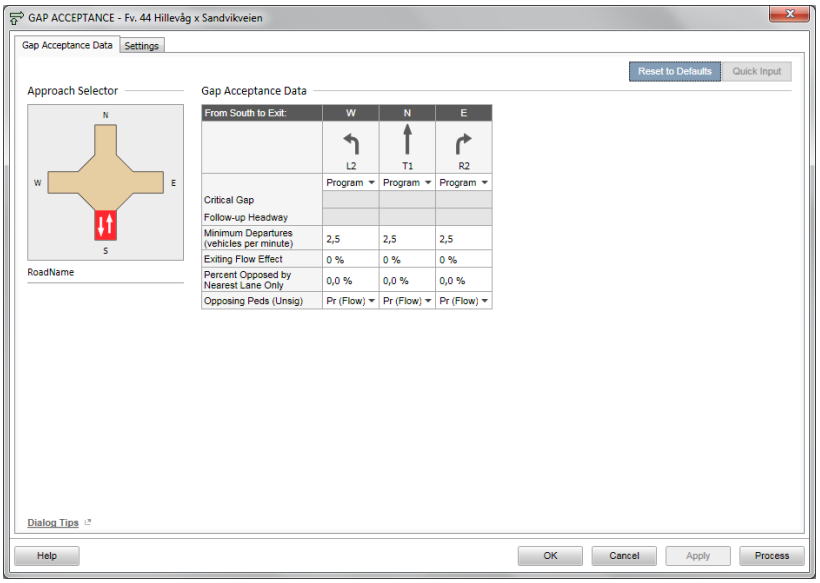
I vinduet *Volumes* legges trafikkvolumet på lette kjøretøyer inn sammen med prosentandelen tyngre kjøretøyer i de enkelte kjøreretningene.

Volumes – Peak Flow Factor



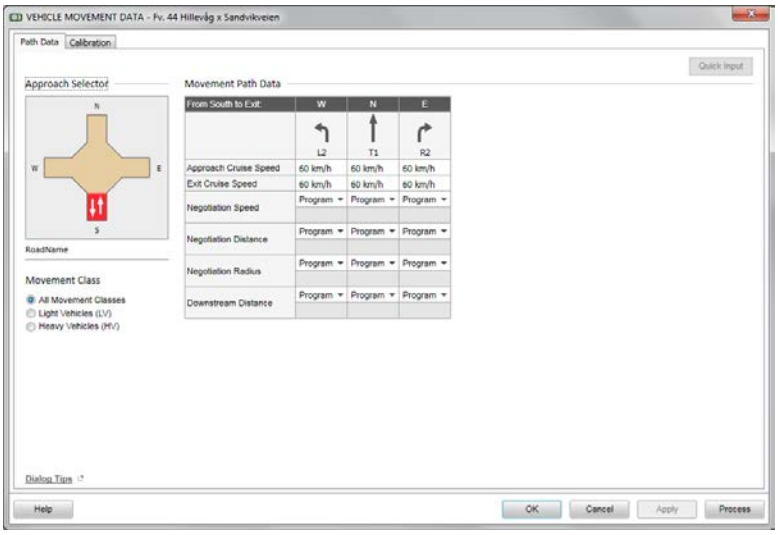
I vinduet *Volumes* kan eksempelvis *Peak Flow Factor* legges inn.

Gap Acceptance – kritisk tidsluke og følgetid



I vinduet *Gap Acceptance Data* kan en huke av for brukerspesifiserte parametre og legge egne verdier for kritisk luketid og følgetid.

Vehicle Movement Data – hastighet gjennom krysset



I vinduet *Vehicle Movement Data* bestemmes hastighet inn mot krysset og ut av krysset. En kan sette inn egne verdier for hastighet, avstand og radius utover standardverdiene.