

Tonje Lysø

# Et høykvalitets kollektivtilbud

En studie av Tillerterminalen i Trondheim

Masteroppgave i Bygg- og miljøteknikk

Veileder: Arvid Aakre

Juni 2021







Tonje Lysø

# **Et høykvalitets kollektivtilbud**

En studie av Tillerterminalen i Trondheim

Masteroppgave i Bygg- og miljøteknikk

Veileder: Arvid Aakre

Juni 2021

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet

Fakultet for ingeniørvitenskap

Institutt for bygg- og miljøteknikk



Kunnskap for en bedre verden





i Trondheim  
Ovner Peiser  
Stålpipe  
Gasspeiser  
Rehabilitering av piper  
Varmeform R5  
10 48 (15)

P  
07-24  
107-24  
07-24  
07-24  
Bryg tid

P  
07-24  
107-24  
07-24  
07-24  
Bryg tid

P  
07-24  
107-24  
07-24  
07-24  
Bryg tid

1551

1 Strindheim via sentrum

70

vantfool

VJ 14930



# Sammendrag

I denne masteroppgaven blir et av Trondheims kollektivknutepunkter studert, nemlig Tillerterminalen. Den er lokalisert på Tiller omtrent 7,5 kilometer sør for Trondheim sentrum. Området er preget av spredt bebyggelse, kjøpesentre, hoteller, spisesteder og områder over bakken dedikert til gratis parkering. Tillerterminalen har midstilt plattform med et kollektivfelt på hver side, der busstrafikken går i motsatt retning av øvrig trafikk. Hensikten med kollektivknutepunktet er å gjøre omstigning for kollektivpassasjerer enkelt, effektivt og trafikksikkert. Ved Tillerterminalen passerer metrobusslinje 1 og fire andre matebuslinjer utenom rushtid.

Det har vært viktig for Trondheim kommune å tilrettelegge et høykvalitets kollektivtilbud som er konkurransedyktig med bil for å nå nullvekstmålet, og begrense klimagassutslipp, støy og støv. På den måten kan Tiller bli et attraktivt område med høy bokvalitet for innbyggerne.

Gjennom arbeidet ønsker jeg å finne ut hvordan Tillerterminalen oppleves av de som bruker den, om det er mulig å lage en realistisk mikrosimuleringsmodell for studieområdet i 2021 og hvilken innvirkning tilrettelegging av Tillerterminalen har på trafikk i området.

Studieområdet i denne masteroppgaven er begrenset til området rundt Tillerterminalen og ni omkringliggende kryss. Størrelsen på studieområdet er 0,19 kvadratkilometer.

Datainnsamlingen består av kvalitative og kvantitative data fra litteratursøk, videoregistreringer, en spørreundersøkelse og passasjerdata fra AtB. I spørreundersøkelsen ønsker jeg å kartlegge respondentenes holdninger til kollektivtransport i Trondheim og Tillerterminalen. Videoregistreringene benyttes for å samle inn data for kollektivtransport ved holdeplassen og kryssene innenfor studieområdet. Dataene for av- og påstigende kollektivtrafikanter blir så sam-

menlignet med passasjerdata fra AtB for Tillerterminalen. De innsamlede dataene benyttes deretter i mikrosimuleringsmodellen. Simuleringsprogrammet som blir brukt heter Aimsun Next 20.0.2. Det modelleres tre scenarioer: dagens situasjon i 2021 og to scenarioer med trafikkvekst som representerer 2030 og 2050.

Som følge av spørreundersøkelsen svarte mange respondenter at de opplever den nye ruteomleggingen i Trondheim som inkluderer bussbytter på en rekke turer som tungvint, og de ønsker flere synkroniserte linjer. I tillegg går bussene i henhold til rutetabellen saktere enn før. Rundt en tredjedel av respondentene opplever området rundt Tillerterminalen som lite trafikksikkert.

Mikrosimuleringen viste at bygging av Tillerterminalen fører til god fremkommelighet for buss akkurat ved kollektivknutepunktet, men ettersom kollektivprioriteringen kun finnes der vil busser likevel bli forsinket i andre deler av nettverket. Øvrige motorkjøretøy opplever størst forsinkelse, ettersom de har fått redusert kapasitet i vegnettverket.

Tillerterminalen er et høykvalitets kollektivtilbud med en rekke servicefunksjoner som leskur, egen plattform for ventende kollektivtrafikanter, sanntidsskjerm, informasjonstavle, sittebenker m.m. Utformingen av holdeplassen er den første av sitt slag i Trondheim kommune, og det er derfor viktig å observere både trafikkale effekter som følge av løsningen og befolkningens holdninger til kollektivprioriteringen. Denne masteroppgaven bidrar til erfaringer som kan være overførbare til andre byer og tettsteder ved planlegging av kollektivtilbud.

# Summary

In this master's thesis one of Trondheim's public transport hubs is studied, named Tillerterminalen. It is located on Tiller approximately 7,5 kilometers south of Trondheim city center. The area is characterized by open settlement, shopping malls, hotels, restaurants, and areas overground dedicated to free parking. Tillerterminalen is designed as a median stop with left-side boarding. It has also a public transport lane on each side, where bus traffic goes in the opposite direction of other traffic. The purpose of the public transport hub is to make transfers between public transport lines for passengers easy, efficient and traffic safe. Metro bus line 1 and four feeder bus lines pass Tillerterminalen outside of rush hour.

It has been important for Trondheim municipality to facilitate a high-quality public transport service that is competitive to cars. This is necessary to achieve the zero-growth target, and limit greenhouse gas emissions, noise and dust in the city. Establishing the hub is the first step in making Tiller become an attractive area with high living qualities for its inhabitants.

Through this master's thesis, I want to find out how Tillerterminalen is experienced by those who use it, whether it is possible to create a realistic micro-simulation model for the study area in 2021 and what impact the facilitation of Tillerterminalen has on traffic in the area.

The study area is limited to Tillerterminalen and nine intersections close by it. The size of the study area is 0,19 square kilometers.

The data collection consists of qualitative and quantitative data from literature searches, video registrations, a survey and passenger data from AtB. In the survey, I want to map the respondents' attitudes to public transport in Trondheim and Tillerterminalen. The video registrations are used to collect data for the public transport hub and the intersections within the study area. The data for boarding and alight-

ing public transport passengers are then compared with passenger data from AtB for Tillerterminalen. The collected data are then used in the microsimulation model. The simulation program is called Aimsun Next 20.0.2. Three scenarios are modeled: the current situation in 2021 and two scenarios with traffic growth representing 2030 and 2050.

As a result of the survey, many respondents answered that they experience the new public transport route plan in Trondheim as cumbersome, because transfers are included on many trips. They think maybe it could have been easier to cope with if the lines were synchronized. In addition, the buses run slower than before according to the timetable. About a third of the respondents experience the area around Tillerterminalen as not traffic safe.

The micro-simulation showed that Tillerterminalen leads to good accessibility for buses at the public transport hub, but since the public transport prioritization is only found there, buses will still be delayed in other parts of the network. Other motor vehicles experience the greatest delay, since the road capacity in the network is reduced.

Tillerterminalen is a high-quality public transport stop with several service functions such as shelters, a separate platform for waiting public transport passengers, real-time screens, information boards, benches and more. The design of the stop is the first of its kind in Trondheim municipality, and it is therefore important to observe traffic effects and the population's attitudes to the public transport prioritization. This master's thesis contributes to experiences that can be transferred to other cities when planning public transport.







# Forord

For å kunne tilrettelegge gode transportløsninger for fremtiden er det nødvendig å kartlegge dagens infrastruktur. Denne masteroppgaven skal handle om et nytt kollektivknutepunkt fra 2020 på Tiller kalt Tillerterminalen, og studieområdet begrenses til et areal på omtrent 0,19 kvadratkilometer.

Kollektivknutepunktet har midtstilt holdeplass med tilrettelagt kollektivfelt på hver side i Anne-Kath. Parows Veg. Denne prioriteringen av kollektivtransport vil ha konsekvenser både for kollektivtrafikanter og andre trafikantgrupper. I dette masteroppgavearbeidet ønsker jeg å se på hvordan Tillerterminalen oppleves for de som bruker den, og hvilken innvirkning tilretteleggingen av holdeplassen har hatt på trafikk i området.

Masteroppgaven er en videreføring av prosjektoppgaven jeg skrev i faget «TBA4542 Transport» høsten 2020, derfor vil du se at noen formuleringer og kilder i innledning, bakgrunn, teori og metode blir gjenbrukt i denne oppgaven fra prosjektoppgaven.

Masteroppgaven tilsvarer 30 studiepoeng, og er en del av min sivilingeniørutdanning ved bygg- og miljøteknikk ved NTNU i Trondheim. Veiledning ved NTNU er gitt av Arvid Aakre. Han har hjulpet meg med å få tak i nødvendig utstyr for videoregistreringene, og har vært tilgjengelig for å svare på spørsmål jeg har hatt gjennom hele masteroppgavearbeidet.

Opgaven er også skrevet i samarbeid med Asplan Viak gjennom Asplan Viak-programmet 2020/2021. Kari Skogstad Norddal og Øyvind Dalen i Asplan Viak har bidratt med de riktige kontaktene, kunnskap og veiledning for utarbeidelse av spørreundersøkelsen og mikrosimuleringsmodellen i Aimsun Next 20.0.2. I tillegg ble det tatt mange vakre dronebilder av studieområdet. Oddrun Dalgard ved Asplan Viak sin avdeling i Trondheim har hjulpet meg underveis og svart på spørsmål om trafikkmodellen.

I tillegg har jeg involvert Miljøpakken i Trondheim, der Are Kullerud har vært kontaktperson. Han har hjulpet meg med å finne informasjon om Tillerterminalen og de riktige kontaktene fra AtB. Fay Maria Loe har hjulpet meg å forstå hvordan systemet for automatiske passasjertellinger fungerer i Trondheim, og Mats Lien har delt passasjerdata med meg for Tillerterminalen.

Trondheim, 11. juni 2021.

Tonje lysø

# Innholdsfortegnelse

Sammendrag	II
Summary	II
Forord	V
Figurliste	VIII
Tabelliste	XV
1. Innledning	2
2. Bakgrunn	4
2.1 Nullvekstmålet	4
2.2 Reisemiddelfordeling	5
2.3 Kollektivtransport i Trondheim	6
2.4 Tiller	10
2.4.1 Alternativer for kollektivknutepunkt	11
2.4.2 Midstilt kollektivfelt	12
2.4.3 Bussprioritering	13
2.4.4 Ombygging av X-kryss til rundkjøring	13
3. Litteratursøk	15
3.1 Reisemiddelvalg	15
3.1.1 Nyttefunksjonen	15
3.1.2 Psykologiske effekter	16
3.2 Kollektivtransport	16
3.2.1 Servicenivå	16
3.2.2 Etterspørsel etter kollektivtransport	17
3.2.3 Prioritering av kollektivtransport	18
3.2.4 Bussholdeplasser og servicetilbud	19
3.2.5 Ventetid og synkronisering av busslinjer	24
3.3 Transportmodeller	25
3.3.1 Digitale verktøy	26
3.3.2 Simuleringsnivå	27
3.3.3 Kø	28
3.4 Aimsun Next 20.0.2	28
3.4.1 Nettverk	29
3.4.2 Simulert hastighet	30
3.4.3 Ankomstmodell	31
3.4.4 Atferdsmodeller	32
3.4.5 Stokastisk rutevalg, replikasjoner og C-logit	36
3.5 Forskningshull	37
4. Studieområdet	39
4.1 Kryss	41



4.2 Skilt og oppmerking ved Tillerterminalen	46
4.3 Kollektivtilbud	48
4.3.1 Tillerterminalen	51
4.3.2 City Syd	54
4.3.3 City Syd E6	55
4.3.4 Tiller vgs	56
5. Metode	59
5.1 Datainnsamling	59
5.1.1 Innsamling av litteratur	59
5.1.2 Spørreundersøkelsen	60
5.1.3 Videoregistreringer	61
5.1.4 Passasjerdata fra AtB	71
5.1.5 Sammenligning av passasjerdata	74
5.2 Aimsun-modell	76
5.2.1 Modelloversikt	76
5.2.2 Kodingsmetodikk	80
5.2.3 Grunnlagsdata	82
5.2.4 Metodikk for matriseestimering	83
5.2.5 Kalibrering og validering	89
5.2.6 Scenarier	93
5.3 Begrensninger	94
6. Resultat	96
6.1 Spørreundersøkelse	96
6.1.1 Bakgrunnspørsmål	96
6.1.2 Generelle spørsmål om kollektivtransport i Trondheim	96
6.1.3 Spørsmål om bruk av Tillerterminalen	100
6.1.4 Spørsmål for å kartlegge opplevelser med Tillerterminalen	105
6.1.5 Avsluttende kommentarer	117
6.2 Trafikkmodell	118
6.2.1 Fotgjengere	118
6.2.2 Motoriserte kjøretøy	120
7. Diskusjon	132
8. Konklusjon	142
9. Vegen videre	145
Referanser	i
Vedlegg 1 - Spørreundersøkelsen	vii

# Figurliste

Figur 1 viser reisemiddelvalg som funksjon av reiselengde i Trondheim. Tallene er basert på Reisevaneundersøkelsen 2013/14 (Trondheim kommune, 2019).	4
Figur 2 viser en mobilitetspyramide, der noen reisemidler er prioritert over andre (Statens vegvesen, 2019).	5
Figur 3 viser dagens rutetilbud for Trondheim i et linjekart (ATB, 2019).	7
Figur 4 viser noen eksempler på leskur produsert av Epsilon Cities (Epsilon Cities, 2020a).	8
Figur 5 viser to leskur med grønne tak fra Nederland produsert av Epsilon Cities (Epsilon Cities, 2020b).	8
Figur 6 viser utformingen av Trondheims nye leskur for metrobussholdeplasser (Miljøpakken, 2017).	9
Figur 7 viser en rutestruktur med seks linjer. Linjene er begrenset til samme strekning mellom holdeplass A og T, mens fra holdeplass T går de i forskjellige retninger (Nielsen og Lange, 2005).	9
Figur 8 viser hvordan rutestrukturen kan endres for å minske gjennomsnittelig ventetid for kollektivtrafikantene. Ruteomleggingen består i en hovedbusslinje mellom holdeplass A og C via T, og seks matebusslinjer i forskjellige retninger fra holdeplass T (Nielsen og Lange, 2005).	10
Figur 9 viser avstanden mellom Trondheim sentrum og Tiller (Kart laget i ArcGIS Pro med "basemap").	10
Figur 10 viser et oversiktsbilde for Tiller med gatenavn før valg av løsning for kollektivknutepunkt (Trøndelag fylkeskommune, 2018).	11
Figur 11 viser rundkjøringen som pleide å stå plassert midt i Anne-Kath. Parows Veg (Adressa, 2018).	12
Figur 12 viser seks svingebevegelser som ikke lengre er mulig i Anne-Kath. Parows Veg, ettersom rundkjøringen har blitt erstattet med et krysningsområde for busser (Illustrasjon laget av Tonje Lysø).	12
Figur 13 viser intermitterende bussfelt (Diakaki et al., 2015).	19
Figur 14 viser kantstopp med kombinert gang- og sykkelveg (Officials, 2016).	20
Figur 15 viser kantstopp med utlagt plattform (Officials, 2016).	20
Figur 16 viser kantstopp med fortau og delende trafikkø (Statens vegvesen, 2014a).	21
Figur 17 viser et kantstopp med sykkelfelt (Statens vegvesen, 2014a).	21
Figur 18 viser kantstopp med sykkelveg ført bak plattformen (Officials, 2016).	22
Figur 19 viser et kantstopp med delt sykkelveg og plattform (Officials, 2016).	22
Figur 20 viser midtstilt kollektivfelt med sidestilte plattformer (Officials, 2016).	22
Figur 21 viser midtstilt kollektivholdeplass og plattform (Officials, 2016).	23
Figur 22 viser hvor kollektivtrafikanter skal gå for å ombordstige bussen i forreste, midterste og bakerste dør (Officials, 2016).	24
Figur 23 viser hvordan synkronisering av to busslinjer muliggjør omstigning for kollektivpassasjerer uten store tidstap (Nielsen og Lange, 2005).	24
Figur 24 viser gjennomsnittlig ventetid som funksjon av frekvens på en busslinje (Nielsen og Lange, 2005).	25
Figur 25 viser sammenheng mellom modelleringens tidshorisont og modelltype (Tørset et al., 2012).	26

Figur 26 viser illustrasjon over et køsystem (Carlos M. Lima Azevedo, 2020).	28	Figur 38 viser studieområdet grøntområder (Trondheim kommune, 2020).	40
Figur 27 viser en node for et vikepliktsregulert kryss, der konflikterende svingebevegelser ikke er tatt høyde for. Bildet er hentet fra en modell laget av Tonje Lysø.	29	Figur 39 viser vegtrafikkstøy i desibel for studieområdet. Leskuret på tegningen definerer Tillerterminalens plassering (Trondheim kommune, 2017).	40
Figur 28 viser en rundkjøring med fem noder. Her er konflikterende svingebevegelser tatt høyde for, og tilfartene til rundkjøringen har vikeplikt. Bildet er hentet fra en modell laget av Tonje Lysø.	29	Figur 40 viser studieområdet ni kryss. Illustrasjon laget av Tonje Lysø.	41
Figur 29 viser to sentroider, der veglenkene stopper. Bildet er hentet fra en modell laget av Tonje Lysø.	30	Figur 41 viser kryss nr. 1 (Foto: Tonje Lysø).	42
Figur 30 viser fartsgrenseaksept og maksimal ønsket hastighet for kjøretøygruppen til et tilfeldig kjøretøy under en simulering.	30	Figur 42 viser kryss nr. 2 (Foto: Tonje Lysø).	42
Figur 31 viser skisse over ankomstmodellen i Aimsun Next 20.0.2 (Aimsun, 2020b).	31	Figur 43 viser kryss nr. 3 (Foto: Tonje Lysø).	43
Figur 32 viser en illustrasjon av feltbytte ved forbikjøring av saktegående kjøretøy (Aimsun, 2020b).	34	Figur 44 viser kryss nr. 4 (Foto: Tonje Lysø).	43
Figur 33 viser en illustrasjon av feltbytte med tidsluke foran kjøretøyets nåværende posisjon (Aimsun, 2020b).	34	Figur 45 viser kryss nr. 5 (Foto: Tonje Lysø).	44
Figur 34 viser en illustrasjon av nødvendig feltbytte, ettersom kjørefeltet opphører lengre fremme. Her finnes kun tilstrekkelig tidsluke blant trafikk som kommer bak kjøretøyets nåværende posisjon (Aimsun, 2020b).	35	Figur 46 viser kryss nr. 6 (Foto: Tonje Lysø).	44
Figur 35 viser hvordan kravet til tidsluke reduseres når kjøretøy i modellen må vente ved vikepliktsregulerte kryss (Aimsun, 2020b).	36	Figur 47 viser kryss nr. 7 (Foto: Tonje Lysø).	45
Figur 36 viser tre mulige ruter fra start på reisen, O, til slutten på reisen, D (Cascetta, 2013).	36	Figur 48 viser kryss nr. 8 (Foto: Tonje Lysø).	45
Figur 37 viser områdebegrensning for videre analyse (OpenStreetMap, 2020).	39	Figur 49 viser kryss nr. 9 (Foto: Tonje Lysø).	46
		Figur 50 viser opplysningsskilt 508.1 som markerer kollektivfelt for buss (Norsk Trafikksikring AS, 2021).	46
		Figur 51 viser skilt som er brukt for kollektivfeltene i Anne-Kath. Parows Veg (Foto: Tonje Lysø).	47
		Figur 52 viser påbudt kjørefelt til venstre i krysningsområdet for busser fra vest (Foto: Tonje Lysø).	47
		Figur 53 viser ekstraordinær nødvendig vegoppmerking i Anne-Kath. Parows Veg på	

grunn av at holdeplassen er utformet med midtstilt plattform (Foto: Asplan Viak).	48	Figur 63 viser bussholdeplassen City Syd med busstrafikk fra byen (Foto: Tonje Lysø).	54
Figur 54 viser en oversikt over alle holdeplasser innenfor studieområdet.	49	Figur 64 viser holdeplassen City Syd E6 med busstrafikk fra byen. Illustrasjon laget av Tonje Lysø basert på informasjon fra Vegkart (Vegkart, 2021).	55
Figur 55 viser realisert rutestruktur på Tiller i 2020 (ATB, 2020).	50	Figur 65 viser leskuret ved holdeplassen City Syd E6 med busstrafikk fra byen (Foto: Tonje Lysø).	55
Figur 56 viser et av de to leskurene ved Tillerterminalen (Foto: Tonje Lysø).	51	Figur 66 viser illustrasjon av City Syd E6 med busstrafikk mot byen. Illustrasjon laget av Tonje Lysø basert på informasjon fra Vegkart (Vegkart, 2021).	55
Figur 57 viser en illustrasjon av Tillerterminalen laget av Tonje Lysø basert på plantegning (Trondheim kommune, 2018).	51	Figur 67 viser leskuret ved holdeplassen City Syd E6 med busstrafikk mot byen (Foto: Tonje Lysø).	56
Figur 58 viser innzoomet bilde av Tillerterminalen. Illustrasjon laget av Tonje Lysø basert på plantegning (Trondheim kommune, 2018).	51	Figur 68 viser en illustrasjon av holdeplassene Tiller vgs. Illustrasjon laget av Tonje Lysø basert på informasjon fra Vegkart (Vegkart, 2021).	56
Figur 59 viser resultatet fra rekkeviddeanalysen. Her er Tillerterminalen representert med rød prikk. Det mørkeblå området er så langt man kan nå fra Tillerterminalen på fem minutter, mens det lyseblå området viser hvor langt man kan nå på ti minutter.	52	Figur 69 viser holdeplassen Tiller vgs med busstrafikk mot nord (Foto: Tonje Lysø).	57
Figur 60 viser en annen måte å illustrere resultatet fra rekkeviddeanalysen. Her er Tillerterminalen representert med rød prikk. De mørkeblå bygningene kan nås fra Tillerterminalen på fem minutter, mens de lyseblå bygningene kan nås på ti minutter.	53	Figur 70 viser holdeplassen Tiller vgs med busstrafikk mot sør (Foto: Tonje Lysø).	57
Figur 61 viser en illustrasjon over holdplassene City Syd. Illustrasjon laget av Tonje Lysø basert på informasjon fra Vegkart (Vegkart, 2021).	54	Figur 71 viser delområde nr. 1 fra videoregistreringene.	63
Figur 62 viser bussholdeplassen City Syd som tar imot busstrafikk som går mot byen. Her kan du se et ledegjerde som skiller kollektivtrafikanteres venteplass og fortauet bak holdeplassen (Foto: Tonje Lysø).	54	Figur 72 viser delområde nr. 2 fra videoregistreringene.	63
		Figur 73 viser delområde nr. 3 fra videoregistreringene.	63
		Figur 74 viser delområde nr. 4 fra videoregistreringene.	63
		Figur 75 viser delområde nr. 5 fra videoregistreringene.	63
		Figur 76 viser delområde nr. 6 fra videoregistreringene.	63

- Figur 77 viser kameramodellen som er brukt i videoregistreringene (GoPro, 2020). 64
- Figur 78 viser kameraplasseringen for videoregistrering av Tillerterminalen, markert med lilla kryss (Foto: Tonje Lysø). 64
- Figur 79 viser kameraplasseringen for videoregistrering av kryss nr. 1, markert med lilla kryss (Foto: Tonje Lysø). 64
- Figur 80 viser kameraplasseringen for videoregistrering av kryss nr. 2, markert med lilla kryss (Foto: Tonje Lysø). 65
- Figur 81 viser kameraplasseringen for videoregistrering av kryss nr. 3, markert med lilla kryss (Foto: Tonje Lysø). 65
- Figur 82 viser kameraplasseringen for videoregistrering av kryss nr. 4, markert med lilla kryss (Foto: Tonje Lysø). 65
- Figur 83 viser kameraplasseringen for videoregistrering av kryss nr. 5, markert med lilla kryss (Foto: Tonje Lysø). 65
- Figur 84 viser kameraplasseringen for videoregistrering av kryss nr. 6, markert med lilla kryss (Foto: Tonje Lysø). 66
- Figur 85 viser kameraplasseringen for videoregistrering av kryss nr. 7, markert med lilla kryss (Foto: Tonje Lysø). 66
- Figur 86 viser kameraplasseringen for videoregistrering av kryss nr. 8, markert med lilla kryss (Foto: Tonje Lysø). 66
- Figur 87 viser kameraplasseringen for videoregistrering av kryss nr. 9, markert med lilla kryss (Foto: Tonje Lysø). 66
- Figur 88 viser syv billettkontrollører som krysser vegen utenfor oppmerka gangfelt. Bildet er en skjermdump fra videoregistreringene. 67
- Figur 89 viser en bil, markert med rød ring, som kjører feil ved kryss nr. 3. Bildet er en skjermdump fra videoregistreringene. 68
- Figur 90 viser en illustrasjon av holdeplassirklene, og hvordan passasjerdataene lagres mellom holdeplassene. De gule prikkene langs den røde linjen er sjekkpunkter der dataene oppdateres til databasen. De grønne stiplede ellipsoidene representerer holdeplasssirklene. Illustrasjon laget av Tonje Lysø basert på informasjon fra AtB. 71
- Figur 91 viser passasjertall for metrobuslinje 1 ved Tillerterminalen 1. Tallene er gitt på døgnnivå. Blå graf representerer påstigende kollektivtrafikanter, mens rød graf representerer avstigende kollektivtrafikanter. 72
- Figur 92 viser passasjertall for metrobuslinje 1 ved Tillerterminalen 2. Tallene er gitt på døgnnivå. Blå graf representerer påstigende kollektivtrafikanter, mens rød graf representerer avstigende kollektivtrafikanter. 72
- Figur 93 viser passasjertall for busslinje 16 ved Tillerterminalen 1. Tallene er gitt på døgnnivå. Blå graf representerer påstigende kollektivtrafikanter, mens rød graf representerer avstigende kollektivtrafikanter. 72
- Figur 94 viser passasjertall for busslinje 16 ved Tillerterminalen 2. Tallene er gitt på døgnnivå. Blå graf representerer påstigende kollektivtrafikanter, mens rød graf representerer avstigende kollektivtrafikanter. 73
- Figur 95 viser passasjertall for busslinje 23 ved Tillerterminalen 1. Tallene er gitt på døgnnivå. Blå graf representerer påstigende kollektivtrafikanter, mens rød graf representerer avstigende kollektivtrafikanter. 73
- Figur 96 viser passasjertall for busslinje 23 ved Tillerterminalen 2. Tallene er gitt på døgnnivå. Blå graf representerer påstigende kollektivtrafikanter, mens rød graf representerer avstigende kollektivtrafikanter. 73
- Figur 97 viser passasjertall for busslinje 71 ved Tillerterminalen 1. Tallene er gitt på døgnnivå. Blå graf representerer påstigende kollektivtrafikanter, mens rød graf repre-

senterer avstigende kollektivtrafikanter.	73	Figur 109 viser kodete kollektivlinjer i modellen.	81
Figur 98 viser passasjertall for busslinje 71 ved Tillerterminalen 2. Tallene er gitt på døgnnivå. Blå graf representerer påstigende kollektivtrafikanter, mens rød graf representerer avstigende kollektivtrafikanter.	74	Figur 110 viser etterspørselen for påstigende kollektivtrafikanter.	84
Figur 99 viser passasjertall for busslinje 72 ved Tillerterminalen 1. Tallene er gitt på døgnnivå. Blå graf representerer påstigende kollektivtrafikanter, mens rød graf representerer avstigende kollektivtrafikanter.	74	Figur 111 viser kryssregistreringer for fire kryss vest i studieområdet. Her kan du se kjøretøy per time i makstimen, og hvor mange prosent de ulike svingebevegelesene utgjør. H betyr høyresving, R betyr rett frem, V betyr venstresving og U betyr U-sving.	86
Figur 100 viser passasjertall for busslinje 72 ved Tillerterminalen 2. Tallene er gitt på døgnnivå. Blå graf representerer påstigende kollektivtrafikanter, mens rød graf representerer avstigende kollektivtrafikanter.	74	Figur 112 viser kryssregistreringer for fem kryss øst i studieområdet. Her kan du se kjøretøy per time i makstimen, og hvor mange prosent de ulike svingebevegelesene utgjør. H betyr høyresving, R betyr rett frem, V betyr venstresving og U betyr U-sving.	87
Figur 101 viser et oversiktsbilde av modellen. Tallene som du kan se på figuren er navnene på modellens sentroider.	76	Figur 113 viser en fordeling for etterspørselen til lette kjøretøy i løpet av simuleringssperioden.	88
Figur 102 viser fotgjengerområdet avgrenset med blå linje i modellen. Grønne firkanter markerer ankomstsentroider for fotgjengere, mens de røde firkantene er sentroider som markerer mulige utganger.	77	Figur 114 illustrerer forskjell mellom registrerte svingebevegelser og simulerte svingebevegelser i modellen.	89
Figur 103 viser vegtypene som er brukt i simuleringssmodellen.	78	Figur 115 regresjonsanalyse mellom registrert antall svingebevegelser og simulert antall svingebevegelser.	90
Figur 104 viser justerte reaksjonstidsparametere for hele eksperimentet.	78	Figur 116 viser GEH-verdi for modellens svingebevegelser.	91
Figur 105 viser fartsgrensene på veglenkene i modellen. Data for veglenker er hentet fra Vegkart (Vegkart, 2021).	79	Figur 117 viser reisetid lik 109 sekunder per kilometer, 28.01.2021 klokka 18.05 (Google Maps, 04.05.2021).	92
Figur 106 viser gul boks i et vikepliktsregulert kryss.	80	Figur 118 viser reisetid lik 240 sekunder per kilometer, 28.01.2021 klokka 18.05 (Google Maps, 04.05.2021).	92
Figur 107 viser kodet kollektivfelt illustrert som litt mørkere veglenker i Anne-Kath. Parows Veg ved Tillerterminalen.	80	Figur 119 viser reisetid for alle motoriserte kjøretøy i modellen i basisscenarioet for 2021.	92
Figur 108 viser koding av både busslomme og kantstopp i modellen.	81	Figur 120 viser en oversikt over hvor mange respondenter som besvarte spørreundersøkelsen i løpet av en tidsperiode fra	

10. februar til 4. mars.	96	Figur 132 viser en oversikt over menn som svarer på om de har reist til eller fra Tillerterminalen.	101
Figur 121 viser kjønnsfordelingen blant respondentene.	96	Figur 133 viser en oversikt over respondentenes formål med reiser til eller fra Tillerterminalen.	101
Figur 122 viser fem aldersgrupper med omtrent like mange respondenter. Tallene langs X-aksen viser antall respondenter i absolutte tall.	96	Figur 134 viser reisemiddelfordelingen for kvinner som har reist forbi Tillerterminalen.	102
Figur 123 viser vektet gjennomsnittlig rangering av syv foreslåtte faktorer som ifølge litteraturen ansees som viktige for etterspørselen etter kollektivtransport. Faktoren rangert som nr. 1 er viktigst, mens faktoren rangert som nr. 7 er minst viktig.	97	Figur 135 viser reisemiddelfordelingen for menn som har reist forbi Tillerterminalen.	102
Figur 124 viser en oversikt over kvinner som svarer på om de noen gang reiser med buss i Trondheim.	97	Figur 136 viser en oversikt over busslinjene benyttet av kvinnene som har reist til eller fra Tillerterminalen.	102
Figur 125 viser en oversikt over menn som svarer på om de noen gang reiser med buss i Trondheim.	97	Figur 137 viser en oversikt over busslinjene benyttet av menn som har reist til eller fra Tillerterminalen.	102
Figur 126 viser vektet gjennomsnittlig rangering av syv foreslåtte faktorer som ansees som viktige ved bussholdeplasser i henhold til litteraturen. Faktoren rangert som nr. 1 er viktigst, mens faktoren rangert som nr. 7 er minst viktig.	98	Figur 138 viser en oversikt over kvinner som har byttet buss ved Tillerterminalen.	103
Figur 127 viser kjønn- og aldersfordeling blant dem som ikke reiser med buss i Trondheim.	99	Figur 139 viser en oversikt over menn som har byttet buss ved Tillerterminalen.	103
Figur 128 viser begrunnelser for at respondenter ikke velger å reise med buss.	100	Figur 140 viser hvilke busslinjer kvinnene har byttet mellom.	103
Figur 129 viser en oversikt over kvinner som svarer på om de kjenner til Tillerterminalen.	100	Figur 141 viser hvilke busslinjer menn har byttet mellom.	103
Figur 130 viser en oversikt over menn som svarer på om de kjenner til Tillerterminalen.	101	Figur 142 viser et oversiktsbilde over respondentenes vanligste gangruter for de fem ulike aldersgruppene.	104
Figur 131 viser en oversikt over kvinner som svarer på om de har reist til eller fra Tillerterminalen.	101	Figur 143 viser innzoomet bilde over respondentenes vanligste gang- eller sykkelrute til eller fra Tillerterminalen gruppert etter alder.	105
		Figur 144 viser respondentenes svar på påstanden: «Tillerterminalen har nærhet til destinasjoner jeg ønsker å nå».	106
		Figur 145 viser respondentenes svar på påstanden: «Jeg opplever det enkelt å gå/	



sykle fra Tillerterminalen til mine ønskede destinasjoner».	107	Figur 156 viser menn i alderen 51-80 år som svarer på om de opplever det trafiksikkert å ferdes ved Tillerterminalen.	114
Figur 146 viser respondentenes svar på påstanden: «Jeg opplever det trafiksikkert å gå fra Tillerterminalen til mine ønskede destinasjoner».	108	Figur 157 viser respondentenes svar på påstanden: «Jeg opplever at kollektivtilbudet i Trondheim har blitt bedre etter etableringen av Tillerterminalen» koblet sammen med deres vanligste gang- eller sykkelrute.	116
Figur 147 viser kvinner i alderen 18-21 år som svarer på om de opplever det trafiksikkert å ferdes ved Tillerterminalen.	108	Figur 158 viser kollektivtrafikanter, rosa prikker, som går fra metrobuslinje 1 og krysser Anne-Kath. Parows Veg ved gangfeltene.	118
Figur 148 viser menn i alderen 18-21 år som svarer på om de opplever det trafiksikkert å ferdes ved Tillerterminalen.	109	Figur 159 viser fotgjengere, rosa prikker, som venter ved bussholdeplassene på Tillerterminalen, og fotgjengere som krysser Anne-Kath. Parows Veg i gangfelt.	118
Figur 149 viser kvinner i alderen 22-30 år som svarer på om de opplever det trafiksikkert å ferdes ved Tillerterminalen.	110	Figur 160 viser simulert trafikkvolum for basisscenarioet i kjøretøy per time.120	
Figur 150 viser menn i alderen 22-30 år som svarer på om de opplever det trafiksikkert å ferdes ved Tillerterminalen.	110	Figur 161 viser simulert trafikkvolum gitt i kjøretøy per time for 2030.	120
Figur 151 viser kvinner i alderen 31-40 år som svarer på om de opplever det trafiksikkert å ferdes ved Tillerterminalen.	111	Figur 162 viser simulert trafikkvolum gitt i kjøretøy per time for 2050.	120
Figur 152 viser menn i alderen 31-40 år som svarer på om de opplever det trafiksikkert å ferdes ved Tillerterminalen.	112	Figur 163 viser differanseplott for trafikkmengde mellom basisscenario og scenario 1 i 2030.	121
Figur 153 viser kvinner i alderen 41-50 år som svarer på om de opplever det trafiksikkert å ferdes ved Tillerterminalen.	112	Figur 164 viser differanseplott for trafikkmengde mellom basisscenario og scenario 2 i 2050.	121
Figur 154 viser menn i alderen 41-50 år som svarer på om de opplever det trafiksikkert å ferdes ved Tillerterminalen.	113	Figur 165 viser simulert forsinkelse i sekunder for basisscenarioet.	122
Figur 155 viser kvinner i alderen 51-80 år som svarer på om de opplever det trafiksikkert å ferdes ved Tillerterminalen.	113	Figur 166 viser simulert forsinkelse i sekunder for 2030.	122
		Figur 167 viser simulert forsinkelse i sekunder for 2050.	122
		Figur 168 viser hastighet i kilometer per time for basisscenarioet.	123



Figur 169 viser simulert hastighet i kilometer per time for 2030.	123
Figur 170 viser simulert hastighet i kilometer per time for 2050.	123
Figur 171 viser tetthet for basisscenarioet i kjøretøy per kilometer.	124
Figur 172 viser tetthet i 2030 i kjøretøy per kilometer.	124
Figur 173 viser tetthet for 2050 i kjøretøy per kilometer.	124
Figur 174 viser antall kjøretøy som tar U-sving i modellen i den nye rundkjøringen mellom Anne-Kath. Parows Veg og Østre Rosten.	126
Figur 175 viser antall kjøretøy som foretar U-sving i nærmeste rundkjøring vest for Tillerterminalen i Anne-Kath. Parows Veg.	127
Figur 176 viser reisetid i sekunder per kilometer for lette kjøretøy, tunge kjøretøy og busser i basisscenarioet for 2021 og scenario 1 for 2030.	128
Figur 177 viser reisetid i sekunder per kilometer for lette kjøretøy, tunge kjøretøy og busser i basisscenarioet for 2021 og scenario 2 for 2050.	128
Figur 178 viser områder i modellen med høy trafikkbelastning for simuleringstidspunktet 18:05 i 2050.	129
Figur 179 viser områder i modellen med høy trafikkbelastning for simuleringstidspunktet 18:15 i 2050.	129
Figur 180 viser områder i modellen med høy trafikkbelastning for simuleringstidspunktet 18:25 i 2050.	130
Figur 181 viser områder i modellen med høy trafikkbelastning for simuleringstidspunktet 18:35 i 2050.	130

Figur 182 viser et bilde tatt på gang- og sykkelbrua over Anne-Kath. Parows Veg. Her ser du en lang kø mot kryss nr. 3 fra avkjøringsrampa til E6. (Foto: Tonje Lysø).	140
--	-----

Figur 183 viser Tillerterminalen på en novemberdag med morgensol (Foto: Tonje Lysø).	143
--	-----

Figur 184 viser at man kan angi synkronisering mellom busslinjer i modellen.	145
--	-----

## Tabelliste

Tabell 1 viser metrobussholdeplassenes dimensjoneringskriterier (Miljøpakken, 2017).	6
--	---

Tabell 2 viser fundamentale relasjoner mellom variabler på mikroskopisk- og makroskopisk nivå (Knoop, 2017).	27
--	----

Tabell 3 viser en oversikt over bygninger med tilhørende funksjon som kan nås på henholdsvis fem og ti minutters gangavstand fra Tillerterminalen.	53
--	----

Tabell 4 viser en oversikt over noen av søkeordene som ble benyttet i litteratursøket og antall treff som ble funnet for hver av de tre søkemotorene google.no, scholar.google.no og ORIA.	59
--	----

Tabell 5 viser en oversikt over de ulike registreringsdagene med tilhørende delområder.	62
---	----

Tabell 6 viser en oversikt over de ulike kryssene innenfor studieområdet, og hvordan makstimen er forskjellig fra de andre registrerte timene.	69
--	----

Tabell 7 viser hvor mange avganger per time hver enkelt busslinje har i hver retning ved Tillerterminalen. Tallene baserer seg på manuelle tellinger under makstimen.	69
---	----

Tabell 8 viser oppholdstid for de ulike buslinjene ved Tillerterminalen med tilhørende standardavvik.	70	Tabell 19 viser resultat fra rangeringsspørsmålet med syv faktorer. Her er tallet 1 viktigst og tallet 7 minst viktig. For hver faktor er det oppgitt hvor mange ganger den er rangert som nr. 1, 2, 3, 4, 5, 6 og 7. Det er også kalkulert et vektet gjennomsnitt som er tallet figur 126 bygger på. Tallet 1 indikerer faktoren som respondentene synes er viktigst og tallet 7 minst viktig.	99
Tabell 9 viser antall av- og påstigende i gjennomsnitt med tilhørende standardavvik for alle buslinjer som passerer Tillerterminalen i løpet av makstimen.	70	Tabell 20 viser respondentenes svar på påstander om Tillerterminalens tilgjengelighet.	106
Tabell 10 viser passasjerdata for Tillerterminalen på hverdager i perioden 2. november 2020 til 18. februar 2021.	75	Tabell 21 viser respondentenes svar på påstander om Tillerterminalens rutetilbud.	115
Tabell 11 viser hvor avstigende kollektivtrafikanter fra Tillerterminalen går ut av modellen.	83	Tabell 22 viser respondentenes svar på påstander om Tillerterminalens fasiliteter.	115
Tabell 12 viser hvor påstigende kollektivtrafikanter ved Tillerterminalen ankommer modellen.	83	Tabell 23 viser respondentenes svar på påstanden: «Jeg opplever at kollektivtilbudet i Trondheim har blitt bedre etter etableringen av Tillerterminalen».	116
Tabell 13 viser avstigningsdistribusjon i prosent ved Tillerterminalens ankomstsentrider	83	Tabell 24 viser hvor mange fotgjengere som har ankommet modellen i løpet av simuleringsperioden, hvor mange sekunder de har gått i gjennomsnitt og hvilken ganghastighet de har hatt. Standardavvik er også gitt for alle størrelser.	119
Tabell 14 viser kollektivdata for metrobuslinje 1 ved Tillerterminalen 1 og City Syd.	83	Tabell 25 viser data for en gjennomsnittlig kollektivtrafikanter ved de tre modellerte scenariene. Her kan du se data for påstigninger, avstigninger og ventetid ved både Tillerterminalen 1 og Tillerterminalen 2.	119
Tabell 15 viser OD-matrisen jeg har forholdt meg til gjennom utarbeiding av modellen. Grå celler indikerer umulige rutevalg, grønne ruter er gitt direkte fra videoregistreringene og hvite ruter behøver å bli estimert.	85	Tabell 26 viser «missed turns», «lost vehicles» og «vital queue» fra modellen for alle simulerte scenarier.	125
Tabell 16 viser estimert, kalibrert og validert OD-matrise for lette kjøretøy.	88		
Tabell 17 viser prosentvis vekst for fremtidsscenarioene i 2030 og 2050 for personbiltransport, kollektivtransport og godstransport på veg.	93		
Tabell 18 viser resultat fra rangeringsspørsmålet med syv faktorer. For hver faktor er det oppgitt hvor mange ganger den er rangert som nr. 1, 2, 3, 4, 5, 6 og 7. Det er også kalkulert et vektet gjennomsnitt som er tallet figur 123 bygger på. Tallet 1 indikerer faktoren som respondentene synes er viktigst og tallet 7 minst viktig.	98		



Foto: Visualiseringsbilde  
av Multiconsult.



# 1. Innledning

I Norge er det definert et nullvekstmål som sier at all fremtidig vekst i persontransport skal tas med kollektiv, sykkel og gange. Denne oppgaven begrenser seg til å se på hvordan målet kan nås ved at flere reiser kollektivt i Trondheim.

I 2013/14 ble kun 10 prosent av alle daglige reiser gjennomført med kollektivtrafikk i Trondheim, og reisevaneundersøkelser for samme by viser at bil er et foretrukket reisemiddel over kollektivtransport for alle reiselengder.

Trondheim har gjort mange tiltak for å gjøre det mer attraktivt å reise kollektivt. De har investert i nye metrobusser, oppgradert en rekke holdeplasser, lagt om rutestrukturen for å få mer effektive linjer og lagt til rette for knute- og omstigningspunkter som har til hensikt å gjøre det mer overkommelig for reisende å bytte buss. Tillerterminalen er et slikt kollektivknutepunkt.

Tillerterminalen ble tatt i bruk i starten av 2020, og er en midtstilt holdeplass som befinner seg 7,5 km sør for Trondheim sentrum i Anne-Kath. Parows Veg på Tiller. Den har kapasitet til å ta imot 6 busser samtidig, og siden alle bussene stopper ved samme plattform skal det være enkelt å foreta bussbytte. For å kunne bygge Tillerterminalen har to kryss blitt endret på Tiller. Et signalregulert kryss ble gjort om til en rundkjøring, og en annen rundkjøring ble fjernet helt. Det betyr at rutevalg som tidligere var mulig ikke lengre er det.

Forskningsspørsmålene er:

- 1.** Hvordan oppleves Tillerterminalen av de som bruker den?
- 2.** Er det mulig å lage en realistisk mikrosimuleringsmodell for området ved Tillerterminalen for 2021?
- 3.** Hvilken innvirkning har tilrettelegging av Tillerterminalen på trafikk i området?

Denne masteroppgaven er delt inn etter bakgrunn, litteratursøk, studieområde, metode, resultater, diskusjon og konklusjon.

Bakgrunnen beskriver nullvekstmålet reise-middelfordelingen, informasjon om kollektivtilbudet i Trondheim, en områdebeskrivelse av Tiller og planleggingen av Tillerterminalen.

Litteratursøket har til hensikt å samle informasjon til å kunne svare på forskningsspørsmålene. Her nevnes reisemiddelvalg, kollektivtransport og transportmodeller. Forskningshull som gjør denne masteroppgaven relevant kommer også frem.

I delkapittelet om studieområdet blir kryss og holdeplasser presentert hver for seg. Informasjon om skilt og oppmerking som er spesielt tilpasset Tillerterminalens utforming blir også nevnt. Til slutt blir studieområdets kollektivtilbud beskrevet med rutetilbud, holdeplassutforming og servicetilbud.

I metoden beskriver jeg hvordan datainnsamlingen har foregått, og hvilke forutsetninger som er lagt til grunn for å modellere studieområdet i en mikrosimuleringsmodell. Datainnsamlingen består av et litteratursøk, en spørreundersøkelse, videoregistreringer og passasjerdata fra AtB.

Resultatene er gitt for spørreundersøkelsen og trafikksimuleringsmodellen hver for seg. For spørreundersøkelsen blir hvert enkelt spørsmål med respondentenes svar gått gjennom. Fra mikrosimuleringsmodellen er resultatene delt inn i resultater for fotgjengere og for øvrige motorkjøretøy.

I diskusjonen blir de tre forskningsspørsmålene diskutert. Her blir teorien fra litteratursøket brukt flittig for å kunne gi reflekterte svar på spørsmålene.

Konklusjonen er et resultat av diskusjonen. I denne delen bidrar resultatet av forskningsspørsmålene til å vurdere om Tillerterminalen faktisk er et høykvalitets kollektivtilbud.



Foto: Tonje Lyso.

## 2. Bakgrunn

### 2.1 Nullvekstmålet

Nullvekstmålet ble lagt til grunn av Stortinget i Klimaforliket i 2012, og sier at all vekst i personbiltransport skal tas med kollektiv, sykkel og gange (Regjeringen, 2020). Gjennomgangstrafikk, offentlig og privat tjenestetransport og næringstransport er unntatt fra nullvekstmålet (Statens vegvesen, 2018a).

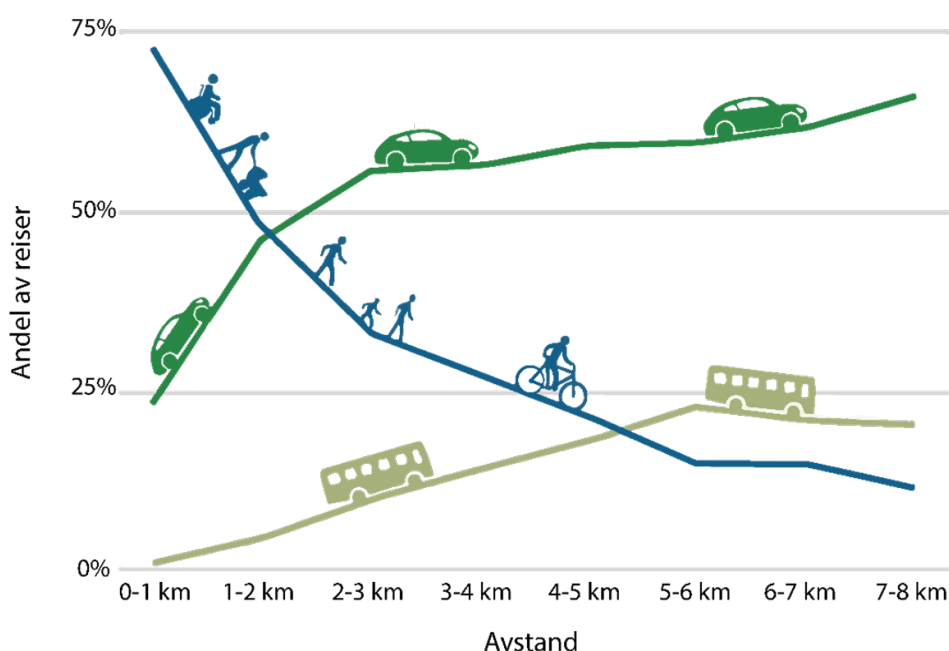
For å prøve å ivareta nullvekstmålet har det blitt opprettet bymiljøavtaler, byutviklingsavtaler og byvekstavtaler. Det første virkemiddelet for å nå nullvekstmålet som ble benyttet i Norges byer var bompengeneinnkreving. Deretter ble det opprettet bymiljøavtaler, der byene i tillegg til bompengeneinnkreving fikk økonomisk støtte av staten til å gjennomføre en høykvalitets kollektivsatsing (Regjeringen, 2020).

Bymiljøavtalene ble presentert for første gang i Nasjonal transportplan 2014–2023, og gjaldt de ni største byområdene i Norge. Siden den gang ble det inngått byutviklingsavtaler som hadde til hensikt å konkretisere arealforpliktelsene fra regionale og interkommunale areal- og transportplaner i bymiljøavtalene. Byutviklingsavtalene

var et forpliktende samarbeid mellom kommunene, fylkeskommunene og staten (Regjeringen, 2020). Reforhandling av byutviklingsavtalene skal skje ved hver fremleggelse og behandling av Nasjonal transportplan (Statens vegvesen, 2020a).

Det ble også gjennomført åtte byutredninger av Statens vegvesen, Jernbanedirektoratet og de involverte fylkeskommunene og kommunene. Byutredningene evaluerer virkemiddelpakker som har til hensikt å nå nullvekstmålet. Virkemidlene er delt inn etter temaene arealbruk, kollektivtiltak, gang- og sykkeltiltak, parkering, vegprising og bompenger og vegutbygging (Statens vegvesen, 2018a).

I 2019 ble nullvekstmålet videreutviklet med en klar hensikt. Det nye nullvekstmålet lyder som følger: «I byområdene skal klimagassutslipp, kø, luftforurensning og støy reduseres gjennom effektiv arealbruk og ved at veksten i persontransporten tas med kollektivtransport, sykling og gange» (Samferdselsdepartementet, 2020). Det nye målet knytter transport og arealbruk tettere sammen, og tar opp hvilke eksterneffekter man har som mål å redusere ved at færre benytter personbil som transportmiddel på sine reiser.



Figur 1 viser reisemiddelvalg som funksjon av reiselengde i Trondheim. Tallene er basert på Reisevaneundersøkelsen 2013/14 (Trondheim kommune, 2019).



## 2.2 Reisemiddelfordeling

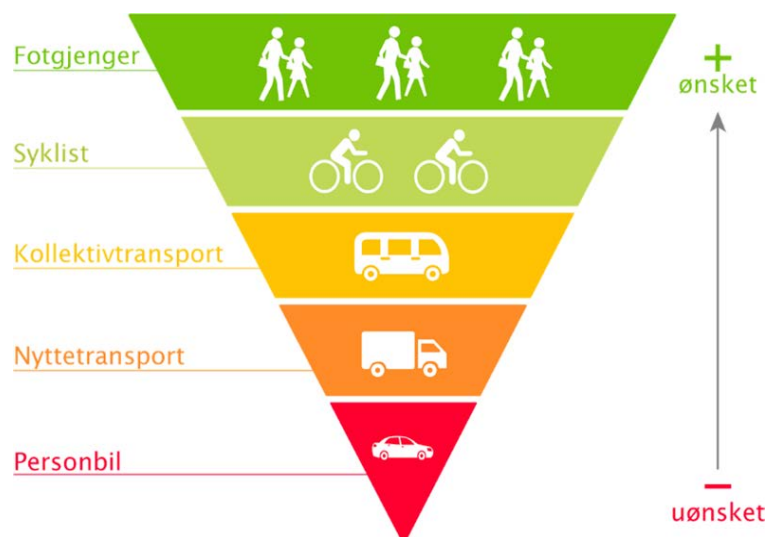
Tall fra den nasjonale reisevaneundersøkelsen 2013/14 viser at vi i gjennomsnitt reiser litt over tre turer hver dag (Hjorthol et al., 2014). Samtidig viser Statistisk Sentralbyrås hovedalternativ for befolkningsframskrivning en befolkningsvekst på 886.116 innen 2100 sammenlignet med i dag (SSB, 2020). Det kan bety at antall reiser vil øke på grunn av økt antall mennesker i befolkningen.

Nasjonale tall for reisemiddelfordeling viser at daglige reiser til fots utgjør 21 prosent, sykkel utgjør 5 prosent, bil som bilfører utgjør 55 prosent, bil som passasjer utgjør 8 prosent, kollektive transportmidler utgjør 10 prosent og andre reisemidler utgjør 1 prosent. Undersøkelsen viser også at 14 prosent av daglige reiser er under 1 km, 25 prosent er mellom 1 og 2,9 km, 15 prosent er mellom 3 og 4,9 km og 18 prosent er mellom 5 og 9,9 km (Hjorthol et al., 2014). Disse tallene viser et stort potensial for å kunne nå nullvekstmålet. Eksempelvis hvis alle reiser under tre kilometer ble tatt med gange og sykkel ville det føre til en økt andel for disse reisemidlene på 13 prosent. Kollektivtransport kan også bli et foretrukket reisemiddel på de fleste reiselengder.

Hvilket reisemiddel man velger avhenger av reiselengden. Figur 1 viser hvor sannsynlig det er for en person i Trondheim å velge og reise med bil, gange og sykkel eller kollektivtransport for ulike avstander. Som man kan se fra figuren er det mest sannsynlig at en person går eller sykler for reiselengder mindre enn 2 km, mens for reiser over 2 km er det mest sannsynlige reisemiddelet bil. Gange og sykkel er kun foretrukket ovenfor kollektivtransport så lenge reisen er under 5 km (Trondheim kommune, 2019). Med andre ord må tilgjengeligheten til nødvendige varer og tjenester være høy for å minske sannsynligheten for at bil blir det foretrukne alternativet. Dermed vil fortetting og planlegging av kompakte byområder være ideelt for å ivareta nullvekstmålet (Schmidt, 2014).

Det er stor diskusjon i samfunnet om hvem man skal planlegge gaterom for. Dagens vegsystem er i stor grad preget av en klassifisering basert på vegtype. Vegtypene bestemmes eksempelvis av faktorer som vegbredde, fartsgrense og trafikkmengde, og er dermed i stor grad tilpasset motoriserte kjøretøy (Statens vegvesen, 2019b).

I en artikkel skrevet av Stephen Marshall diskuteres det hvorvidt man må finne en ny klassifisering. Han mener at alle gater ikke trenger å være tilpasset samme formål, og noen ganger vil de ulike formålene man ønsker å tilrettelegge i samme gate være konflikterende. Da bør formålene isteden deles mellom forskjellige gater. Formål som kan være konflikterende i gater er for eksempel lek, handel og gjennomgangstrafikk (Marshall, 2004).



Figur 2 viser en mobilitetspyramide, der noen reisemidler er prioritert over andre (Statens vegvesen, 2019).

For å ta et eksempel vil gater som både er tilrettelagt for lek og gjennomgangstrafikk være en dårlig gate for begge disse formålene. Da vil foreldre oppleve det lite trafiksikkert å la barna sine leke i gata på grunn av mye trafikk med høy hastighet, samtidig som gjennomgangstrafikken er nødt til å senke hastigheten og holde utgikk etter barn. Med andre ord får ingen av trafikantgruppene dekket sine behov.

I noen byer både i Norge og internasjonal er det definert en prioriteringspyramide for hvilke trafikantgrupper som er viktigst å prioritere i gatene, og hvilke som er mindre viktige. Figur 2 viser et eksempel på dette. Her prioriteres myke trafikanter over kollektivtrafikk, etterfulgt av nyttetransport og personbil (Statens vegvesen, 2019).

## 2.3 Kollektivtransport i Trondheim

Trondheim har hatt en stor kollektivsatsing de siste årene, særlig rettet mot buss. I august 2019 ble de første metrobussene operative. Figur 3 viser dagens rutetilbud for Trondheim i et linjekart. Kollektivtilbudet består av metrobuslinjene S1, S2 og S3, 42 mindre busslinjer og en trikkelinje. I tillegg kommer nattbuss og skolebuss (ATB, 2019b).

Metrobussene er designet av Van Hool og skal minne om trikk (Bussmagasinet, 2018). De er omtrent 24 meter lange og

har plass til rundt 142 passasjerer. Til sammenligning har en normal leddbuss kun plass til 97 passasjerer og er kun 18,75 meter lang (Ruter, 2007 og ATB, 2019a).

Siden metrobussene er en del lengre enn vanlige leddbusser ble det nødvendig å bygge om 150 holdeplasser, og alle holdeplassene ble valgt valgt å bygge som kantstopp (Miljøpakken, 2019).

Plattformen ved metrobussholdeplassene ble dimensjonert etter kriterier for antall metrobuslinjer og antall andre busslinjer som passerer holdeplassen, samt nærhet til viktige publikumsattraktive målpunkt. Møblement og leskur ved holdeplassen ble dimensjonert etter passasjergrunnlaget. Det er antatt 2,43 personer per kvadratmeter i holdeplassenes leskur. Fra tabell 1 kan du se nærmere hvilke plattformlengder og leskurlengder som er valgt basert på kriteriene som er satt (Miljøpakken, 2017).

Tabell 1 viser metrobussholdeplassenes dimensjoneringskriterier (Miljøpakken, 2017).

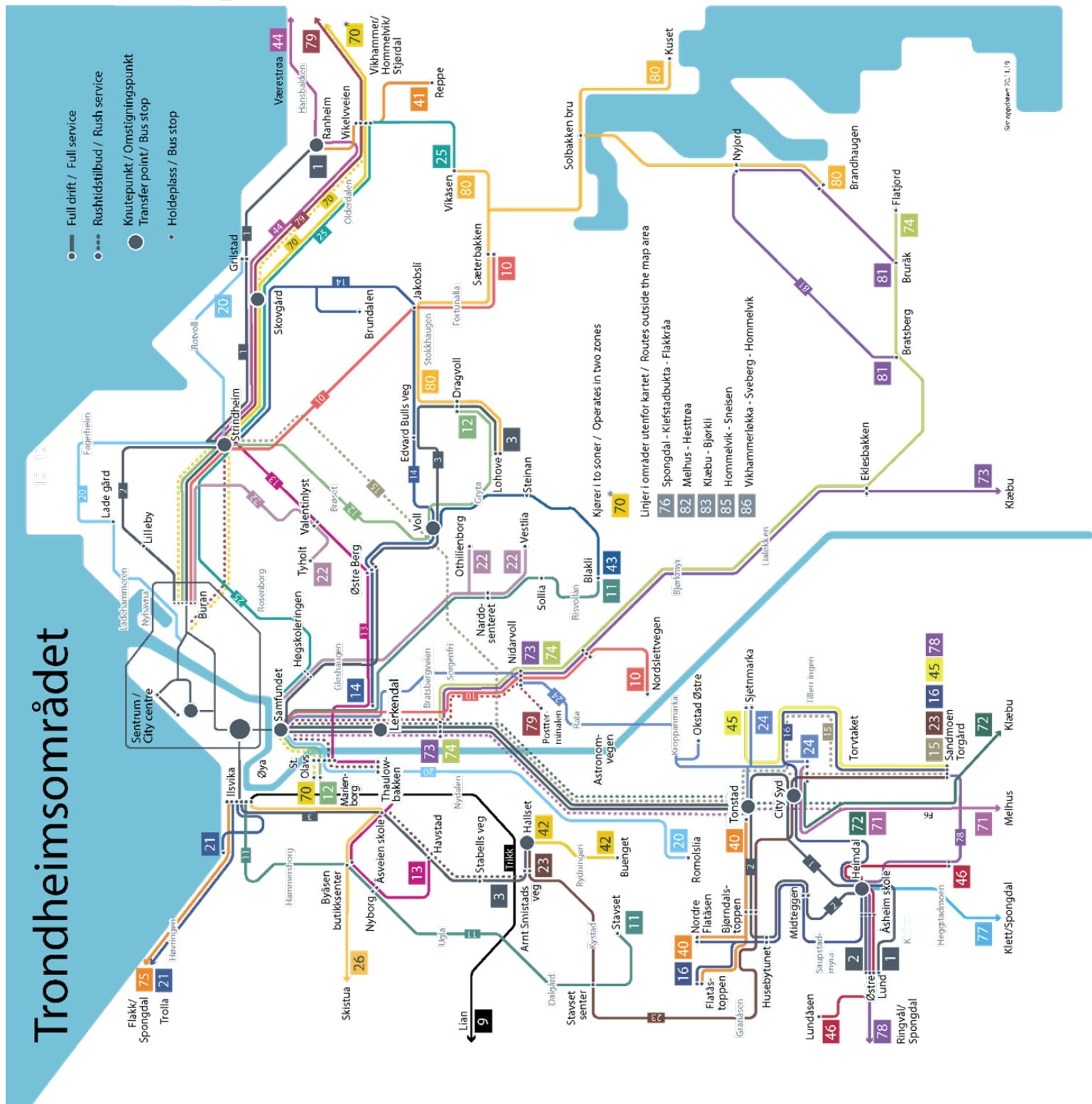
Lengde på plattform [m]	Lengde på leskur [m]	Kriterier
60	24	Flere metrobuslinjer og flere andre busslinjer på strekningen, og nærhet til spesielt viktige målpunkt som bysentrum, universitet og idrettshaller.
40	12-21	En metrobuslinje og flere andre busslinjer på strekningen, og nærhet til målpunkt med mange passasjerer.
25	3-12	En metrobuslinje og få eller ingen andre busslinjer på strekningen.

Leskurene i Trondheim er levert av Clear Channel Norge som er «Norges største aktør innen utendørsreklame», mens produsenten er det belgiske selskapet Epsilon Cities (Miljøpakken, 2017 og Clear Channel, 2020). Epsilon Cities startet å produsere leskur for busstopp i 2001, og har siden levert sine tjenester til en rekke store byer i Frankrike, Belgia, Storbritannia, Norge, Sverige, Finland, Tyskland, Danmark, Ungarn og Sveits. Nå har de mange varianter av leskur både med og uten grønne tak som er lukket og gir ly i ulik grad. På

figur 4 og 5 kan du se noen eksempler på leskurene de produserer (Epsilon Cities, 2020a, Epsilon Cities, 2020b og Epsilon Cities, 2020c).

Leskurene er satt sammen av seksjoner med lengde på tre meter, noe som gir fleksibilitet til å bestemme akkurat hvor langt leskur som er nødvendig for hver enkelt holdeplass. Leskuret har glassvegger som bidrar til sosial sikkerhet blant kollektivtrafikantene. I andre seksjon skal leskuret være åpent for at kollektivtrafikan-





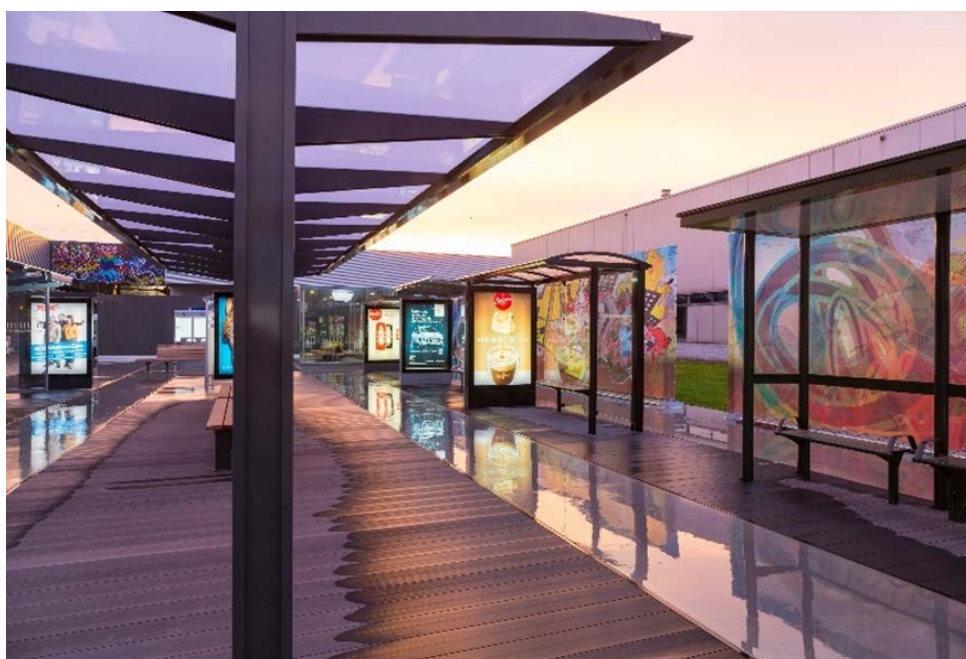
Figur 3 viser dagens rutetilbud for Trondheim i et linjekart (ATB, 2019).

ter enkelt kan komme seg til og fra hold-  
eplassen. Derimot hvis det er sykkelveg  
rett bak holdeplassen må bakveggen være  
lukket på grunn av trafikksikkerhetshen-  
syn. Fra figur 6 kan du se utformingen av  
Trondheim kommunes nye leskur for metro-  
bussholdeplasser. Leskuret er 2,65 meter  
høyt og 1,95 meter bredt med takover-  
bygget. Sideveggene er 0,95 meter brede  
der det ikke finnes reklameplakat og 1,55  
meter brede der det gjør det (Miljøpakken,  
2017).

Leskurene skal inneholde en reklamevegg

i endeveggen i leskurets første seksjon,  
billettautomat og billettvalidator, infotavle,  
sanntidsskjermer, avfallsbeholdere, talein-  
formasjon, benker, symbolsøyle på taket,  
skilt for kollektivholdeplass, navn på stas-  
jon og glassmarkering. Dersom holdeplas-  
sen står i terreng med stor helning skal det  
være tettingselement under glassveggen  
(Miljøpakken, 2020).

Vegetasjon er det ikke plass til på plat-  
former med standard størrelse, men der  
det er plass bak holdeplassen kan møbler-  
ing og beplantning finne sted. Det bør også



Figur 4 viser noen eksempler på leskur produsert av Epsilon Cities (Epsilon Cities, 2020a).

Figur 5 viser to leskur med grønne tak fra Nederland produsert av Epsilon Cities (Epsilon Cities, 2020b).

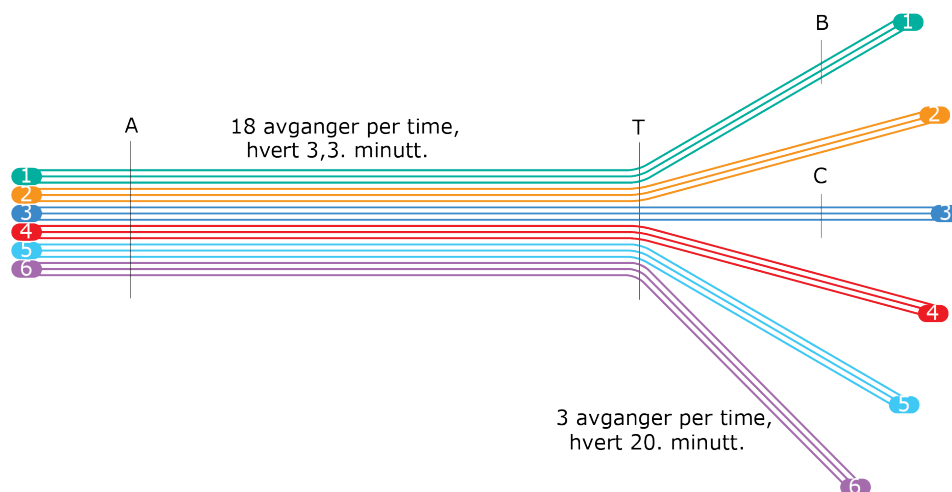


være tilgjengelig sykkelparkering ved holdeplassen. Noen steder kan møblering gå på bekostning av sykkelparkering, dersom det er hensiktsmessig. Ledegjerder skal brukes der det er nødvendig for trafikksikkerheten (Miljøpakken, 2020).

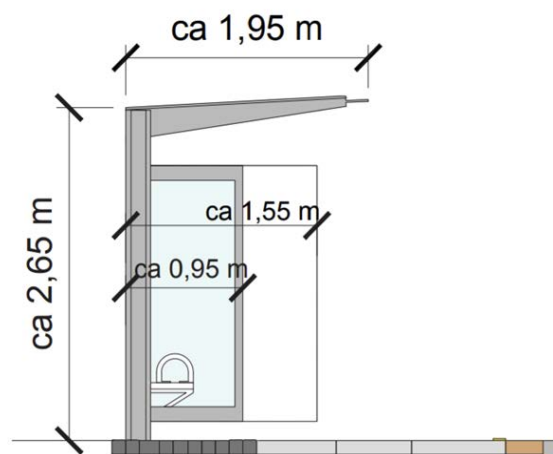
Belysningen ved holdeplassene skal oppfylle kravet til TEK 10. Ved holdeplassene er det også tenkt på en rekke elementer som skal ivareta universell utforming (Miljøpakken, 2017 og Miljøpakken, 2020).

I forbindelse med oppgraderingen av kollektivtilbudet i Trondheim ble også rutestrukturen lagt om. Byen gikk fra å ha en rutestruktur der nesten alle byens linjer gikk gjennom de samme gatene, til å få en rutestruktur der metrobuslinjene er hovedlinjene og de mindre busslinjene har funksjon som matebusser. Denne omleggingen følger prinsipper som det er felles enighet om i England og Skandinavia (Nielsen and Lange, 2005).

Figur 7 viser en illustrasjon over hvordan rutetilbudet så ut før omlegging. Da gikk de aller fleste bussene gjennom de samme bygatene vist som strekningen mellom holdeplass A og T. Først ved holdeplass T går de ulike busslinjene i forskjellige retninger. På figuren er det seks busslinjer med tre avganger i timen. Hvis vi antar



Figur 7 viser en rutestruktur med seks linjer. Linjene er begrenset til samme strekning mellom holdeplass A og T, mens fra holdeplass T går de i forskjellige retninger (Nielsen og Lange, 2005).



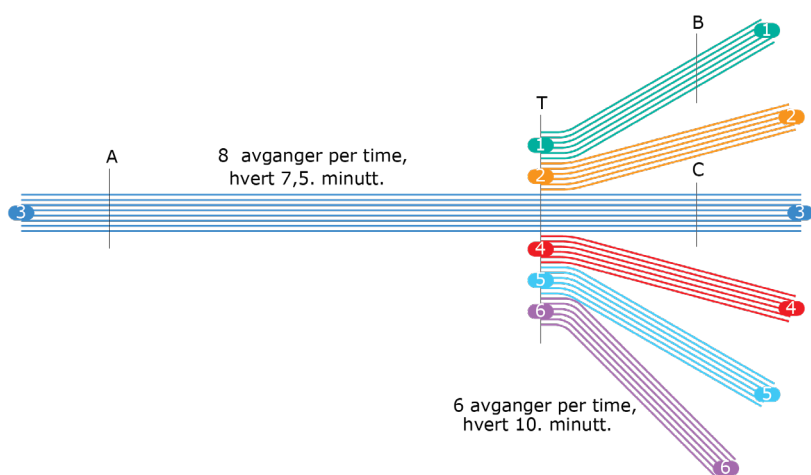
Figur 6 viser utformingen av Trondheims nye leskur for metrobussholdeplasser (Miljøpakken, 2017).

uniform avgangstid betyr det at hver buslinje har en avgang hvert 20. minutt. Ved uniform avgangstid mellom de ulike busslinjene vil det gi en ny avgang mellom holdeplass A og T hvert 3,3. minutt (Nielsen and Lange, 2005).

Figur 8 viser en illustrasjon over hvordan rutetilbudet ser ut etter omlegging. Mellom holdeplassene A og T går det kun en buslinje i istedenfor seks. Den har 8 avganger i timen som tilsvarer en ny avgang hvert 7,5. minutt ved uniform avgangstid. Fra holdeplass T går fem matebusslinjer i forskjellige retninger. Disse har avgang hvert 10. minutt ved uniform avgangstid (Nielsen and Lange, 2005).



Etter omleggingen av rutetilbudet må kollektivtrafikanterne foreta en omstigning for å reise fra eksempelvis A til B. Det var ikke tilfellet før omleggingen, men til gjengjeld er total gjennomsnittlig ventetid ved denne reisen redusert. Samtidig har ventetiden for reiser mellom holdeplass A og T blitt lengre (Nielsen and Lange, 2005).



For å få til bytter mellom hovedlinjer og mindre lokalbusser så bra som mulig stilles det krav til omstigningspunkt. I 2019 ble det tilrettelagt 40 holdeplasser som har funksjon som knute- og omstigningspunkt langs metrobussens linjer i Trondheim (Miljøpakken, 2019). Et av disse kollektivknutepunktene er Tillerterminalen.

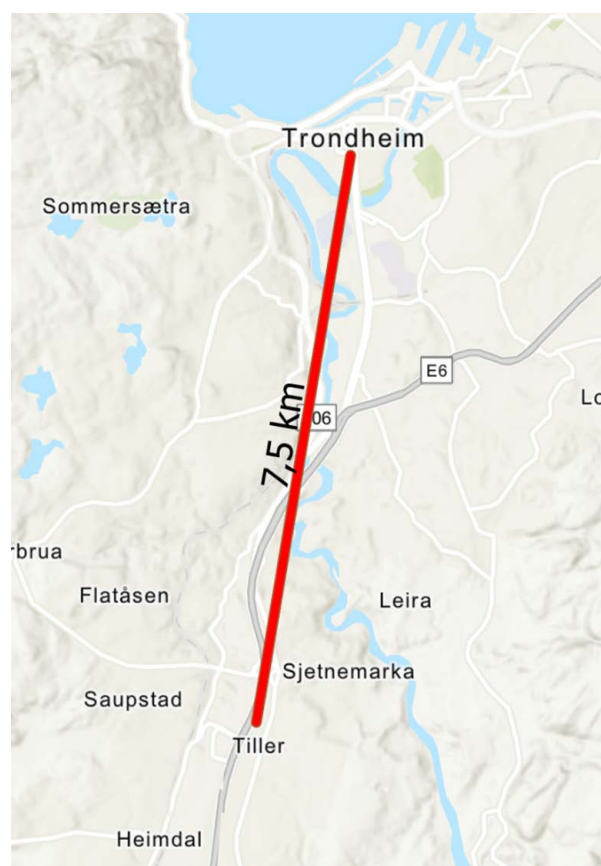
Figur 8 viser hvordan rutestrukturen kan endres for å minske gjennomsnittlig ventetid for kollektivtrafikanterne. Ruteomleggingen består i en hovedbusslinje mellom holdeplass A og C via T, og seks matebusslinjer i forskjellige retninger fra holdeplass T (Nielsen og Lange, 2005).

## 2.4 Tiller

Tiller ligger omtrent 7,5 km sør for Trondheim sentrum som vist på figur 9. Området er regulert til sentrumsformål, og du finner store handelsområder med kjøpesentre, hotell og spisesteder. I tillegg er det boligområder, skoler og idrettsanlegg i nærheten (Trøndelag fylkeskommune, 2018).

Området jeg skal se videre på er vist i detalj på figur 10. Her kan de se gate navn og kjøpesenteret City Syd. Anne-Kath. Parows Veg er spesielt viktig i denne oppgaven, ettersom det er her Tillerterminalen får sin endelige lokasjon i 2020.

Som du kan se fra figur 10 var det originalt en rundkjøring midt i Anne-Kath. Parows Veg og et signalregulert X-kryss mellom Anne-Kath. Parows Veg og Østre Rosten. Anne-Kath. Parows Veg var en firefeltsgate der busser, tunge og lette kjøretøy delte kjørebane. Det var også sidestilte bussholdplasser i Anne-Kath. Parows Veg utformet



Figur 9 viser avstanden mellom Trondheim sentrum og Tiller (Kart laget i ArcGIS Pro med "basemap").

som busslommer (Rambøll, 2018).

Tiller er preget av store handleområder med spredt bebyggelse, massive omkringliggende veganlegg og gratis parkering. I tillegg har området tett tilknytning til E6. Målet for området i fremtiden er at det skal tilrettelegges med urban form slik at det skal bli lettere å komme seg rundt med kollektivtransport, sykkel og gange (Trøndelag fylkeskommune, 2018).

I gjeldende kommunedelplan skal alle dagens parkeringsplasser i området under bakken. Det frigir 32.000 kvadratmeter som kan brukes til andre arealformål (Trøndelag fylkeskommune, 2018). Med bakgrunn i dette og bymiljøavtalen som er inngått i Trondheim ble behovet for bedre kollektivtilrettelegging i området adressert. Det ble derfor vedtatt i fylkeskommunen og kommunen at det ønskes en kollektivterminal på Tiller (Trøndelag fylkeskommune, 2018).

I planprosessen for å tilrettelegge kollektivtransport på Tiller er det lagt stor vekt på å gi god fremkommelighet for bussene, og ivareta trafikksikkerheten i området. Målet med arbeidet var å tilfredstille kundebehov, og bidra til størst mulig kundegrunnlag for buss i Trondheim (Trøndelag fylkeskommune, 2018).

### 2.4.1 Alternativer for kollektivknutepunkt

Siden det var felles enighet om at en kollektivterminal på Tiller var ønskelig ble tre mulige løsninger evaluert. Alle hadde en variant av bussprioritering langs Anne-Kath. Parows Veg.

Det første alternativet var to 60 meter lange sidestilte kantstopp vest i Anne-Kath. Parows Veg. To av dagens fire kjørefelt skulle endres til kollektivfelt. Kollektivfeltene må opphøre i kryssområder med konflikterende svingebevegelser mellom buss og øvrige motorkjøretøy (Trøndelag fylkeskommune, 2018).



Figur 10 viser et oversiktsbilde for Tiller med gatenavn før valg av løsning for kollektivknutepunkt (Trøndelag fylkeskommune, 2018).

Alternativ 2 var en midtstilt kollektivterminal med et 25 meter langt kantstopp og en 40 meter lang busslomme på hver side av plattformen. Med denne løsningen planlegges to kollektivfelt gjennom hele Anne-Kath. Parows Veg. Arealet som både buss og øvrige motoriserte kjøretøy kunne benytte seg av ble nå delt likt i mellom dem, der bussene fikk to felt og de øvrige motoriserte kjøretøyene fikk to felt (Trøndelag fylkeskommune, 2018).

Alternativ 3 bestod av en kollektivgate fra dagens X-kryss mellom Østre Rosten og Anne-Kath. Parows Veg til første rundkjøring mot vest. I resten av Anne-Kath. Parows Veg ble det planlagt kollektivfelt som for de andre alternativene. Siden deler av Anne-Kath. Parows Veg skulle omgjøres til kollektivgate ble det umulig for kjøretøy å ankomme City Syd fra øst. Dermed stilte alternativet krav til ny innkjøring til handlesenteret. Det ble vurdert noen mulige løsninger, men disse var i strid med kommunedelplanen fra 2015. Så for å kunne bygge løsningen var ekstraordinært planarbeid i form av en ny reguleringsplan for området nødvendig (Trøndelag fylkeskommune, 2018).

Alternativ 1 hadde en total kostnad på 21 millioner kroner, alternativ 2 hadde en total kostnad på 36 millioner kroner og alternativ 3 hadde en total kostnad på 28 millioner kroner (Trøndelag fylkeskommune, 2018).

Alternativet som ble valgt var alternativ 2, ettersom det var denne løsningen politikerne var mest fortrolig med at kunne bidra til å nå målet om nullvekst, og gi økt fremkommelighet til busstransport på Tiller. I tillegg virket løsningen overkommelig å planlegge og bygge innen tidsfristen for oppstart av det nye metrobussystemet i 2019 (Trøndelag fylkeskommune, 2018).



Figur 11 viser rundkjøringen som pleide å stå plassert midt i Anne-Kath. Parows Veg (Adressa, 2018).

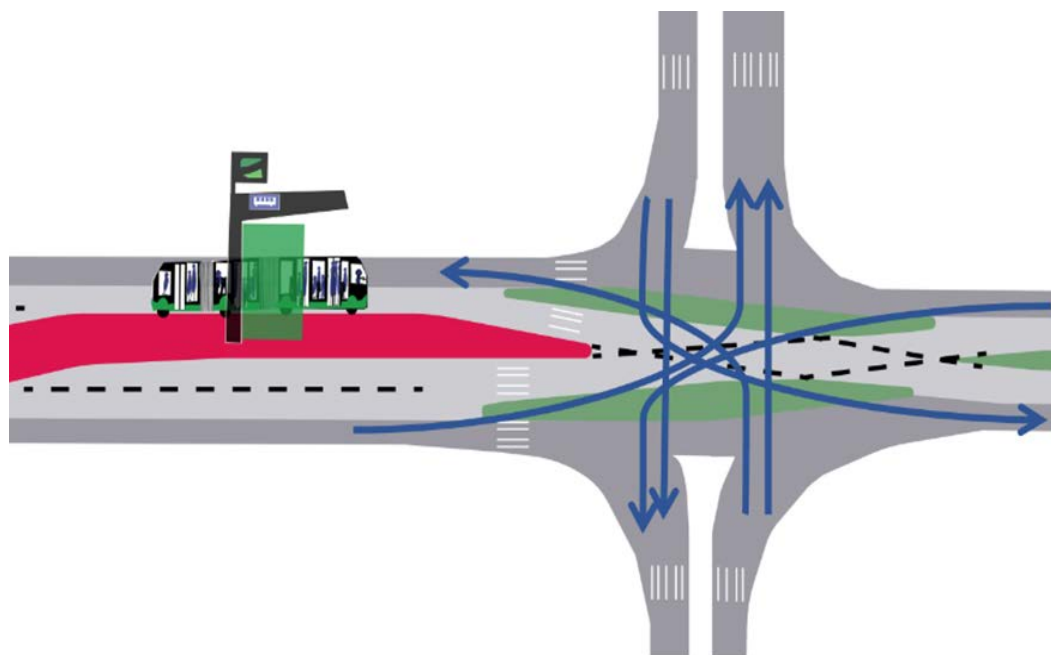
## 2.4.2 Midstilt kollektivfelt

For å kunne bygge alternativ 2 måtte Anne-Kath. Parows Veg tilrettelegges med gjennomgående kollektivfelt. Med andre ord måtte rundkjøringa som var plassert midt i Anne-Kath. Parows Veg, som du kan se på figur 11, fjernes.

Den ble i stedet erstattet med et krysningssområde for busser, som vist på figur 12. Her går bussene fra høyrekjøring til venstrekjøring og motsatt slik at dørene til bussene treffer kollektivplattformen og

passasjerene kan foreta av- og påstigning. Denne endringen påvirker også rutevalget til bilister, ettersom de ikke har mulighet til å gjennomføre svingebevegelsene som er markert med blå piler på figur 12. Med andre ord kan en bilist fra nord eller sør kun foreta høyresving, og kommer den fra vest eller øst kan den kun kjøre rett frem eller til høyre. Krysningssområdet for busser vil dermed føre til et økt behov for U-svinger i de nærmeste kryssene øst og vest for Tillerterminalen.

Figur 12 viser seks svingebevegelser som ikke lenger er mulig i Anne-Kath. Parows Veg, ettersom rundkjøringen har blitt erstattet med et krysningssområde for busser (Illustrasjon laget av Tonje Lysø).





### 2.4.3 Bussprioritering

Rambøll gjennomførte kapasitetsberegninger i området ved City Syd i 2018 på bestilling fra Miljøpakken for å finne mulige trafikale konsekvenser av alternativ 2 i form av forsinkelser. De så på to forskjellige kryssløsninger øst i Anne-Kath. Parows Veg. Kapasitetsberegningene baserer seg på trafikk tall for 2017/2018, og ble modellert i Aimsun Next 8.4.

Det ble simulert tre scenarier.

Basisscenarioet var ingen endring i Anne-Kath. Parows Veg, alternativ A var midtstilt kollektivfelt i Anne-Kath. Parows Veg med rundkjøring i Østre Rosten og alternativ B var midtstilt kollektivfelt i Anne-Kath. Parows Veg med signalregulert X-kryss i Østre Rosten. I tillegg ble alternativene også beregnet med fem prosent flat trafikkvekst. Resultatene tar for seg bussenes fremkommelighet, og analysen har som mål å forbedre denne (Rambøll, 2018).

Resultatet for basisscenarioet viser forsinkelser for buss langs Anne-Kath. Parows Veg, ettersom busser og biler deler felt og etterspørselen er større enn tilgjengelig kapasitet i nettverket. I alternativ A kan bussene kjøre rett forbi kø langs Anne-Kath. Parows Veg, men vil ikke bli prioritert gjennom rundkjøringen i Østre Rosten. Rundkjøringen gjør U-svinger mulig. Alternativ B gir mulighet for prioritering av bussene gjennom både Anne-Kath. Parows Veg og X-krysset, men vil ha problemer med å avvike biltrafikk i rushtid gjennom X-krysset. Løsningen vil også føre til forsinkelser for busslinjer i andre deler av nettverket som for eksempel kommer fra Anne-Kath. Parows Veg i vest, langs E6 og langs Østre Rosten fra sør. Signalanlegget gjør heller ikke U-sving mulig (Rambøll, 2018).

Den flate trafikkveksten viser minst forsinkelser for biler i basisscenarioet. Det blir konkludert med at både basisscenarioet og alternativ A vil gi god fremkommelighet for buss uten store forsinkelser, men alternativ A vil ha best fremkommelighet for buss

gjennom Anne-Kath. Parows Veg. Alternativ B har like god fremkommelighet som alternativ A gjennom Anne-Kath. Parows Veg, men dårligere avvikling for øvrig motorisert trafikk gjennom det signalregulerte X-krysset (Rambøll, 2018).

Alternativ A er det alternativet som ble anbefalt (Rambøll, 2018).

### 2.4.4 Ombygging av X-kryss til rundkjøring

Det tok ganske lang tid før tillatelse til ombygging av det signalregulerte X-krysset mellom Anne-Kath. Parows Veg og Østre Rosten ble gitt. Grunnen til det var, fordi Vegdirektoratet var usikre på om løsningen vil kunne ivareta sikkerheten til alle trafikantgrupper i området godt nok. Vegdirektoratet var informert om at det fantes skoler i området, og elevene benyttet aktivt sykkel og moped som fremkomstmiddel.

En undersøkelse fra Danmark viser at rundkjøringer fører til omtrent 40 prosent færre ulykker med fotgjengere og bilister, men samtidig kan lede til 59 prosent flere ulykker med sykkel og 47 prosent flere ulykker med moped og motorsykkel. Biler regnes her som alle motoriserte kjøretøy med mer enn to hjul. Ulykkestallene omfavner både personskadeulykker og ulykker med kun materielle skader (Trafitec, 2012).

For å kunne gjøre opp for dette ble ombyggingen godkjent som en test med prøvetid på ett år, dersom forbedringer knyttet til trafiksikkerheten ble implementert i planene. For eksempel har alle utfarter av rundkjøringen kun et felt som vil bidra til å senke farten til kjøretøyene i rundkjøringen før de nærmer seg gangfeltene. Gangfeltene ble også planlagt opphøyd som enda et hastighetsregulerende tiltak (Adressa, 2019). Det er også tilført en rekke trafikkøyer som fotgjengere kan vente på når de krysser Anne-Kath. Parows Veg etappevis (Adressa, 2020a).



D 1257

Clear Channel  
It's Weird!  
Weirdly satisfying  
Enjoy a refreshing and delicious combination of chocolate and fruit

Foto: Tonje Lysø.



# 3. Litteratursøk

## 3.1 Reisemiddelvalg

### 3.1.1 Nyttefunksjonen

For å kunne regne på reisemiddelvalg må vi ha en måte å kvantifisere de ulike alternativene. En metode beskrevet av Frank S. Koppelman og Chandra Bhat baserer seg på å definere en matematisk modell, der nytten til en reise varierer med ulike attributter (Koppelman og Bhat, 2006).

Attributtene som påvirker reisemiddelvalget kan være tilknyttet reisen som for eksempel total reisetid i og utenfor kjøretøy, reisekostnader, antall bytter, gangavstand, pålitelighet til ankomst og trengsel om bord i kjøretøyet. Det er også noen attributter i nyttefunksjonen som relaterer seg til karakteristika hos den reisende som for eksempel inntekt, kjønn, alder og om personen har tilgang på bil i husholdningen (Koppelman og Bhat, 2006). Reisende ønsker å maksimere sin egen nytte, men denne avhenger også av andre trafikanters rutevalg og reisemiddelvalg i transportnetverket (Sheffi, 1984). Sistnevnte er en faktor som ikke tas høyde for i denne modellen.

Modellen for reisemiddelvalg formuleres som vist fra ligning (1) (Koppelman og Bhat, 2006).

$$U(X_i, S_t) \geq U(X_j, S_t) \forall j \Rightarrow i \succ j \forall j \in C \quad (1)$$

Målet med modellen er å finne det reisemiddelvalget i utvalget som har høyest nytte.

Her er  $U$  er nyttefunksjonen,  $X_i, X_j$  er vektorer med attributter som beskriver alternativene  $i$  og  $j$ ,  $S_t$  er en vektor med karakteristika som beskriver personen  $t$  og påvirker preferanser mellom ulike alternativer.  $i \succ j$  betyr at alternativ  $i$  er foretrukket ovenfor alternativ  $j$  og  $j \in C$  betyr at alternativ  $j$  må være delmengde i utvalget  $C$  (Koppelman og Bhat, 2006).

For å kunne bruke modellen til og regne på

nytte ved et reisemiddelvalg for mer enn en enkelt person må den forenkles og generaliseres. Det kan gjøres ved hjelp av formelen fra ligning (2) (Koppelman og Bhat, 2006).

$$U_{it} = V_{it} + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

Her er  $U_{it}$  det samme som  $U(X_i, S_t)$  når nytten til alternativ  $i$  er størst for personen  $t$ .  $V_{it}$  utgjør den deterministiske nytten som er observerbar og kan estimeres, mens  $\varepsilon_{it}$  representerer feilen i kalkulasjonen. Denne feilen er til stede, ettersom analytikeren ikke kjenner til alle faktorer som bidrar til nyttefunksjonen for hver enkelt reisende. Den systematiske nytten estimeres som vist fra ligning (3) (Koppelman og Bhat, 2006).

$$V(X_i) = \gamma_1 \cdot X_{i1} + \gamma_2 \cdot X_{i2} + \dots + \gamma_k \cdot X_{ik} \quad (3)$$

$\gamma_k$  er en parameter som beskriver hvor viktig effekten av attributt  $k$  er for et alternativ. Den kan ha positiv eller negativ verdi avhengig av om den bidrar til nytte ved alternativet eller unytte (Koppelman og Bhat, 2006). Parameteren er stokastisk og følger en statistisk fordeling. Det er, fordi modellen er en generalisering som bør være gjeldende for en hel populasjon og ikke kun et enkelt individ (Rich, 2015).  $X_{ik}$  er verdien av attributt  $k$  for alternativ  $i$  på den gitte reisen (Koppelman og Bhat, 2006).

Videre kan alt settes inn i en modell som vist fra ligning (4). Denne beregner sannsynligheten for å velge et alternativ fremfor et annet i utvalget. Formelen viser en multinomisk logit modell, og den har lukket form som gjør den enkel å regne med.

$$P(i) = \frac{e^{V_i}}{\sum_{j=1}^J e^{V_j}} \quad (4)$$

Her er  $P(i)$  sannsynligheten for at en person skal reise med reisemiddelalternativ  $i$ ,  $V_i$  er den systematiske komponenten av nyttefunksjonen for alternativ  $i$  og  $J$  representerer utvalget med alle mulige reisemiddelalternativer.

### 3.1.2 Psykologiske effekter

Psykologiske effekter vil også kunne påvirke reisemiddelvalg. I henhold til litteraturstudien «Psykologiske faktorer ved reisemiddelvalg» utført av Transportøkonomisk institutt (TØI) er de viktigste faktorene atferdsintensjon, implementeringsintensjon og vaner (Brechan, 2006).

Atferdsintensjon sier noe om hvordan den reisende har tenkt til å reise, men ikke planlagt. For eksempel kan du bli bedt om å velge et reisemiddel for en spesifikk reise i en undersøkelse, men i virkeligheten ble reisemiddelet noe annet. Det kan være mange årsaker til at reisemiddelvalget ble annerledes enn det som først var tenkt. Et eksempel kan være at når du planlegger reisen finner du ut at det ikke finnes en bussavgang som passer med ditt gjøremål. Et annet eksempel er at du har tenkt til å reise med sykkel, men når du kommer frem til dockingstasjonen er alle syklene borte. I begge tilfeller er den reisende nødt til å planlegge reisen sin på nytt. Atferden din om hvordan du ville ha reist påvirkes av deg selv og dine egne bestemmelser, men også ønsket om å passe inn i et samfunn og ivareta våre felles verdier (Fujii and Gärling, 2003).

Implementeringsintensjon beskriver hvordan planlegging påvirker valgene våre. TØIs litteraturstudie viser at dersom du har planlagt å foreta reisen din på en bestemt måte er det større sannsynlighet for at du reiser på akkurat denne måten, enn om du kun har en ide om hvordan du ville reist (Brechan, 2006).

Den siste viktige faktoren er den reisendes vaner. Hvis den reisende er vant med å benytte seg av et reisemiddel er sannsynligheten stor for at det blir valgt igjen (Brechan, 2006).

## 3.2 Kollektivtransport

### 3.2.1 Servicenivå

Det går an å måle transportnettverkets servicenivå på tre måter. Et alternativ er å ta utgangspunkt i kjøretøyenes hastighet, et annet alternativ er å se på reisetiden til de reisende og det tredje alternativet er å kun tenke på infrastrukturen og dens eksterneffekter (Nguyen-Phuoc et al., 2020).

Tradisjonelt har transportplanleggere vært opptatt av hastigheten til kjøretøyene som et mål på servicenivå i transportnettverket. Dersom kjøretøyene har en lavere hastighet enn friflythastigheten betegnes dette som en trengselsituasjon (Wahl et al., 2006). Det er nok den enkleste måten å kvantifisere servicenivå langs vegnettet ved ulike tidspunkt, ettersom alt man trenger er å måle hastigheten til trafikkstrømmene og sammenligne den med friflythastigheten (Nguyen-Phuoc et al., 2020).

Det er ingen hensikt at kjøretøy på vegene skal kjøre så fort som mulig, men målet er å kunne nå nødvendige varer og tjenester uten store forsinkelser. Hvis man planlegger ut ifra dette perspektivet vil målet på servicenivå i nettverket gitt ut fra kjøretøyenes hastighet være lite dekkende.

Målet passer heller ikke så godt for kollektivtransport, ettersom reisetid i kjøretøyet kun utgjør en av mange kostnadskomponenter forbundet med en kollektivreise. Derfor vil en definisjon som omhandler reisetiden fra dør til dør være bedre å benytte. Definisjonen er bedre, men også vanskeligere å kvantifisere. Der er, fordi man trenger data for alle reisetider i alle ledd av turkjeden for å kunne måle servicenivået i transportsystemet (Nguyen-Phuoc et al., 2020).

Den siste definisjonen ser på infrastrukturen og dens eksterneffekter, og er særlig opptatt av at store køer er problematiske (Kockelman og Kalmanje, 2005). I Norge er køer den nest dyreste trafikale effekten for samfunnet, og kun trafikkulykker er dyrere

(Thune-Larsen et al., 2014). Grunnen til at køer er problematiske er, fordi de fører til økt reisetid langs vegnettet og medfører store miljøkonsekvenser.

### 3.2.2 Etterspørsel etter kollektivtransport

For at reisende skal kunne benytte seg av et kollektivtilbud må det være enkelt å kjøpe billett. Flere alternativer for billettering er å foretrekke slik at det finnes noe som kan passe for et mangfoldig kundegrunnlag. Eksempler på mulige billetteringsløsninger kan være billetteringsautomater ved holdeplassene, kjøp i en nærliggende kiosk og mulighet for kjøp av billett på mobiltelefon. Tilstrekkelig informasjon både ved planleggingen av reisen og under reisen er også viktig for at flere skal velge kollektivt over andre reisemidler (Balcombe et al., 2004).

Holdeplassene bør være tilgjengelige for at kollektivtilbudet skal oppleves enkelt å benytte seg av, og bør ligge i nærheten av publikumsattraktive områder som reisende ønsker å besøke eller områder der folk bor. Destinasjoner med stor publikumsattraktivitet kan for eksempel være områder med handel- og kontorvirksomheter (Balcombe et al., 2004). Avstanden mellom holdeplassene bør være på 400 til 800 meter (Nielsen and Lange, 2005).

Servicefasiliteter ved bussholdeplassene settes pris på av alle kollektivtrafikanter, men de er spesielt viktige for passasjerer som er avhengig av å bytte buss (Currie, 2005). Estetikk, design og nærhet til handel kan gi en oppfatning av kortere ventetid, og at det er mindre krevende å foreta et bussbytte (Guo og Wilson, 2011). Generelt oppleves ventetiden lengre enn den er for kollektivtrafikanter, men servicetilbud ved holdeplassen som for eksempel sanntidsinformasjon, leskur og sitteplasser kan bidra til at ventetiden oppleves kortere (Fan et al., 2016).

Frekvensen på linjen er også avgjørende for at kollektivtransport skal bli regnet som

et relevant alternativ ved reisemiddelvalg. Dersom det er veldig lang tid mellom hver avgang vil det kreve mer planlegging å foreta en reise med kollektivtransport, enn om det finnes et transportservicetilbud med hyppigere frekvens. Reisetiden må heller ikke være for lang og kollektivrutene bør være så direkte som mulig. Dersom oppholdstiden ved hver holdeplass for på- og avstigning er tilstrekkelig lang, vil det særlig ved bussreiser oppfattes som en ulempe å reise med kollektivtransport. Det er også viktig at linjen er pålitelig slik at kollektivtrafikanter ankommer sine ønskede destinasjoner til planlagt tid (Balcombe et al., 2004).

Etterspørselen etter kollektivtransport avhenger av opplevd komfort for den reisende. God komfort for en kollektivtrafikanter under en bussreise kan for eksempel bety tilgang på sitteplasser ved leskur og om bord i bussene. Samtidig vil eksempelvis trengsel, støyende lyder fra bussene, aggressiv kjørestil hos bussjåførene og vibrasjoner om bord bidra til dårlig opplevd komfort (Balcombe et al., 2004).

Etterspørselen etter andre konkurrerende tjenester vil påvirke etterspørselen etter kollektivtransport. For eksempel hvis det er lavere kostnader tilknyttet å reise med bil vil etterspørselen etter kollektivtransport gå ned (Balcombe et al., 2004).

En annen faktor som påvirker etterspørselen etter kollektivtransport, er inntekten i befolkningen. I 2017 økte privat konsum i husholdningene med 2,5 prosent, mens konsumet for alle transportformer økte med 2,6 prosent (Eivind Farstad, 2018). Samme året økte antallet registrerte personbiler med 2,1 prosent i norske husholdninger (Statistisk sentralbyrå, 2020). Dette betyr at når befolkningen blir rikere benyttes dyrere fremkomstmåter enn tidligere.

Tilgjengelige reisemidler vil ha innvirkning på om reisende velger kollektivtransport. Dersom den reisende for eksempel allerede eier en bil vil dette transportmiddelet

kunne bli valgt ovenfor kollektivtransport. Samtidig finnes det mange som ikke har det alternativet, og dermed må velge kollektivtransport når de reiser på lengre turer (Balcombe et al., 2004).

I tillegg kan komplementerende transport-servicer som for eksempel små elektriske kjøretøy og utleie av el-sparkesykler føre til at det blir lettere for reisende å velge kollektivtransport, ettersom reisetiden til og fra holdeplassene reduseres (Fearnley et al., 2020).

I en uformell spørreundersøkelse laget av Adresseavisen i 2017 ble leserne spurt om hva som er viktigst for dem når de reiser med kollektivtransport. I skrivende stund har spørreundersøkelsen 18.257 respondenter, og det er fortsatt mulig å sende inn svar. Her svarer 26 prosent hyppige avganger, 25 prosent svarer at bussen er i rute, 18 prosent svarer at de slipper å bytte buss, åtte prosent svarer å komme hurtig frem, syv prosent svarer sitteplass, en prosent svarer plass til flest mulig per buss og 15 prosent svarer at de ikke tar buss (Adressa, 2017).

Det må også oppleves som trafiksikkert å komme seg til og fra holdeplassen. I Norges ni største byer har ulykker blant syklistene økt de siste årene, mens ulykker blant fotgjengere har gått ned. En av årsakene til at sykkelulykkene har økt er at andelen som benytter sykkel som reise-middel for daglige reiser i byene har økt (Statens vegvesen, 2020b).

Samtidig finnes det en teori som sier at jo flere som sykler og går, jo mindre er sannsynligheten for at en ulykke mellom et motorkjøretøy og en myk trafikant skal finne sted. Byene må derfor øke andelen fotgjengere og syklistene som ferdes i trafikken tilstrekkelig for at ulykkene skal gå ned. Grunnen til at man kan se slike tendenser i storbyer som for eksempel København i Danmark er, fordi det er mange nok syklistene og gående til at sjåfører av motorkjøretøy forventer å møte myke trafikanter på reisen, og tilpasser fart

og kjøreatferd deretter (Jacobsen, 2015).

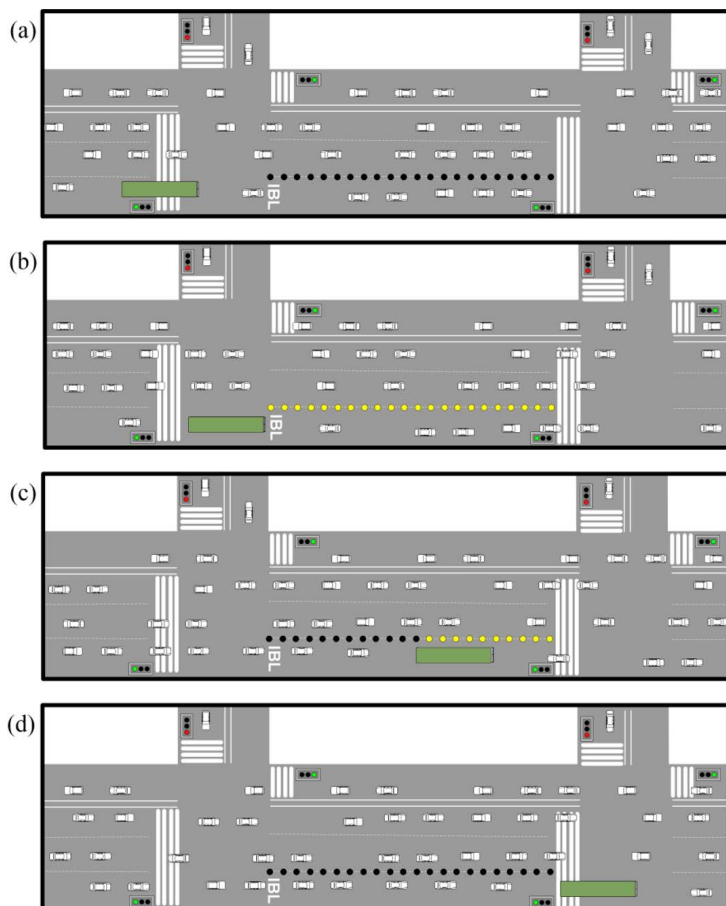
Flere kvinner opplever det å ferdes i trafikken som mindre sikkert enn menn (Foster et al., 2004 og Lam, 2001). Hvis kvinnene og mennene i tillegg er foreldre opplever de en større risiko i trafikken, ettersom de ønsker å ivareta barnets sikkerhet i tillegg til sin egen. En Australsk undersøkelse viser at foreldre med heltidsarbeid opplever trafiksikkerheten i nærområdet tryggere enn foreldre som jobber deltid eller er hjem-meværende. Den viste at de som bodde med nærhet til store trafikkerte veger opplevde nærmiljøet mindre trafiksikkert enn de som bodde i en rolig blindvegsgate. Foreldre til små barn opplevde gaten mindre trafiksikker enn foreldre til større barn, og risikooppfatningen til foreldre med jentebarn var større enn risikooppfatningen til foreldre med guttebarn (Lam, 2001).

Av de som opplever gater tryggest skiller unge menn seg ut fra resten. Det er disse som er villige til å ta størst risiko i trafikken. På verdensbasis viser Verdens helseorganisasjon at 73 prosent av alle dødsulykker i trafikken er menn under 25 år (WHO, 2020).

### 3.2.3 Prioritering av kollektivtransport

Det finnes en rekke strekningstiltak som baserer seg på å tilegne egne felt for busser. Kollektivfelt i samme retning som resten av trafikken og kollektivfelt i motsatt retning av annen trafikk er to eksempler på dette. Andre alternative løsninger kan for eksempel være sambruksfelt som gir prioritet til alle kjøretøy med flere enn en passasjer, og reversible kollektivfelt som gir fremkommelighet for busser i en retning ved et tidspunkt i løpet av dagen, og i motsatt retning ved et annet tidspunkt i løpet av dagen. Med sistnevnte løsning kan man bedre fremkommeligheten for busser selv om det er skjevheter i retningstransportterspørsel gjennom dagen og gatetverrsnittet er smalt (Diakaki et al., 2015).

En annen løsning er intermitterende kollektivfelt. Det er kollektivfelt som blir definert ved hjelp av lyssignaler. De kan være i midten av vegen eller mot kanten av vegen. Hvordan slike virker er illustrert på figur 13 (Diakaki et al., 2015). I del a) nærmer en grønn buss prioriteringsfeltet. Da vil signalene for bussprioritering slå seg på som illustrert i b), etter hvert som bussen beveger seg forbi lyssignalene vil de slå seg av igjen i c) og frigi plass til annen trafikk i d). Når signalprioriteringen er påslått kan ikke kjøretøy lengre legge seg inn i prioriteringsfeltet foran bussen, men de kan legge seg rett bak. Dette er en måte å ivareta kapasiteten i vegnettverket på, og kun gi prioritering til busser når de faktisk trenger det (Diakaki et al., 2015).



Figur 13 viser intermitterende bussfelt (Diakaki et al., 2015).

Egne kollektivfelt vil gjøre vegstrekninger mer trafikksikre, dersom man får adskilt trafikken og minsker konfliktpunkter mellom buss og øvrige motorkjøretøy (Otero-

Niño et al., 2019). Prioritering av buss i egne felt kan føre til bedret fremkommelighet for bussen, men mer forsinkelse for øvrig trafikk. Som konsekvens av reallokeringen vil nettverket oppleve en reduksjon på mellom 14 og 25 prosent i trafikkmengde (Nguyen-Phuoc et al., 2020). For å kunne rettferdiggjøre de trafikale konsekvensene ved beslag av kapasitet i transportinfrastrukturen bør bussene langs strekninger med kollektivprioritering ha relativt høy frekvens (Diakaki et al., 2015).

I tillegg kan busser prioriteres i kryss. De kan få tilrettelagt en omkjøringsveg utenom krysset slik at de ikke blir forsinket av annet trafikk. I signalregulerte kryss kan kollektivtransport bli prioritert i faseplanen ved hjelp av aktiv- eller passiv prioritering (Diakaki et al., 2015).

Passiv prioritering er gjort på forhånd og tilpasset rutene bussene kjører, men noen ganger vil forsinkelser finne sted, og da er ikke denne prioriteringsmetoden like god (Diakaki et al., 2015).

I aktiv prioritering detekteres bussene før krysset, og blir deretter gitt prioritering. Den vanligste aktive lyskryssprioriteringsmetoden baserer seg på å utvide grøntiden i fasen til bussen hvis den ikke er langt unna krysset. Man kan også kalle opp igjen en fase, trigge en tidligere grønn fase, avkorte en rød fase eller hoppe over faser i faseplanen slik at bussene slipper å vente (Diakaki et al., 2015).

### 3.2.4 Bussholdeplasser og servicetilbud

I Norge skiller vi mellom bussholdeplasser som er utformet som kantstopp og bus-slommer. Ved kantstopp kan bussen forbli i kjørefeltet når bussen stopper for av- og påstigning, men dersom holdeplassen er utformet som en busslomme må bussen kjøre ut av vegen før den kan stoppe. (Statens vegvesen, 2014a).

Med mål om å bedre fremkommeligheten for buss i norske byer bygges det veldig



få busslommer. Andre fordeler med kantstopp er at mindre areal blir beslaglagt ved etablering av holdeplassen, og løsningen vil på sikt føre til mindre slitasje på buss og asfalt (Officials, 2016). Dessuten viser en undersøkelse fra London at påstigende kollektivtrafikanter går om bord i bussene 32 prosent raskere ved kantstopp enn ved holdeplasser som er utformet som busslommer (Team, 2006).

Busslommer som planlegges i byområder i dag finnes kun på veger med høy hastighet, som for eksempel motorveger, eller der det ikke er trafikksikkert å anlegge kantstopp. En ulempe med kantstopp er at de kan føre til kødannelse, dersom holdeplassutformingen befinner seg i gater med kun et felt i hver retning. Dersom kantstoppet utformes i gater med minst to felt i hver retning kan konfliktsituasjoner på grunn av farlige forbikjøringer av bussene ved holdeplassen oppstå (Officials, 2016).



Figur 14 viser kantstopp med kombinert gang- og sykkelveg (Officials, 2016).

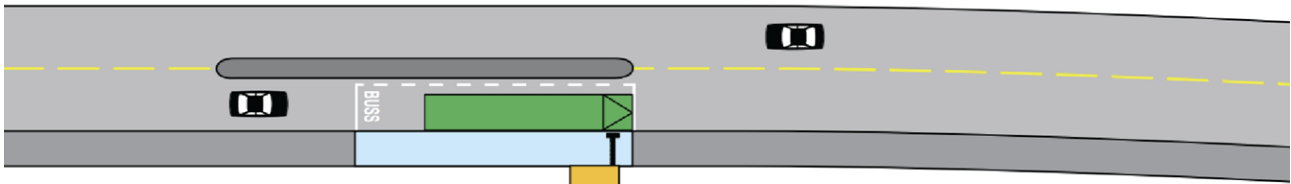
Figur 14 viser et busstopp med gang- og sykkelveg. Busstoppet er på figuren utformet som kantstopp, men løsningen kan også tilrettelegges for busslommer. Her benytter gående og syklende samme areal som kollektivtrafikanterne. Denne løsningen kan være god for lave trafikkmengder av gående, syklende eller kollektivtrafikanter. Løsningen er også i stor grad plassbespar-

ende sammenlignet med andre holdeplassutforminger, ettersom alle myke trafikantgrupper benytter samme areal (Officials, 2016).

Kantstopp med utlagt plattform finnes i gater både med og uten parkering. Du kan se et eksempel på en slik holdeplass på figur 15. I gater med parkering virker



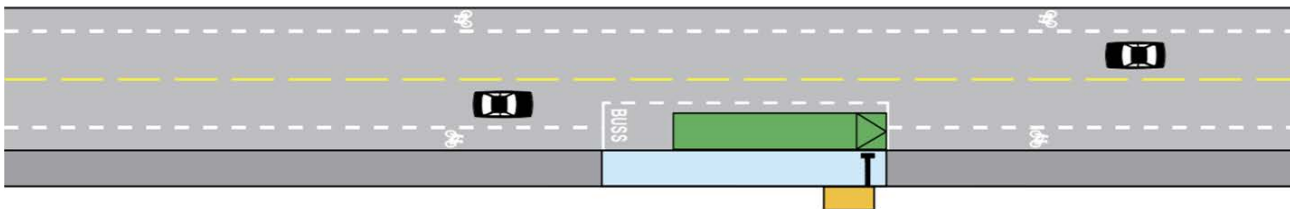
Figur 15 viser kantstopp med utlagt plattform (Officials, 2016).



Figur 16 viser kantstopp med fortau og delende trafikkøy (Statens vegvesen, 2014a).

plattformen som en forlengelse av feltet for parkering, mens i gater uten parkering virker den utlagte plattformen som et fartsreducerende tiltak som ofte benyttes før gangfelt eller kryss. Med denne holdeplassutformingen vil ikke fotgjengere og ventende kollektivtrafikanter være i konflikt med hverandre, ettersom de har vært sitt areal. Ved kryss vil plattformen bidra til å minske avstanden fotgjengere trenger å gå for å krysse gaten (Statens vegvesen, 2014a og Officials, 2016).

Busstopp kan også skilles fra øvrig motorisert trafikk med en delende trafikkøy. Det gjøres når det er nødvendig på grunn av trafiksikkerhetshensyn. Med en trafikkøy ønsker planleggere å forhindre farlige forbikjøringer av busser i motgående kjørebane på veier med dårlig sikt. Forbikjøringene som tenkes på kan være mellom to busser eller et annet motorisert kjøretøy og en buss. På figur 16 kan du se et kantstopp med delende trafikkøy og fortau for myke trafikanter (Statens vegvesen, 2014a).



Figur 17 viser et kantstopp med sykkelfelt (Statens vegvesen, 2014a).

Busstopp med sykkelfelt utformes slik at syklister og busser deler samme areal, mens fotgjengere og kollektivtrafikanter har egne arealer. Et eksempel på denne løsningen med kantstopp kan sees på figur 17. Holdeplassutformingen blir ofte brukt i gatetverrsnitt der plassen er begrenset, og der busstrafikken har lav frekvens. Syklistenes mobilitet vil ved denne løsningen bli begrenset av bussene som stopper ved holdeplassen, og dersom de ønsker å kjøre forbi bussen kan det oppstå konfliktsituasjoner på grunn av blindsonen til bussjåførene (Statens vegvesen, 2014a).

syklende og kollektivtrafikanter har alle eget areal, og i motsetning til løsningen med sykkelfelt blir ikke syklistenes mobilitet begrenset av busser som stopper ved holdeplassen. Problemer knyttet til blindsoner ved forbikjøring av buss med sykkel er også eliminert. Derimot kan utfordringer oppstå hvis syklister ikke viker for kollektivtrafikanter som ønsker å krysse sykkelvegen for å nå plattformen ved holdeplassen (Officials, 2016).

En holdeplass med adskilt sykkelveg ført bak plattformen er vist på figur 18. Fordelen med å bygge holdeplasser med sykkelveg bak plattformen er at man enkelt skiller mellom alle trafikantergrupper i nettverket og minsker konfliktpunkter. Gående,

Når det ikke er plass til både sykkelveg og plattform i gatetverrsnittet foreslår National Association of City Transportation Officials at syklende og ventende kollektivtrafikanter kan dele areal akkurat ved holdeplassen. På denne måten kan man i alle fall skille mellom gående og ventende kollektivtrafikanter. Løsningen kan sees på figur 19. Med denne løsningen er tiltak for å

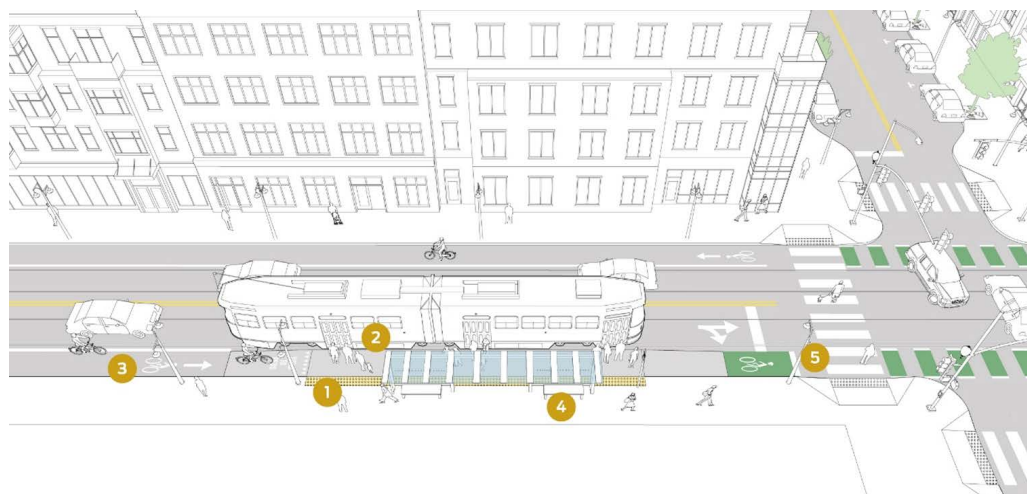


ivareta trafikksikkerheten i gata nødvendig (Officials, 2016).

Midtstilt kollektivfelt med sidestilt plattform kan sees på figur 20. Slike holdeplasser utformes som kantstopp og er en måte å gi bussene full prioritet i gatetverrsnit-

tet. Løsningen krever mye plass, ettersom to felt i gaten tilrettelegges for buss, og det er bygd en venteplattform for kollektivtrafikanter på hver side av kollektivfeltene. På figur 20 kan du se at det er en bred gate med åtte felt som viser et godt eksempel på løsningen (Officials, 2016).

Figur 18 viser kantstopp med sykkelveg ført bak plattformen (Officials, 2016).



Figur 19 viser et kantstopp med delt sykkelveg og plattform (Officials, 2016).

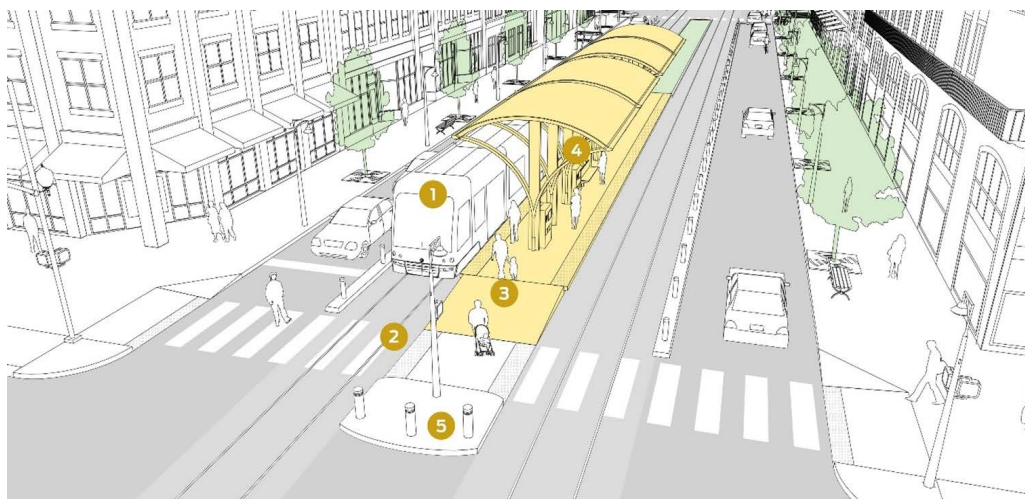
Figur 20 viser midtstilt kollektivfelt med sidestilte plattformer (Officials, 2016).



Midtstilt kollektivfelt og plattform er en annen løsning som kan gi full prioritet for buss i et gatetverrsnitt. Holdeplassen er utformet som kantstopp, der plattformen befinner seg i midten av gata med et kollektivfelt på hver side. Løsningen er vist på figur 21. Ved slike holdeplasser er bussene nødt til å kjøre på venstre side av vegen som er det motsatte av det vi vanligvis gjør i Norge. Det er for at dørene på bussen skal møte plattformen ved holdeplassen. Siden busstrafikken går i motsatt retning av øvrig motorisert trafikk må tiltak for skille trafikken i gata iverksettes for å ivareta trafikksikkerheten. En holdeplass

med midtstilt kollektivfelt og plattform kan være litt mer plassbesparende enn løsningen med midtstilt kollektivfelt og sidestilte plattformer, ettersom det kun er en felles plattform for ventende kollektivtrafikanter i istedenfor to. En plattform gjør også omstigning mellom busser i ulike retninger enklere for kollektivtrafikanter (Officials, 2016).

Begge løsninger med midtstilte kollektivfelt har egne plattformer som er gode for ventende kollektivtrafikanter. Hvis en midtstilt holdeplass har nærhet til et gatekryss må tiltak vurderes for å minske



Figur 21 viser midtstilt kollektivholdeplass og plattform (Officials, 2016).

konfliktsituasjoner mellom motorkjøretøy som foretar venstresving og busser eller kollektivtrafikanter. Løsningen stiller også krav til universell utforming, ettersom ventepattformene befinner seg midt vegen og kollektivtrafikanter må krysse halve gatetverrsnittet uavhengig av hvilken veg de skal (Officials, 2016).

Det er en rekke designelementer som bør inkluderes for å gi inntrykk av at holdeplassen er av høy kvalitet. Leskur er nødvendig for å gi ly til ventende kollektivtrafikanter, og bidrar til å gjøre reisen mer komfortabel i all slags vær. Det bør også være et servicetilbud ved holdeplassen som inkluderer komfortable sitteplasser, billettautomat, informasjonstavler med ruteinformasjon, sanntidsskjerm og søppelkasser. Kantstein tilpasset lavgulvbusser vil gi trin-

nfri ankomst og bidra til universell utforming (Officials, 2016).

På stopp med veldig mange av- og påstigninger kan man også ha et køsystem markert på fortauet, som vist på figur 22, slik at logistikken ved holdeplassen blir enklere. Her er det markert rutevalg for å gå ombord i bussen i forreste-, midterste- og bakerste dør (Officials, 2016).

På steder med høy bussfrekvens kan det også tilrettelegges betongdekke for å unngå spordannelse ved holdeplassen. Asfaltdekke er ikke like holdbart siden det kan deformeres ved varme, og ventende busser på tomgang ved holdeplasser produserer varme (Officials, 2016).

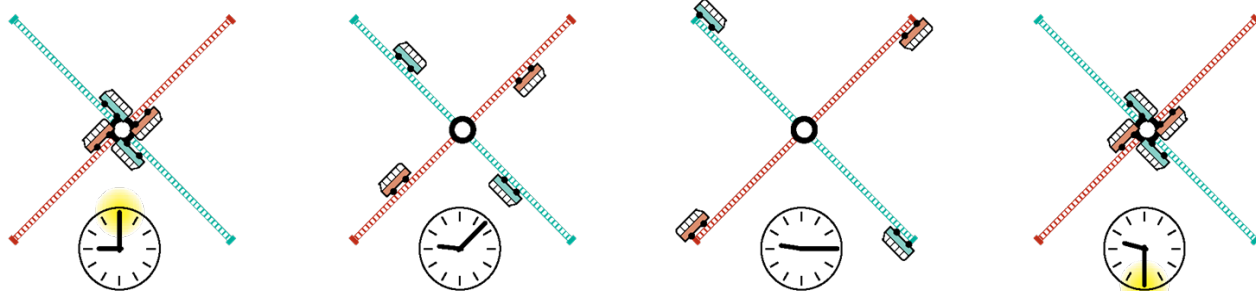
Grønnstruktur er også et bra designelement ved holdeplasser, ettersom det absorberer regnvann og bidrar til å forsinke avrenningen. Grønnstruktur har også en beroligende effekt for ventende kollektivtrafikanter og kan bidra til at motoriserte kjøretøy senker farten (Officials, 2016 og Miljødirektoratet, 2014).



Figur 22 viser hvor kollektivtrafikanter skal gå for å ombordstige bussen i forreste, midterste og bakerste dør (Officials, 2016).

### 3.2.5 Ventetid og synkronisering av busslinjer

Når rutestrukturen til kollektivtransporten blir lagt om slik at kollektivtrafikanter er forventet å foreta bytter stiller dette også noen krav til planlegging av skiftene. Helst vil kollektivtrafikanter vente så lite som mulig, og for å få til det kan man for



Figur 23 viser hvordan synkronisering av to busslinjer muliggjør omstigning for kollektivpassasjerer uten store tidstap (Nielsen og Lange, 2005).

eksempel synkronisere busslinjer sammen.

Den forventede ventetiden til en kollektivtrafikanter som ankommer en holdeplass på et tilfeldig tidspunkt er gitt ved ligning (5) (Larson og Odoni, 1981).

$$E[V] = \frac{E[H^2]}{2E[H]} = \frac{E^2[H] + \sigma_H^2}{2E[H]} = \frac{E[H]}{2} + \frac{\sigma_H^2}{2E[H]} \quad (5)$$

Her er  $E[H]$  forventet tid mellom to avganger og  $\sigma_H^2$  er standardavviket til samme verdi (Larson og Odoni, 1981).

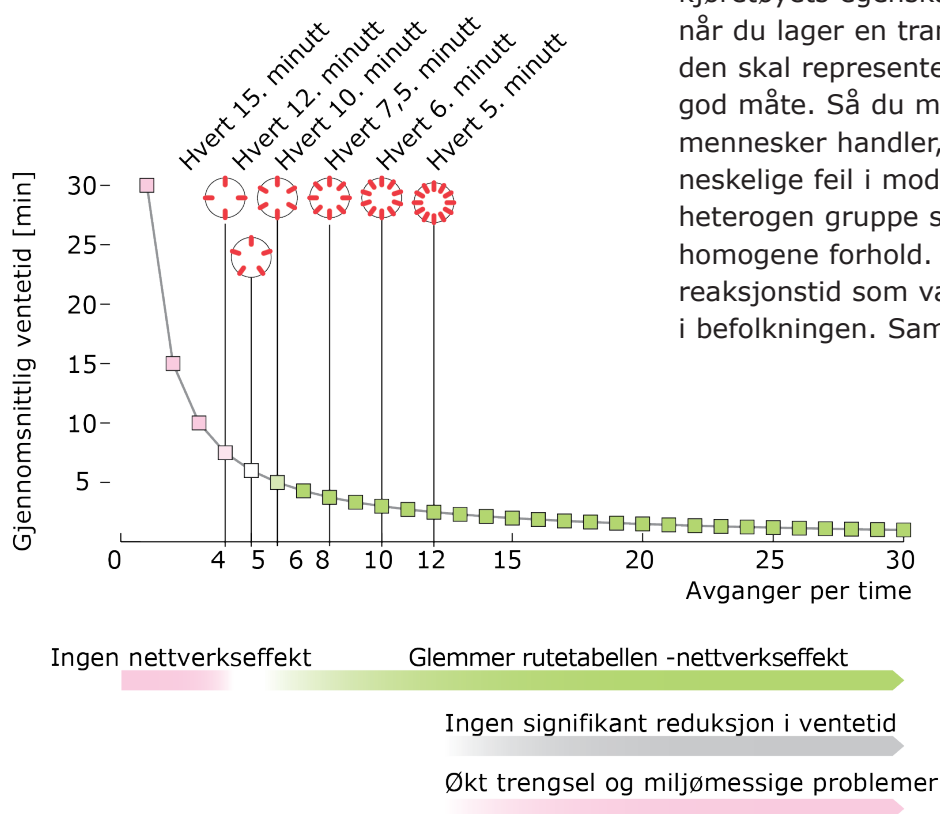
Det betyr at dersom en busslinje har uniforme avganger, vil den forventede ventetiden til en kollektivtrafikanter som ankommer en holdeplass på et tilfeldig tidspunkt være halvparten av tiden mellom to avganger. Dersom busslinjen derimot er forsinket slik at det er varierende tid mellom to avganger blir forventet ventetid for en tilfeldig kollektivtrafikanter på et tilfeldig tidspunkt lengre uavhengig av om bussen kommer for tidlig eller for sent i forhold til rutetabellen. Oftest siden vi ikke til enhver tid vet om en buss kommer til riktig tid, og i hvilket omfang den fraviker fra rutetabellen sier vi likevel at ventetiden ved holdeplassen er halvparten av forventet tid mellom to avganger (Larson og Odoni, 1981).

Frekvensen til en busslinje er også avgjørende for ventetiden. Som du kan se av figur 24 er den gjennomsnittlige ventetiden for kollektivtrafikanter fallende ved økt frekvens. Hvis man planlegger for mindre enn fem avganger i timen har man ingen nettverkseffekt, men dersom man har flere enn fem avganger i timen oppnår man net-



tverkseffekt. Nettverkseffekt gjør det enkelt for reisende å velge kollektivtransport, ettersom busslinjene har så høy frekvens at det er unødvendig å sjekke rutetabellen før en reise. Når frekvensen blir tilstrekkelig høy, omtrent 12 avganger per time, har den lite å si for videre reduksjon i ventetid. Et annet aspekt grafen tar opp er at ved økt bussfrekvens kommer også økt trengsel og miljømessige problemer i transportnettverket (Nielsen og Lange, 2005).

Siden mindre lokalruter har lav frekvens og kollektivtrafikanter som benytter disse ofte må foreta omstigning for å komme frem til ønsket destinasjon er det nødvendig med synkronisering av busslinjene ved kollektivknutepunkter. Figur 23 viser hvordan en slik synkroniseringsprosess kan se ut. Her reiser to busslinjer fra en holdeplass samtidig, deretter kjører de hvert til sitt, før de returnerer tilbake samtidig. Ved holdeplassen er det viktig at de venter lenge nok slik at kollektivtrafikanterne rekker å bytte buss hvis de ønsker det (Nielsen og Lange, 2005).



Figur 24 viser gjenomsnittlig ventetid som funksjon av frekvens på en busslinje (Nielsen og Lange, 2005).

Når synkronisering mellom en metrobuslinje med høy frekvens og en mindre lokalbuslinje med lav frekvens finner sted er det omstigningen til den mindre lokalbuslinjen som er viktig, ettersom denne busslinjen har lengst gjennomsnittlig ventetid. Ideelt sett bør busslinjene komme samtidig eller vente på hverandre innenfor et gitt tidsvindu (Ceder og Tal, 2001 og Ibarra-Rojas og Rios-Solis, 2012).

### 3.3 Transportmodeller

Transportmodeller benyttes for å estimere ytelsen til transportsystemet. Der kan man blant annet se reisetiden til ulike trafikantgrupper, hvordan ulike trafikkvolum påvirker flyten i nettverket, finne kostnader ved reiser eller se på trafiksikkerheten til ulike løsninger. Slike modeller kan benyttes uavhengig, eller som en del av et større system (Knoop, 2017).

Transportmodeller er ikke bare helt enkelt å benytte seg av, ettersom trafikken i et område er resultatet av menneskelige beslutninger og interaksjon mellom trafikanter. Dessuten er menneskets og kjøretøyets egenskaper forskjellige, og når du lager en transportmodell vil du at den skal representere virkeligheten på en god måte. Så du må kvantifisere hvordan mennesker handler, og implementere menneskelige feil i modellen. Sjåfører er en heterogen gruppe som opptrer ulikt under homogene forhold. Et eksempel på dette er reaksjonstid som varierer mellom personer i befolkningen. Samme sjåfør kan opptre



forskjellig under homogene forhold avhengig av for eksempel tidspunkt, sted og humør (Knoop, 2017).

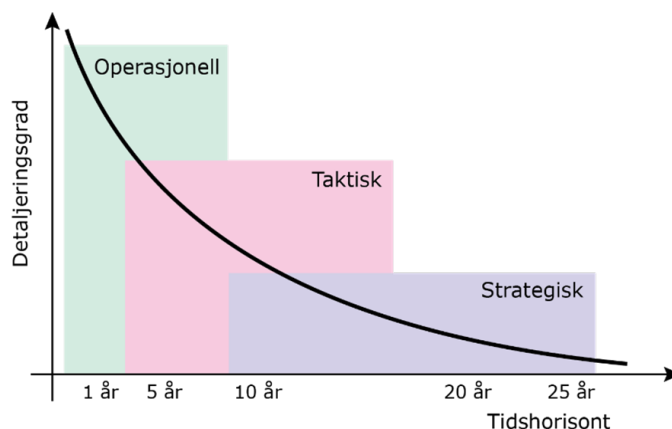
Årsaken til at simuleringer ofte benyttes for å evaluere trafikken i et område er, fordi analytiske modeller noen ganger ikke lar seg benytte. Samtidig gir prosessen ved å skape simuleringen god forståelse for det ekte systemet, som noen ganger kan være mer verdifull enn den faktiske bruken av den endelige simuleringen. Simuleringer tillater sensitivitets- og scenarioanalyser, samt optimalisering av virkelige systemer uten behov for å direkte iverksette tiltak i trafikksystemet. Dessuten er det lettere å opprettholde kontroll over eksperimentelle forhold i en modell enn i et ekte system. Modeller gir deg også nødvendig tid for å evaluere systemet, ettersom simuleringen kan justeres til å gå både langsommere og raskere enn et ekte system (Larson og Odoni, 1981).

Det som kanskje taler imot å benytte seg av simuleringer er at det kan være ganske kostbart. Det er, fordi man kanskje må kjøpe et kommersielt simuleringssystem og det tar en del tid å bygge opp modellen. Resultatene fra en modell som er kalibrert og validert for et studieområde er heller ikke direkte overførbare til andre områder. Simuleringssystemer behøver mange replikasjoner sammenlignet med analytiske modeller som gir eksakte verdier. I tillegg har modeller en svakhet i form av at de gir resultater som kan oppfattes som en sannhet, men det ligger mange antagelser til grunn for en modellering som vil gjøre resultatene usikre (Larson og Odoni, 1981).

### 3.3.1 Digitale verktøy

Det finnes en rekke digitale verktøy som kan benyttes for å løse trafikale utfordringer i et nettverk. Som du kan se fra figur 25 skiller vi mellom operasjonelle-, taktiske- og strategiske modeller. De skiller seg fra hverandre med detaljeringsgrad og mulig tidshorisont for eventuelle framskrivinger av resultater. Ved lavere detaljeringsgrad

kan modellen også omfavne et større nettverk uten stor økning i arbeidsmengde (Tørset et al., 2012).



Figur 25 viser sammenheng mellom modelleringens tidshorisont og modelltype (Tørset et al., 2012).

De strategiske modellene har minst detaljeringsgrad, og kan være nyttige for å evaluere effekter av tiltak for et stort område med en tidshorisont på opp mot 25 år. Her defineres en veg som en veglenke og kryss som enkle noder i modellen. I Norge benyttes nasjonal persontransportmodell (NTM), regional persontransportmodell (RTM) og nasjonal godsmodell (NGM) som alle er strategiske modeller (Tørset et al., 2012).

Taktiske modeller har litt større detaljeringsgrad enn de strategiske modellene og egner seg for å evaluere effekter av tiltak i et mellomstort nettverk med en tidshorisont på opp mot 15 år. Modellverktøy som regnes som taktiske er eksempelvis Aimsun (hvis vi ser bort ifra mikromodellen), Dynameq og CONTRAM (Tørset et al., 2012 og Tiltak, 2019).

Operasjonelle modeller har den største detaljeringsgraden av alle modelltypene, derfor vil de normalt benyttes for å se på effekter over en kort tidshorisont på opp mot 10 år. Modellverktøy som regnes som operasjonelle er eksempelvis Sidra Intersection, Aimsun (hvis vi kun inkluderer mikromodellen) og VISSIM. Her modelleres hvert enkelt kjøretøy separat, og modellen

benyttes til å vurdere eksempelvis utforming av kryss, faseplaner og prioriteringsfelt for buss (Tørset et al., 2012 og Tiltak, 2019).

Både taktiske- og operasjonelle transportmodeller har et detaljert nettverk, der hvert felt representeres med en egen veglenke i modellen. I tillegg er svingefelt, faseplaner, feltbredder og veggeometrien veldig detaljert i modellene (Tiltak, 2019).

### 3.3.2 Simuleringsnivå

Trafikksimuleringsmodeller deles inn etter om de er mikroskopiske-, mesoskopiske- eller makroskopiske.

Mikroskopiske trafikksimuleringsmodeller er de mest detaljerte. Her simuleres hvert enkelt kjøretøy individuelt med bakgrunn i informasjon om type kjøretøy, kjøreadferd og kontroll- og rutestrategier. Disse modellene er vanligvis tidsbaserte (Knoop, 2017).

Mesoskopiske trafikksimuleringer har nettverksrepresentasjon med enten integrert nettverk eller lenke- og kjørefeltbaserte nettverk. Trafikken i slike modeller er representert som individuelle kjøretøy eller grupper av kjøretøy med lignende karakteristikk (Knoop, 2017).

Makroskopiske simuleringsmodeller har veldig aggregert detaljnivå, og trafikken defineres som trafikkflyt av matematiske modeller (Knoop, 2017).

Det finnes en fundamental sammenheng mellom tetthet ( $k$ ), trafikkstrøm ( $q$ ) og hastighet ( $u$ ) på makroskopisk nivå. Denne sammenhengen er:  $q=k*u$ . Tilsvarende finnes det en sammenheng for tid mellom kjøretøy ( $s$ ), avstand mellom kjøretøy ( $h$ ) og hastighet ( $v$ ) på mikroskopisk nivå. Denne sammenhengen er:  $s=h*v$ . Den makroskopiske sammenhengen er kun gjeldende ved stasjonære forhold, der trafikkflyten er homogen og konstant over tid. I tillegg må hastigheten beregnes som harmonisk gjennomsnitt av individuelle kjøretøy. Fra tabell 2 kan du se hvordan man kan sammenligne variablene på mikroskopisk nivå med de på makroskopisk nivå ved hjelp av enkle matematiske relasjoner (Knoop, 2017).

Ved hjelp av de matematiske sammenhengene og modeller som for eksempel Greenshields, Triangular, Truncated Triangular, Smulders, Drake, Inverse lambda og Wu kan man visualisere fundamentale diagram, og finne kapasiteten ved utvalgte steder i transportnettverket. Kapasiteten vil heller ikke være lik ved alle døgnets tider, men avhenger av vær, vind, andre miljøeffekter, kjøretøytyper som benytter infrastrukturen og vegkarakteristikk (Knoop, 2017).

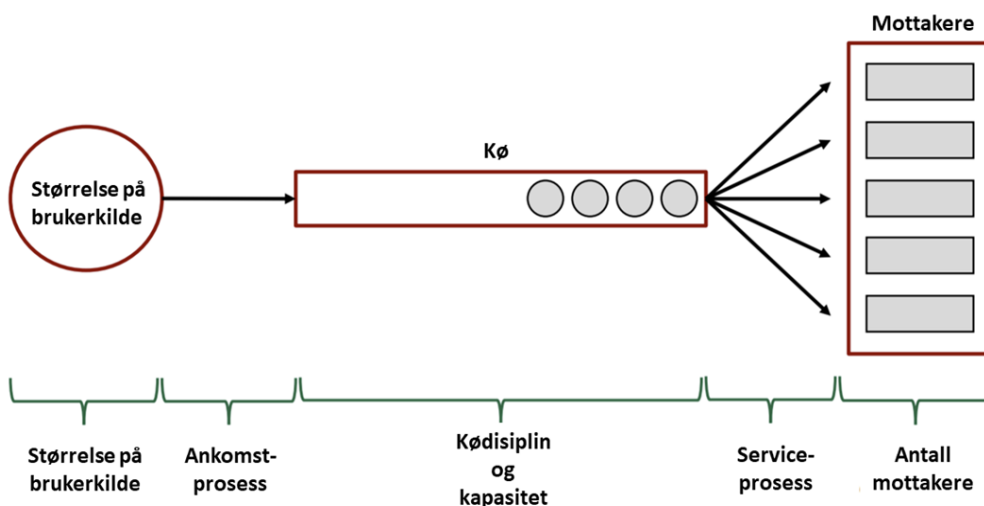
Tabell 2 viser fundamentale relasjoner mellom variabler på mikroskopisk- og makroskopisk nivå (Knoop, 2017).

Mikroskopisk	Symbol	Enhet	Makroskopisk	Symbol	Enhet	Relasjon
Avstand mellom kjøretøy	$h$	$s$	Trafikkflyt	$q$	$kjt/t$	$q = \frac{3600}{h}$
Tid mellom kjøretøy	$s$	$m$	Tetthet	$k$	$kjt/km$	$k = \frac{1000}{s}$
Hastighet	$v$	$ms$	Gjennomsnittlig hastighet	$u$	$km/h$	$u = \frac{3,6}{(1/v)}$

### 3.3.3 Kø

Det er viktig å modellere køer, ettersom disse ofte fører til forsinkelser som det er høye kostnadene forbundet til. Køer kommer av at transportetterspørselen er høyere enn tilgjengelig kapasitet (Nguyen-Phuoc et al., 2020). Det er derfor behov for metoder å identifisere kildene til forsinkelsene (flaskehals), kvantifisere forekomst av forsinkelser og kvantifisere forsinkelsens varighet. Når det er gjort gjenstår det kun å identifisere måter å redusere forsinkelsen eller redusere dens innvirkning på resten av transportsystemet (Larson og Odoni, 1981).

Et køsystem består i teorien av ulike deler som illustrert på figur 26. Trafikanter ankommer systemet i en ankomstprosess fra brukerkilden. Ankomstprosessen kan forenkles til å følge en statistisk fordeling.



Figur 26 viser illustrasjon over et køsystem (Carlos M. Lima Azevedo, 2020).

I køen følger trafikantene en kødisiplin som for eksempel kan være at den som ankommer køen først, også forlater den først. Køen er begrenset av en kapasitet, og dersom køen blir lengre enn kapasiteten vil man få tilbakeblokkering i nettverket. De trafikantene som er i køen, mottar en service av en mottaker. Serviceprosessen kan også forenkles til å følge en statistisk fordeling, og er begrenset av antall mottakere (Larson og Odoni, 1981).

Hvis vi for eksempel ser på en avkjøringsrampe fra E6 vil brukerkilden bestå av motoriserte kjøretøy. Kapasiteten vil være lengden på avkjøringsrampa. Den første som ankommer avkjøringsrampa, er også den første som forlater den. Mottakeren er feltene i krysset som rampa leder mot, og som kjøretøyene ønsker å benytte for å reise videre.

### 3.4 Aimsun Next 20.0.2

Aimsun er en ledende internasjonal leverandør av programvare for trafikkplanlegging, simulering og prediksjon. Originalt hadde programvaren sitt utspring i et laboratorium for simulering og operasjonsanalyse ved «Polytechnic University of Catalonia» i Spania. Prototypen ble utviklet mellom 1989 og 1997 og var et mikrosimuleringsprogram. 11. november 1997 ble firmaet TSS-Transport Simulation Systems opprettet med kontor i Barcelona. Firmaet hadde til hensikt å kommersialisere pro-

grammet. Siden den gang har leverandøren hatt stor vekst med etablering av en rekke kontorer over hele verden. Navnet Aimsun tok de først i 2007. Programmet har blitt utviklet slik at det er mulig å gjennomføre mikro-, meso-, makro- og hybrid-simuleringer. I 2018 ble selskapet kjøpt opp av Siemens (Aimsun, 2020a).

Den nyeste programversjonen til leverandøren heter Aimsun Next 20.0.2, og er den som ble benyttet i denne mas-

teroppgaven. På nettsiden står det blant annet at programmet egner seg godt til vurdering og optimalisering av signalprioritering for ulike kjøretøygrupper, samt andre bussprioriteringsregimer. Man kan gjennomføre studier av kjørefelt for samkjøring, konsekvensanalyser, sikkerhetsanalyser, analyser av miljøpåvirkning, bompenger og vegpriser, strategier som kan endre transportetterspørsel, adaptiv cruisekontroll, intelligente transportsystemer og autonome kjøretøy (Aimsun, 2020c).

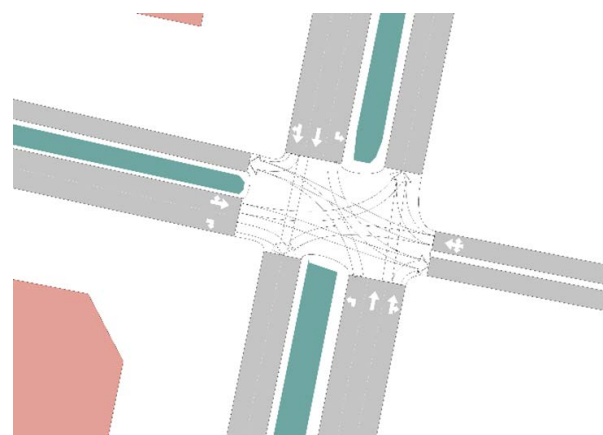
I Aimsun Next 20.0.2 er det tilrettelagt for simulering av gang- og sykkeltrafikk, og det er blant annet opprettet en helt egen integrert fotgjengersimulator. I programmet er fotgjengersimulatoren tilgjengelig i samme meny som du finner verktøyene til å bygge vegnett for motoriserte kjøretøy (Aimsun, 2020b).

### 3.4.1 Nettverk

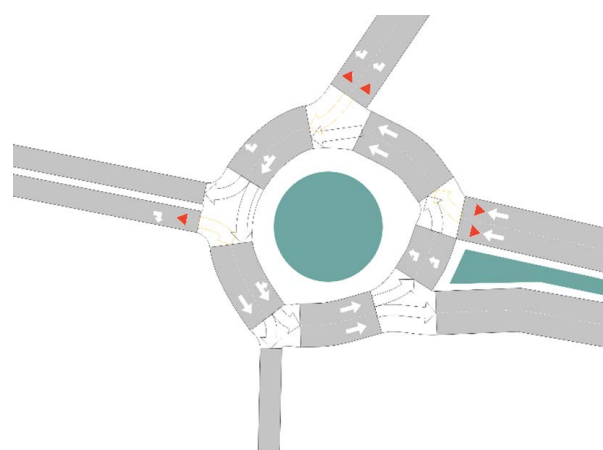
Transportnettverket i modellen består av lenker som representerer veger for motoriserte kjøretøy, gående og syklister, sentroider som definerer start- og slutt punkt i modellen og noder som er punkt der kjøretøy, gående eller syklister kan foreta et rutevalg blant mulige svingebevegelser.

Lenkene representerer veger i virkeligheten, og det er mulig å kode nettverket med blant annet riktig antall felt, feltbredde, fartsgrense, stigning og kjøreretning i Aimsun Next 20.0.2.

Sentroidene avgrensner modellen og er koblet til veglenker som slutter på tilfeldig sted. På figur 29 kan du se to eksempler på modellens representasjon av sentroider. En sentroide kan representere enten en opprinnelsesdestinasjon, en sluttdestinasjon eller begge deler. I virkeligheten kan disse være plassert ved boliger, kryss utenfor modellområdet, kjøpesentre og andre destinasjoner. Det destinasjonene har til felles er at de produserer og/eller attraherer turer.



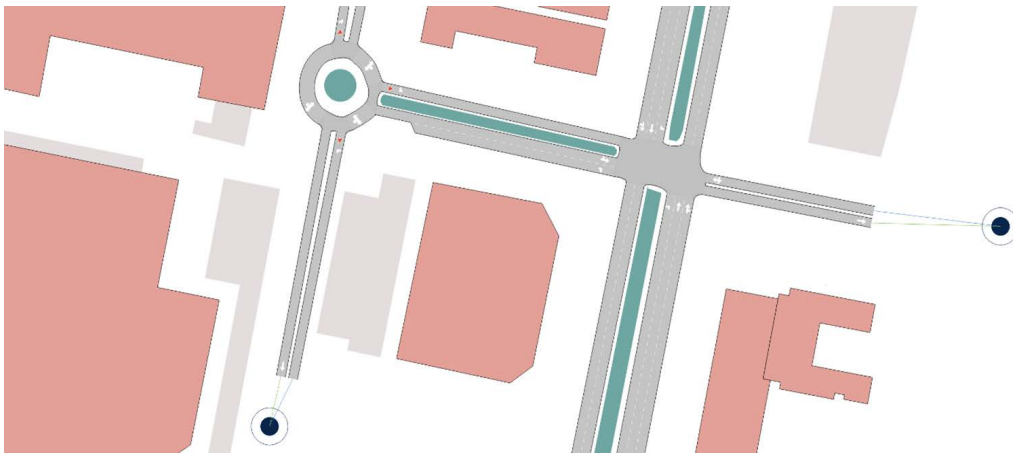
Figur 27 viser en node for et vikepliktsregulert kryss, der konflikterende svingebevegelser ikke er tatt høyde for. Bildet er hentet fra en modell laget av Tonje Lysø.



Figur 28 viser en rundkjøring med fem noder. Her er konflikterende svingebevegelser tatt høyde for, og tilfartene til rundkjøringen har vikeplikt. Bildet er hentet fra en modell laget av Tonje Lysø.

Noder finnes i alle kryss, der det er mulig å foreta en svingebevegelse. Rundkjøringer består av mange mindre lenker og noder. Aimsun har et detaljert nettverk med synlige retninger langs veglenkene slik at man enkelt kan identifisere konflikterende svingebevegelser og håndtere disse. På figur 27 og 28 kan du se noder som er farget gjennomskiktig. Figur 27 viser en node i et vikepliktsregulert kryss. Her er det en rekke konflikterende svingebevegelser, men det ikke er klargjort enda hvem som skal vike. Det kan du se siden det ikke er vikepliktskilt på noen veglenker rett før krysset og ingen svingebevegelser er farget gule.





Figur 29 viser to sentroider, der veglenkene stopper. Bildet er hentet fra en modell laget av Tonje Lysø.

Hvis en svingebevegelse er farget gul betyr det at den har vikeplikt. Figur 28 viser en rundkjøring der vikeforholdene er tatt hånd om, og du kan både se vikepliktskilt på veglenkene som leder mot krysset og en gul svingebevegelse i hver av de tre nodene.

### 3.4.2 Simulert hastighet

Den maksimale ønskede hastigheten på en veglenke eller en svingebevegelse for et kjøretøy beregnes i Aimsun Next 20.0.2 som vist fra ligning (6).

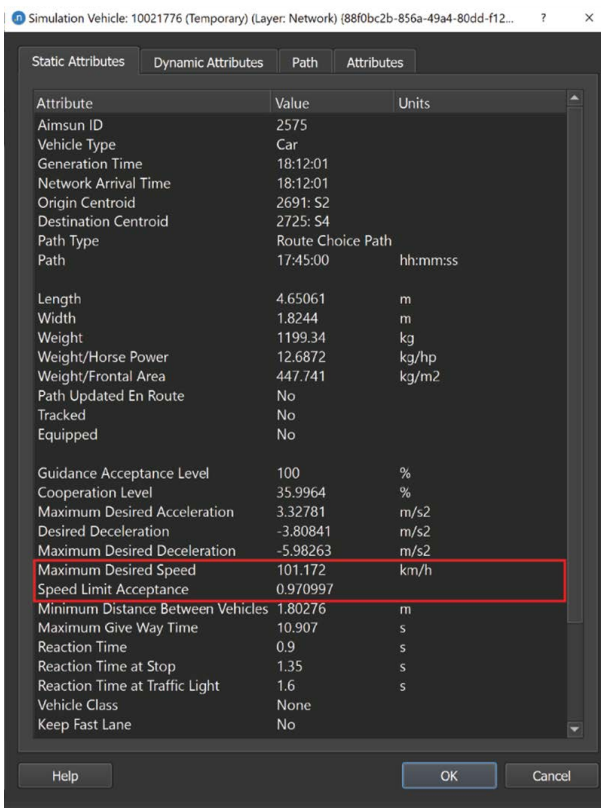
$$v(n, s) = \min\{\theta(n) \cdot v_{grense}(s), v(n)\} \quad (6)$$

Her er  $n$  et kjøretøy og  $s$  en veglenke eller svingebevegelse.  $\theta(n)$  er fartsgrenseaksept for kjøretøyet, og beskriver hvor mange prosent avvik som aksepteres på farten.  $v_{grense}(s)$  er fartsgrensen på veglenken eller svingebevegelsen, mens  $v(n)$  er maksimal ønsket hastighet for kjøretøyet som observeres. Den maksimale ønskede hastigheten på en veglenke eller en svingebevegelse for et kjøretøy er den minste av de to alternativene:  $\theta(n)$  multiplisert med  $v_{grense}(s)$  og  $v(n)$  i ligningen.

Figur 31 viser en dialogboks med data som fartsgrenseaksept og maksimal ønsket hastighet for et tilfeldig kjøretøy under en simulering. Kjøretøyet befant seg på en veglenke med fartsgrense på 60 km/t. Dermed kan hastigheten til kjøretøyet beregnes som vist fra ligning (7).

$$v(n, s) = \min\{0,970997 \cdot 60, 101,172\} \quad (7)$$

Kjøretøyet vil på denne veglenken ha en hastighet på omtrent 58 km/t.

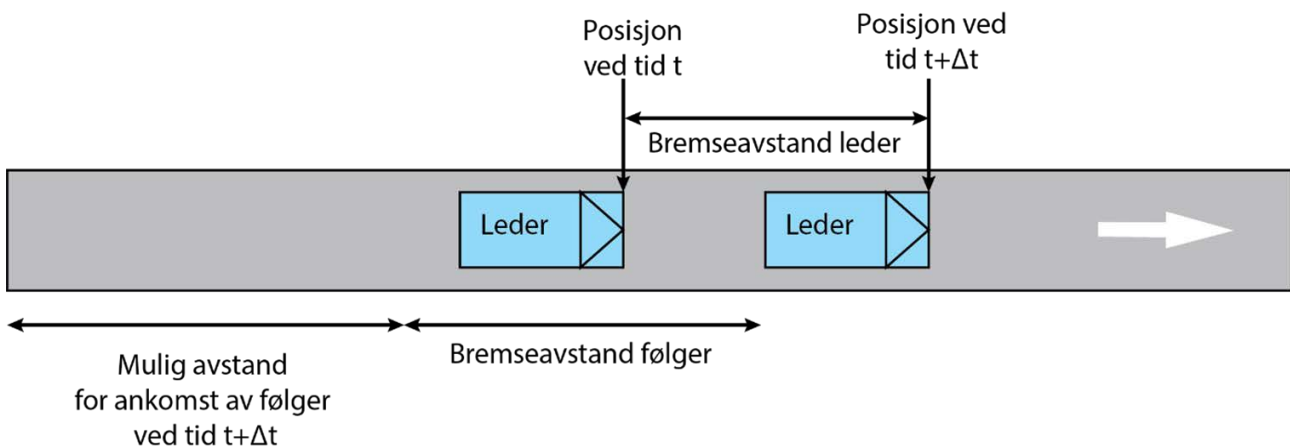


Figur 30 viser fartsgrenseaksept og maksimal ønsket hastighet for kjøretøygruppen til et tilfeldig kjøretøy under en simulering.

### 3.4.3 Ankomstmodell

Antall kjøretøy som ankommer nettverket kan defineres i enten OD-matriser eller «traffic states». I OD-matriser defineres antall kjøretøy som kommer fra en sentroide og som skal til alle de andre sentroidene, mens i en «traffic state» defineres hvor mange kjøretøy som ankommer nettverket og den prosentvise sannsynligheten for de ulike svingebevegelesene i alle noder i modellen (Aimsun, 2020b).

Både OD-matriser og «traffic states» kan legges inn som etterspørsel i modellen. Sentroidene er koblet til nettverket ved hjelp av konnektorer, mens det er ankomstalgoritmer som bestemmer avstanden mellom kjøretøyene og tidspunktet for når kjøretøyene ankommer nettverket. Ankomstalgoritmene kan være eksponentielle, normalfordelte, uniforme eller konstante. En annen mulighet er at kjøretøyene ankommer nettverket så fort som mulig (Aimsun, 2020b).



Figur 31 viser skisse over ankomstmodellen i Aimsun Next 20.0.2 (Aimsun, 2020b).

For å vite om det er nok plass for et kjøretøy å ankomme nettverket kreves informasjon om nettverket, foregående kjøretøy og kjøretøyet som ønsker å ankomme nettverket. Foregående kjøretøy er kalt leder, mens kjøretøyet rett bak er kalt følger. I teorien kan en følger ankomme nettverket, dersom avstanden mellom følger og leder er større enn bremseavstanden til følger. Det er, fordi det må være nok plass til at følgeren kan ankomme modellen uten å kolliderer med lederen. Dette resonnementet er skissert på figur 31. Dersom det ikke er stor nok avstand i modellen blir kjøretøyet sendt inn i en virtuell kø, og må vente der til det kan ankomme modellen (Aimsun, 2020b).

For å finne ut hvilken tid og posisjon følger ankommer nettverket må det gjennomføres noen beregninger (Aimsun, 2020b).

Først finner vi bremseavstanden til leder som vist fra ligning (8) (Aimsun, 2020b).

$$L_{bl} = \frac{v(l, s)^2}{-2 \cdot r_l} \quad (8)$$

Her er  $v(l, s)$  nåværende hastighet for leder i modellen, mens  $r_l$  er normal retardasjon for kjøretøygruppen til lederen. Retardasjon er en negativ størrelse i programmet (Aimsun, 2020b).

Deretter finner vi bremseavstanden til følgeren som vist fra ligning (9) (Aimsun, 2020b).

$$L_{bf} = \frac{v(f, s)^2}{-2 \cdot r_f} \quad (9)$$

Her er  $v(f, s)$  maksimal ønsket hastighet til følgeren som ønsker å ankomme modellen, og  $r_f$  er normal retardasjon for kjøretøygruppen til følgeren (Aimsun, 2020b).

Nå kan vi finne nødvendig avstand slik at følgeren trygt kan ankomme veglenken. Denne avstanden er gitt fra ligning (10) (Aimsun, 2020b).

$$D = x_i(t) + L_{bl} - L_l - L_{bf} \quad (10)$$

I ligning (10) er det introdusert en ny konstant,  $L_l$ , og en ny funksjon,  $x_i(t)$ . Konstanten representerer lengden på kjøretøygruppen til lederen, mens funksjonen gir lederens posisjon ved simuleringstidspunktet  $t$  (Aimsun, 2020b).

En annen måte å formulere samme ligning er gitt ved ligning (11) (Aimsun, 2020b).

$$D = x_i(t + \Delta t) - L_l - L_{bf} \quad (11)$$

Fra figur 31 kan du se at ligning (11) stemmer. Her er posisjonen til lederen ved et tidssteg,  $x_i(t + \Delta t)$ , lik utgangsposisjonen til lederen,  $x_i(t)$ , addert med bremseavstanden til lederen,  $L_{bl}$ . Dette resonnementet gjelder kun med antagelsen om at lederens bremseavstand blir tilbakelagt ved tidssteget  $\Delta t$  (Aimsun, 2020b).

Tiden det tar for følgeren å reise avstanden,  $D$ , er gitt ved ligning (12) (Aimsun, 2020b).

$$t_D = \frac{D}{v(f, s)} \quad (12)$$

Når tiden,  $t_D$ , er funnet kan vi også finne faktisk ankomsttid i modellen til kjøretøyet. Denne er gitt fra ligning (13) (Aimsun, 2020b).

$$t_{ankomst} = \max\{t_{teori}, t + \Delta t - t_D\} \quad (13)$$

I ligning (13) er  $t_{teori}$  teoretisk ankomsttid,  $t + \Delta t$  er tidspunktet etter ankomst og  $t_D$  er tiden det tar å reise avstanden  $D$ . Den maksimale tiden av de to alternativene:  $t_{teori}$  og  $t + \Delta t - t_D$  er ankomsttiden til følgeren (Aimsun, 2020b).

Videre kan vi finne inngangsposisjonen til følgeren fra ligning (14) (Aimsun, 2020b).

$$x_f = v(f, s) \cdot (t + \Delta t + t_{ankomst}) \quad (14)$$

### 3.4.4 Atferdsmodeller

Modellene for bilfølging, feltbytte og tidsluker ved vikepliktsregulerte kryss er alle atferdsmodeller. Disse beskriver hvordan et kjøretøy beveger seg gjennom nettverket. Posisjonen til alle kjøretøy i modellen blir oppdatert for hvert tidssteg,  $\Delta t$ . Dette tidssteget kan bli definert til å være mellom 0,1 og 1,5 sekunder. Generelt vil kjøretøyene bevege seg i sine ønskede hastigheter så lenge de ikke blir påvirket av andre kjøretøy, lyskryss, skilt eller andre forhold (Aimsun, 2020b).

I Aimsun Next 20.0.2 baserer bilfølgingssmodellen seg på Gipps modell (Gipps 1981 og 1986b). Hensikten bak en bilfølgingsmodell er å justere hastigheten til hvert enkelt kjøretøy ved hvert tidssteg. Bilfølgingsmodellen blir blant annet påvirket av fartgrenseaksepten til kjøretøygruppen, veggeometrien, fartsgrensen til veglenkene og hastigheten til andre kjøretøy. Hastigheten et kjøretøy har på en veglenke er bestemt av ønsket hastighet til kjøretøygruppen og begrenses av hastigheten til kjøretøyet foran. Bilfølgingsmodellen styrer både akselerasjonen og retardasjonen til kjøretøyet (Aimsun, 2020b).

Hastigheten et kjøretøy,  $n$ , kan oppnå i løpet av reaksjonstiden,  $T$ , er gitt fra ligning (15) (Aimsun, 2020b).

Der er  $v_a(n, t + T)$  hastighetsalternativ a) for et kjøretøy med tidssteg lik reaksjonstiden,  $v(n, t)$  er hastigheten ved tidspunkt  $t$  før akselerasjon,  $a(n)$  er maksimal akselerasjon for kjøretøyet og  $v(n, s)$  er ønsket hastighet for kjøretøyet på en gitt veglenke eller svingebevegelse (Aimsun, 2020b).

Samtidig kan kjøretøyet begrenses av hastigheten til kjøretøyet foran,  $n-1$ , som vist fra ligning (16) (Aimsun, 2020b).

Der er  $v_b(n, t + T)$  hastighetsalternativ b) for et kjøretøy med tidssteg lik reaksjonstiden,  $r(n)$  er den maksimale retardasjonen til kjøretøy,  $n$ ,  $x(n, t)$  er posisjonen til kjøretøy,  $n$ , før endret hastighet,  $(x(n-1), t)$



$$v_a(n, t + T) = v(n, t) + 2,5a(n)T \left( 1 - \frac{v(n, t)}{v(n, s)} \right) \sqrt{0,025 + \frac{v(n, t)}{v(n, s)}} \quad (15)$$

$$v_b(n, t + T) = r(n)T + \sqrt{r(n)^2 T^2 - r(n) \left[ 2[(x(n-1), t) - L(n-1) - x(n, t)] - v(n, t)T - \frac{v(n-1, t)^2}{r'(n-1)} \right]} \quad (16)$$

er posisjonen til lederen ved starttidspunktet,  $L(n-1)$  er lengden på kjøretøy,  $n-1$ , og  $r'(n-1)$  er estimert retardasjon (Aimsun, 2020b).

Hastigheten til kjøretøyet blir dermed den minste av de to overnevnte alternativene som vist fra ligning (17) (Aimsun, 2020b).

$$v(n, t + T) = \min\{v_a(n, t + T), v_b(n, t + T)\} \quad (17)$$

Posisjonen til kjøretøyet kan så beregnes ved hjelp av posisjonen før hastighetsendring, og den oppdaterte hastigheten til kjøretøyet etter akselerasjon eller retardasjon. Hvis kjøretøyet akselererer benyttes rektangelmetoden for å beregne ny posisjon til kjøretøyet som vist fra ligning (18) (Aimsun, 2020b).

$$x(n, t + T) = x(n, t) + v(n, t + T) \cdot T \quad (18)$$

Ved retardasjon benyttes trapesmetoden som vist fra ligning (19) (Aimsun, 2020b).

$$x(n, t + T) = x(n, t) + 0,5 \cdot (v(n, t) + v(n, t + T)) \cdot T \quad (19)$$

Den estimerte retardasjonen til lederen,  $r'(n-1)$ , er en funksjon av sensitivitetsfaktoren,  $\alpha$ , som vist ved ligning (20) (Aimsun, 2020b).

$$r'(n-1) = r(n-1) \cdot \alpha \quad (20)$$

Ved  $\alpha < 1$  opplever følger at retardasjonen til lederen er mindre enn den er og øker hastigheten. Som resultat blir avstanden mellom følger og leder mindre (Aimsun, 2020b).

Ved  $\alpha > 1$  opplever følger at retardasjonen til lederen er større enn den er og senker hastigheten. Som resultat blir avstanden mellom følger og leder større (Aimsun, 2020b).

Modellen har også et krav til minste tid mellom leder og følger. Denne tidsbegrensningens hensikt er å begrense retardasjonen til lederen slik at de to kjøretøyene ikke kolliderer. Denne begrensningen skal tas hensyn til før posisjonen,  $x(n, t + T)$ , beregnes (Aimsun, 2020b).

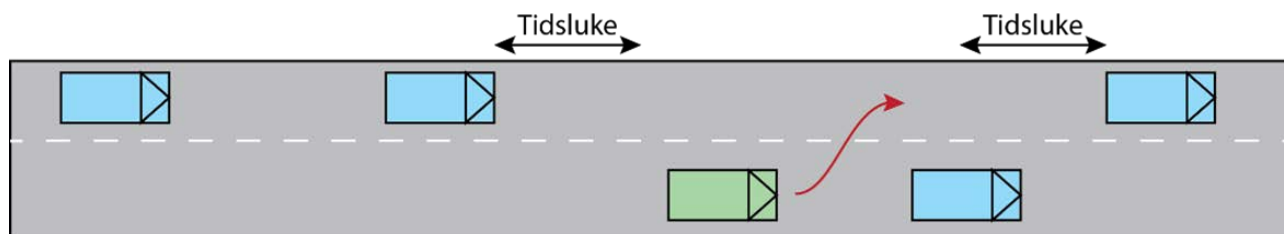
Dersom avstanden mellom følger og leder er mindre enn avstanden som kan nås med beregnet hastighet og minste tidskrav mellom kjøretøyene,  $t_{\min}$ , skal ny hastighet for kjøretøyet,  $n$ , beregnes som vist fra ligning (21) (Aimsun, 2020b).

$$v(n, t + T) = \frac{x(n-1, t + T) - x(n, t)}{t_{\min} + T} \quad (21)$$

Feltbyttmodellen er inspirert av Gipps feltbyttmodell (Gipps 1986a and 1986b). Spørsmålet om å bytte felt er en beslutningsprosess som blir gjennomført hvis det er nødvendig, ønskelig eller mulig. Med nødvendig menes at man må bytte felt for å foreta en spesiell svingebevegelse. For at det skal være ønskelig å bytte felt må kjøretøyet spare tid eller kjøretøykilometer ved byttet. Uavhengig om det er nødvendig eller ønskelig må det være fysisk mulig for at et kjøretøy skal bytte felt i modellen. Kjøretøyene trenger tilstrekkelig stor tidsluke mellom front på følger og bakende på leder for å gjennomføre et feltbytte. Det finnes tre stadier for feltbytte og disse kalles soner (Aimsun, 2020b).

Både tidsluke og hastigheten til kjøretøyet som foretar feltbytte bygger på samme beregning som bilfølgingsmodellen ved retardasjon, der kjøretøyet blir begrenset av en leder. Tidsluka og hastigheten til kjøretøyet er akseptert så lenge de begge er positive, samtidig må retardasjonen være mindre enn den maksimalt ønskelige retardasjonen (Aimsun, 2020b).

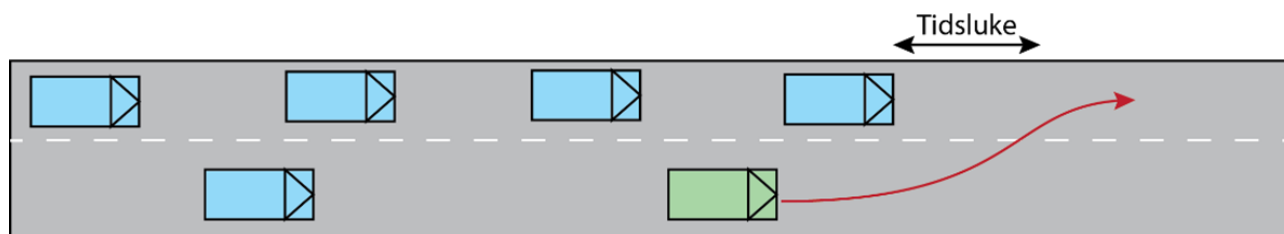
For å kunne påvirke nødvendig tidsluke for forbikjøring går det an å justere hvor aggressiv kjørestilen skal være for hver vegtype og kjøretøytype. Ved høyere verdi tillater man at kjøretøy bytter felt ved kortere tidsluke, samtidig som kjøretøyet bak ikke trenger å bremse like mye (Aimsun, 2020b).



Figur 32 viser en illustrasjon av feltbytte ved forbikjøring av saktegående kjøretøy (Aimsun, 2020b).

Typiske feltbytter finner sted i sone 1 for å foreta forbikjøring av saktegående trafikk. Et kjøretøy befinner seg i sone 2 når det er i feil felt for å foreta en svingebevegelse, og ønsker derfor å bytte felt. Sone 3 er når kjøretøyet må foreta et feltbytte til et gyldig kjørefelt raskt, eksempelvis hvis et kjørefelt opphører (Aimsun, 2020b).

Forbikjøringsmodellen i Aimsun blir benyttet for kjøretøy i sone 1. En forbikjøring blir bestemt av en terskel for start på forbikjøringen og en terskel for når kjøretøyet har gjenopprettet sin ønskede hastighet langs veglenka. Begge terskler er gitt som prosentandeler av ønsket hastighet til kjøretøytypen. Terskel for start på



Figur 33 viser en illustrasjon av feltbytte med tidsluke foran kjøretøyet nåværende posisjon (Aimsun, 2020b).

forbikjøring er vanligvis satt til 90 prosent av ønsket hastighet, og dersom kjøretøyet hastighet går under denne terskelen vil kjøretøyet igangsette en forbikjøring. Terskelen for når kjøretøyet har gjenopprettet sin ønskede hastighet på veglenka er vanligvis satt til 95 prosent av ønsket hastighet, og dersom kjøretøyet overskrider terskelen vil forbikjøringen avbrytes (Aimsun, 2020b).

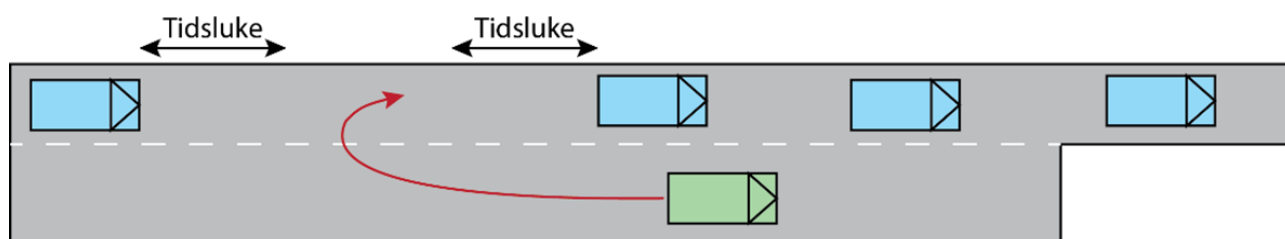
på forbikjøring. Hvis ikke vil forbikjøringen bli avbrutt før den starter. Terskelverdiene må også settes tilstrekkelig høyt for å i det hele tatt oppnå noen forbikjøring. Hvis ikke må kjøretøyene ha en mye lavere hastighet enn de ønsker før forbikjøring blir igangsatt. Terskelverdiene kan settes lokalt for hele eksperimentet eller defineres spesielt for hver enkelt kjøretøytype. Om kjøretøyet går tilbake til sitt opprinnelige kjørefelt etter forbikjøring bestemmes av parameteren for å bli i forbikjøringsfeltet for hver vegtype (Aimsun, 2020b).

Terskelen for når kjøretøyene har gjenopprettet sin hastighet langs en veglenka må være høyere enn terskelen for start

Sonelengden til sone 2 er gitt som avstand fremover, mens sonelengden for sone 3 er gitt som kritisk avstand fremover. Disse avstandene er begge spesifisert for hver enkelt veglenke som benyttes i modellen. I modellen benyttes også en faktor for oppfattet avstand, ettersom ulike sjåførere kan oppfatte samme avstand forskjellig. Faktoren blir plukket ut ved hjelp av en uniform tilfeldig fordeling mellom to grenseverdier som blir spesifisert for hver kjøretøytype (Aimsun, 2020b).

Det finnes tre muligheter for feltbytte i Aimsun Next 20.0.2. De kan legges ut

rett til venstre for posisjonen de hadde fra før. Dette er eneste måten å foreta feltbytte i sone 1, men brukes også i sone 2 og 3. Et eksempel på et slikt feltbytte kan sees på figur 32. En annen mulighet for kjøretøy i sone 3 som ønsker å bytte felt er å finne tilstrekkelig tidsluke blant trafikk som kommer bak dens nåværende posisjon. Dette alternativet er illustrert på figur 34. Kjøretøyet som ønsker å bytte felt vil sakke farten og stoppe om nødvendig. Kjøretøy i sone 2 kan øke sin hastighet og bytte felt blant trafikk som opprinnelig lå foran den. Dette feltbyttet er illustrert på figur 33 (Aimsun, 2020b).



Figur 34 viser en illustrasjon av nødvendig feltbytte, ettersom kjørefeltet opphører lengre fremme. Her finnes kun tilstrekkelig tidsluke blant trafikk som kommer bak kjøretøyets nåværende posisjon (Aimsun, 2020b).

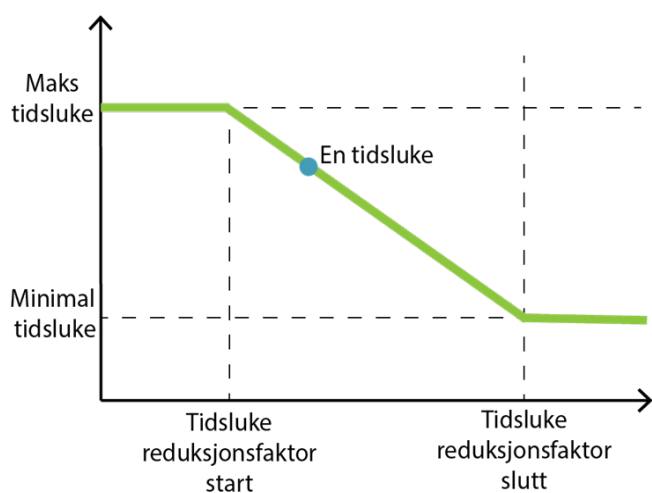
Ved alle alternativer for feltbytte stilles det krav om tilstrekkelig tidsluke mellom kjøretøyet som bytter felt og eventuelle kjøretøy som ligger foran og bak den. Kjøretøyet som bytter felt følger først eventuelle ledere som ligger foran den i sitt opprinnelige felt, og etter feltbytte vil den gå over til å følge en ny leder i sitt nye kjørefelt i henhold til bilfølgingsmodellen (Aimsun, 2020b).

Det finnes også en samarbeidsparameter for feltbytte, som sier hvor ofte kjøretøy i målfeltene sakker farten for å hjelpe kjøretøy fra sone 2 og 3 å gjennomføre feltskifte. Denne kan justeres både for de ulike kjøretøytypene og vegtypene. Når samarbeidsparameteren blir tatt i bruk vil ikke kravet om tidsluke bak kjøretøyet som bytter felt være like strengt. Det er, fordi kjøretøyet som kommer bak sakker hastigheten og på den måten bidrar til økt tidsluke (Aimsun, 2020b).

Modellen for tidsluker bestemmer om et kjøretøy som nærmer seg et vikepliktsregulert kryss kan fortsette gjennom krysset med en gang eller må vente. Hva resultatet blir avhenger av andre møtende kjøretøy og vikepliktsforholdene i vegnettet. I modellen for tidsluker antas et hypotetisk kollisjonspunkt, og modellen beregner tiden det tar for hvert enkelt kjøretøy å reise avstanden til punktet basert på deres nåværende posisjon, hastighet og akselerasjon. Kjøretøy behøver ikke å vente dersom de ikke er i konflikt med andre kjøretøy, har prioritering gjennom krysset eller når kollisjonspunktet på en tid som er lavere enn for alle de andre kjøretøyene inkludert sikkerhetsmargin. Kun kjøretøy som er innenfor eller delvis innenfor synlig avstand vil vikes for i modellen (Aimsun, 2020b).

Parameterne som kontrollerer modellen for tidsluker kan redigeres for hver vegtype eller for hver svingebevegelse i spesifikke noder. Hver kjøretøytype har også en sikkerhetsmarginfaktor som kan justeres.

Sikkerhetsmarginfaktoren multipliseres med sikkerhetsmarginen for å finne nødvendig sikkerhetsmargin mellom kjøretøyene i modellen. Andre kjøretøyparametere som påvirker nødvendig tidsluke i vikepliktsregulerte kryss er svingehastighet, akselerasjon, ønsket hastighet og fartsgrenseaksept (Aimsun, 2020b).



Figur 35 viser hvordan kravet til tidsluke reduseres når kjøretøy i modellen må vente ved vikepliktsregulerte kryss (Aimsun, 2020b).

Nødvendig tidsluke til et kjøretøy som må vike for annen trafikk er bestemt av ventetiden. Tidsluken med en gang kjøretøyet ankommer krysset er maksimal for kjøretøytypen, men etter at kjøretøyet har ventet tilstrekkelig lenge minker kravet til tidsluken lineært til minstekravet for tidsluke nås. Figur 35 viser hvordan nødvendig tidsluke for et kjøretøy minker lineært med ventetiden. Når tidsluken i krysset er tilstrekkelig vil kjøretøyet få lov til å kjøre gjennom krysset (Aimsun, 2020b).

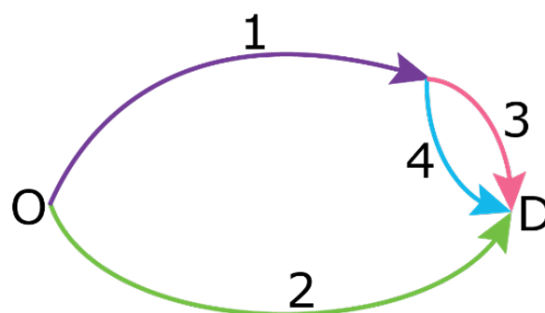
### 3.4.5 Stokastisk rutevalg, replikasjoner og C-logit

Det er tilfeldigheter som avgjør hvilke ruter som blir brukt av reisende hvis de oppfattes som like. Individuelle preferanser spiller også en rolle når det kommer til rutevalg, og dette er informasjon forskere ikke har data på. Derfor har rutevalg på

samme måte som ved reisemiddelvalg både en systematisk del og et feilledd. Dette løses ved å modellere rutevalgene stokastisk (Ashfaq, 2021).

I Aimsun Next 20.0.2 blir førerens rutevalg stokastisk gjennom bruk av en frøverdi for hver replikasjon sammen med en tilfeldig nummegerator. På grunn av dette vil hver replikasjon i modellen produsere litt ulike resultater. Fra en tidligere Aimsun-manual laget av regjeringen i Sør-Australia står det at fem replikasjoner ved stokastisk rutevalg vil være tilstrekkelig, men dersom det er betydelig variasjon i resultatene bør ti replikasjoner for hvert scenario benyttes (Government of South Australia, 2019). En annen artikkel konkluderer også med at øvre grense for nødvendig antall replikasjoner vanligvis er ti ved stokastiske rutevalg (Burghout, 2004).

Logit modeller har ideell form, ettersom de er lukkede og enkle å beregne. I delkapittel 3.1.1 Nyttefunksjonen så vi at det var mulig å regne på reisemiddelvalg ved hjelp av en multinomisk logit modell. For beregning av rutevalg ønsker vi heller å bruke en C-logit modell i henhold til Aimsun-veilederen for norske forhold (Asplan Viak, 2019).



Figur 36 viser tre mulige ruter fra start på reisen, O, til slutten på reisen, D (Cascetta, 2013).

C-logit er en rutevalgsmodell som i motsetning til andre logitmodeller har en kommunalitetfaktor som reduserer nytten ved rutevalg som er overlappende. Det er nødvendig for å ikke modellere mer trafikk på lenker, enn de ellers ville hatt i virke-



ligheten. Som illustrert på figur 36 kan du se at det finnes tre mulige rutevalg fra start på reisen, O, til slutten på reisen, D. Disse er O-1-3-D, O-1-4-D og O-2-D. Som du kan se har rute O-1-3-D og O-1-4-D lenke nummer 1 til felles. Rutevalgene er overlappende og kommunalitetetsfaktoren vil være stor (Cascetta, 2013).

Sannsynligheten for et rutevalg  $k$  i Aimsun Next 20.0.2 med C-logit som rutevalgsmodell er gitt ved ligning (22).

$$P_k = \frac{e^{\theta(V_k - CF_k)}}{\sum_{l \in K_j} e^{\theta(V_l - CF_l)}} \quad (22)$$

Her svarer  $P_k$  til sannsynligheten for rutevalgalternativ  $k$  som er en del av alle mulige rutevalg,  $K_j$ .  $V$  er systematisk oppfattet nytte på en rute,  $\theta$  er en skaleringsfaktor og  $CF$  er kommunalitetetsfaktoren (Aimsun, 2020b).

Det finnes mange alternativer for beregning av kommunalitetetsfaktor, men den som benyttes i Aimsun Next 20.0.2 er gitt som vist på ligning (23) (Aimsun, 2020b).

$$CF_k = \beta \ln \sum_{l \in K_j} \left( \frac{L_{lk}}{L_l^{1/2} L_l^{1/2}} \right)^\gamma \quad (23)$$

Her er  $L_{lk}$  reisetiden på overlappende stekning mellom rute  $l$  og  $k$ , mens  $L_l$  er reisetiden for hele rute  $l$  og  $k$ .  $\beta$  og  $\gamma$  er to faktorparametre som påvirker størrelsen til kommunalitetetsfaktoren. Parameteren  $\beta$  gir en større kommunalitetetsfaktor ved høye verdier, mens parameteren  $\gamma$ , som alltid er positiv, gir en lavere kommunalitetetsfaktor ved høye verdier (Aimsun, 2020b).

## 3.5 Forskningshull

Som vi har sett fra litteraturstudiet finnes det forskning på hva som påvirker reise-middelvalg og en rekke tiltak man kan innføre for å forbedre et kollektivtilbud. Det er nevnt prioriteringstiltak for busser i kryss og langs strekninger, ulike holdeplassutforminger med fordeler og ulemper, samt metode for synkronisering av busslinjer slik at ventetiden til kollektivtrafikanterne kan bli redusert.

I tillegg har jeg nevnt ulike digitale verktøy for å gjennomføre transportanalyser. Hvilke man velger avhenger av detaljeringsgrad. Jeg har forklart viktigheten av å simulere køer. Oppbygging av nettverk, ankomstmodell, bilfølgingsmodell, feltbyttmodell og modell for tidsluker ved vikepunkt er beskrevet for Aimsun Next 20.0.2. I modellen som jeg har laget i denne masteroppgaven er det brukt en mikrosimuleringsmodell med stokastisk rutevalg, ti replikasjoner og C-logit rutevalgsmodell. Dette er begreper som alle er definert.

Det som derimot forbausende nok synes å ha blitt forsket tilsynelatende lite på er hvordan et kollektivknutepunkt i Trondheim med midtstilt plattform påvirker annen trafikk etter bygging, og hvordan holdeplassen oppleves av de som bruker den. Å finne svar på disse spørsmålene har jeg tenkt til å ta på meg ansvaret for gjennom dette masteroppgavearbeidet.



Y  
1257  
13.19

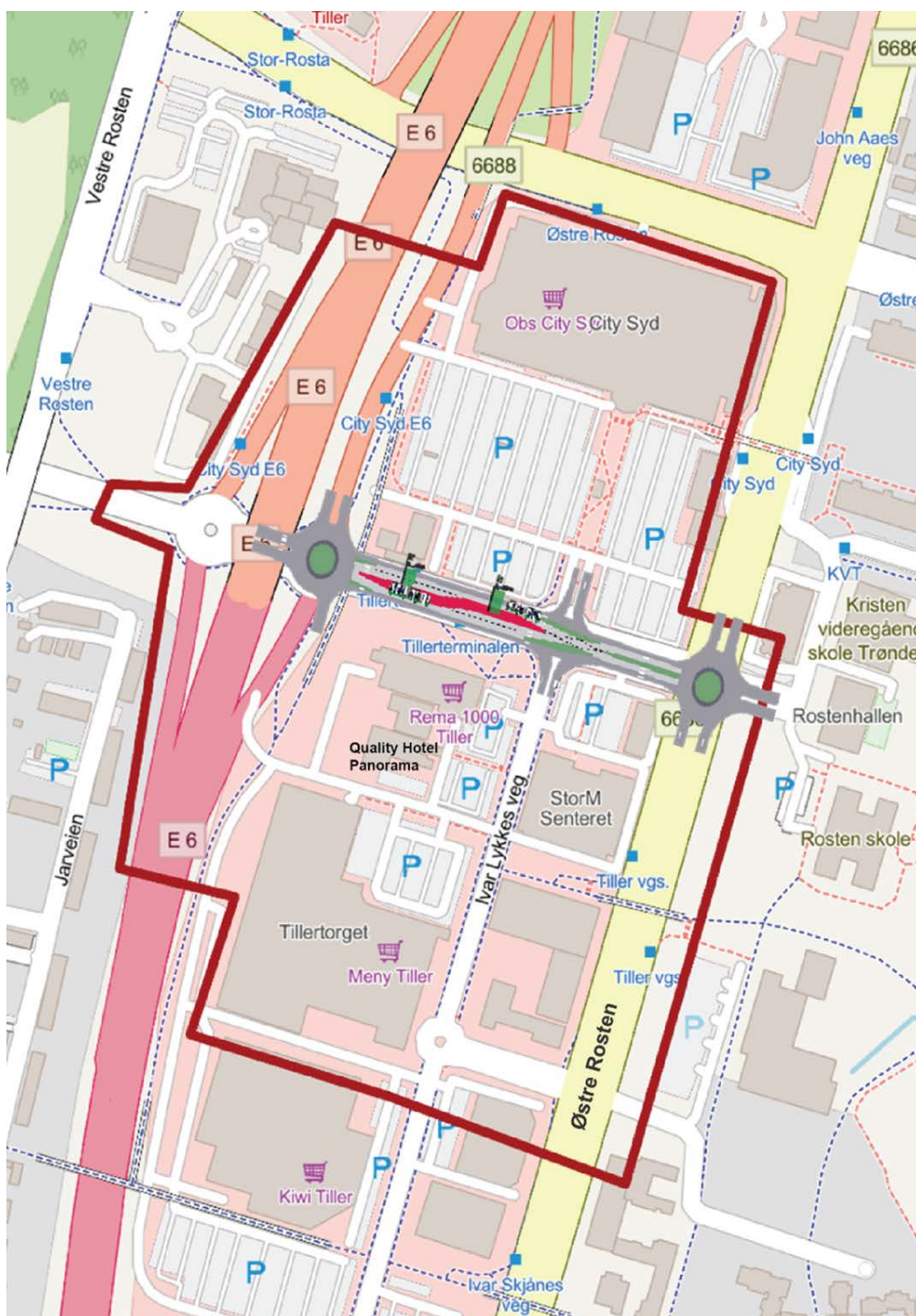
Clear Channel  
It's Weird!  
Weirdly satisfying  
Enjoy a refreshing and delicious  
combination of chocolate and cream  
Chocolade Hut



## 4. Studieområdet

Fra figur 37 kan du se områdebegrensningen som er valgt for masteroppgaven, markert med rød ramme. Avgrensningen dekker et areal på 0,19 kvadratkilometer, og er ansett som passende i henhold til masteroppgavens tidsbegrensning. Samtidig gir avgrensningen mulighet for å analysere trafikale effekter i området som følge av bygging av Tillerterminalen.

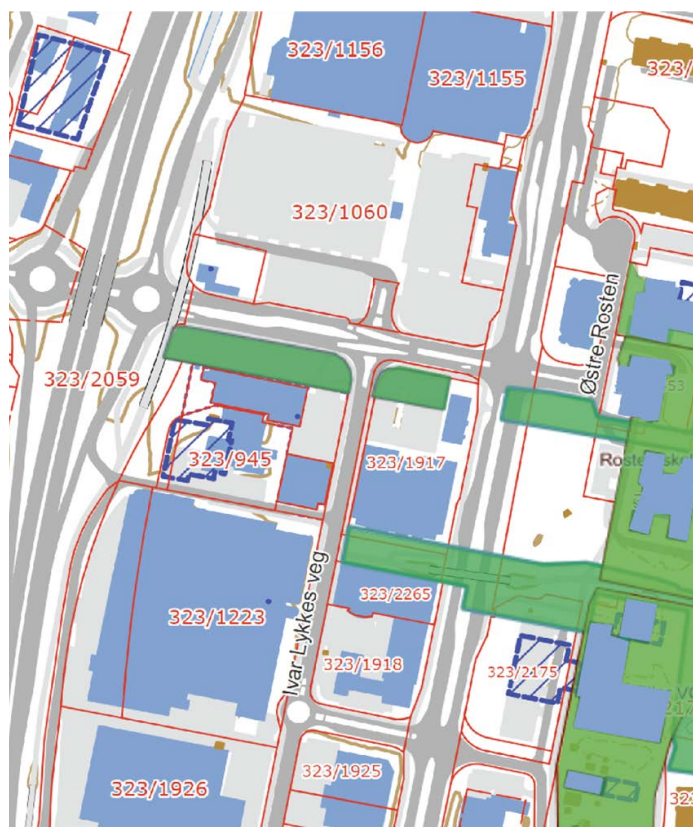
Omtrent midt i studieområdet finner du Tillerterminalen i en gate som kalles Anne-Kath. Parows Veg. Andre veger som vil bli referert til videre gjennom denne oppgaven er også nevnt slik som Østre Rosten, Ivar Lykkes veg og E6. Kartet viser også navn på publikumsattraktive destinasjoner i området rundt kollektivterminalen, som for eksempel City Syd, Tiller torget og Quality Hotel Panorama.



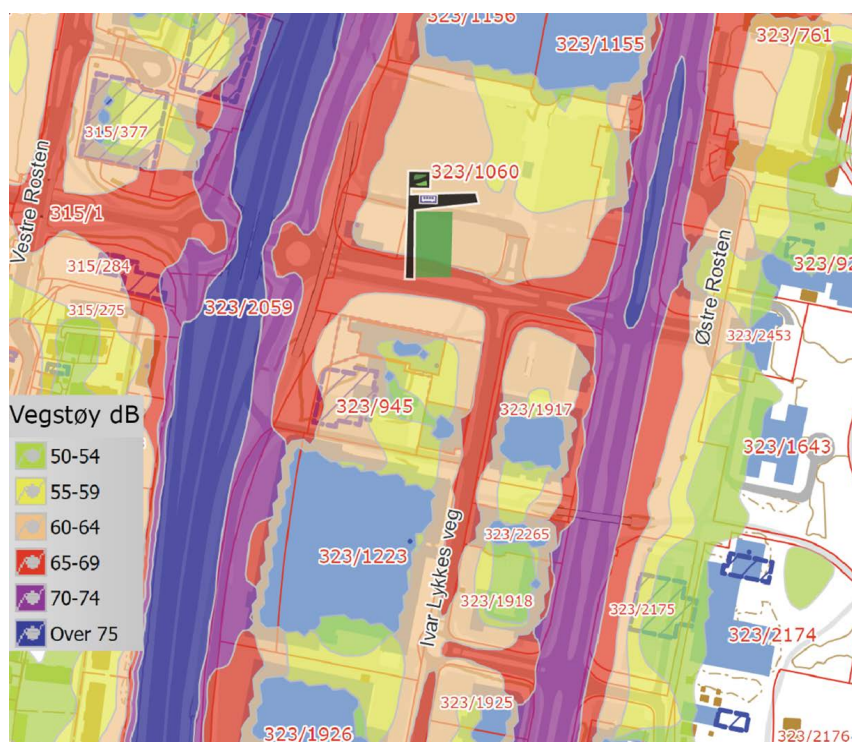
Figur 37 viser områdebegrensning for videre analyse (OpenStreetMap, 2020).

Figur 39 viser ulike støysoner fra 2017 for studieområdet. Blant annet kan du se at Tillerterminalen er plassert midt i Anne-Kath. Parows Veg i rød støysone. Rød støysone beskriver en støybelastning på mellom 65 og 69 desibel. Du kan også se at Ivar Lykkes veg er i rød støysone, mens Østre Rosten er i lilla støysone. Lilla støysone indikerer støybelastning på 70 til 74 desibel. E6 har blå støysone som betyr støy over 75 desibel. Det fremkommer også av kartet at det er få områder i studieområdet med lite vegstøy. En annen tendens som fremkommer av kartet er at vegtrafikkstøy avtar med økt distanse fra store trafikkbelastede veglenker (Trondheim kommune, 2017).

Figur 38 viser grøntområder innenfor studieområdet. Med grøntområder menes her grønne korridorer, uteareal ved barnehager, skoler, idrettsanlegg, naturområder og andre grønne områder. Som du kan se er det beskjeden grøntstruktur i studieområdet. I umiddelbar nærhet til Tillerterminalen finnes det to store gressplener sør for Anne-Kath. Parows Veg. De resterende grønne feltene mot øst på kartet er lekeområder og uteområder til offentlige og private institusjoner (Trondheim kommune, 2020).



Figur 38 viser studieområdets grøntområder (Trondheim kommune, 2020).



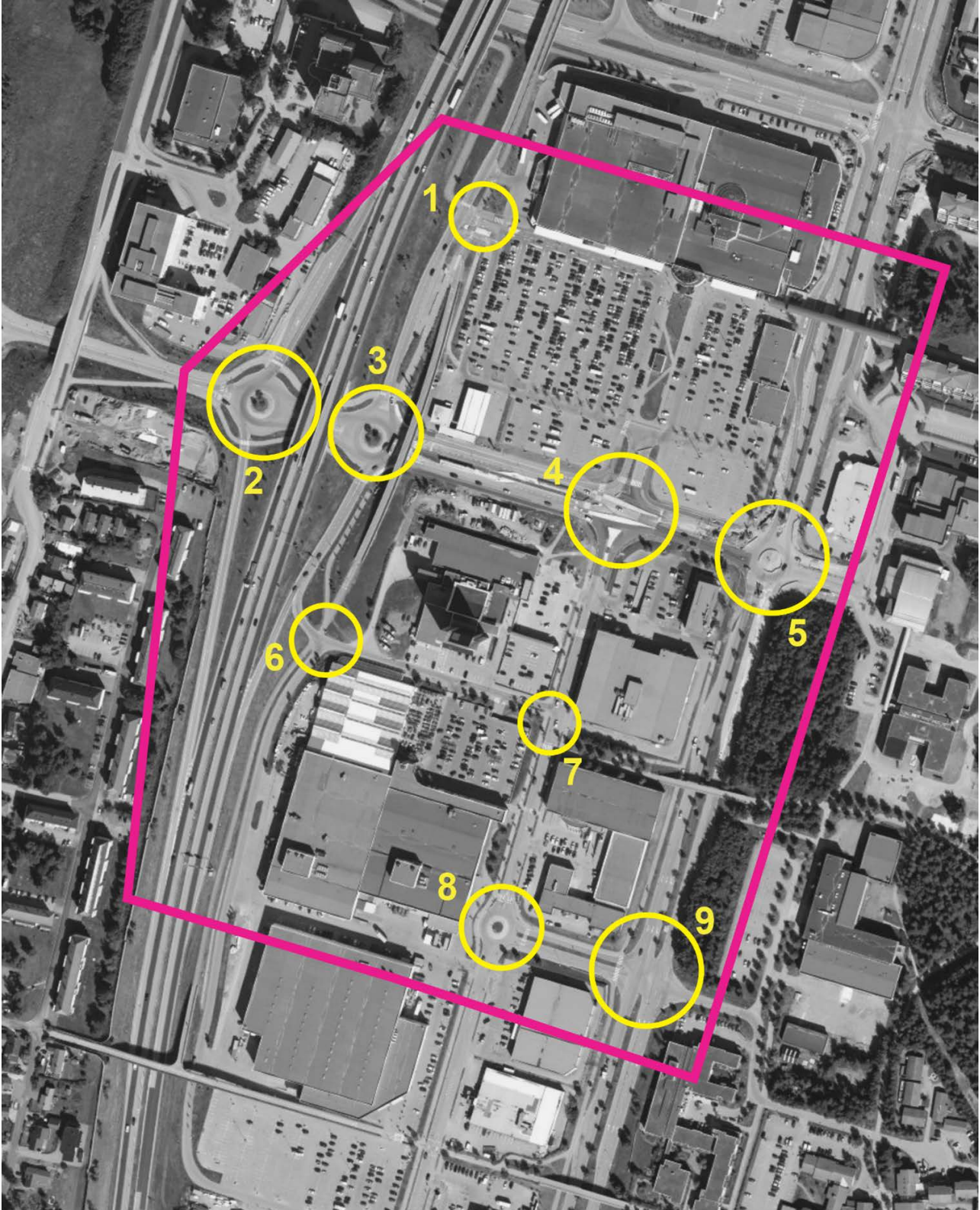
Figur 39 viser vegtrafikkstøy i desibel for studieområdet. Leskuret på tegningen definerer Tillerterminalens plassering (Trondheim kommune, 2017).



## 4.1 Kryss

Studieområdet har ni kryss som skal studeres nærmere i denne masteroppgaven, som vist på figur 40. Kryss nr. 1, 4, 6, 7 og 9 er

vikepliktregulerte kryss, mens kryss nr. 2, 3, 5 og 8 er rundkjøringer. I denne delen vil jeg presentere alle kryssene.



Figur 40 viser studieområdets ni kryss. Illustrasjon laget av Tonje Lysø.



Figur 41 viser kryss nr. 1 (Foto: Tonje Lysø).

Kryss nr. 1 har tre armer, og er vikepliktsregulert. Den ene armen leder til og fra kryss nr. 3 som vist på figur 41. I motsatt retning av kryss nr. 3 er det en envegsregulert veg med funksjon som akselerasjonsfelt til E6. Den siste armen har funksjon som inn- og utkjøring fra City Syd.

Kryss nr. 2 er en rundkjøring med to felt og fire armer som vist på figur 42. To av rundkjøringens armer er tilknyttet E6 og har funksjon som envegsregulerte retardasjons- og akselerasjonsfelt. Det betyr at det kun er tre mulige svingebevegelser i rundkjøringen fra alle tilfarter. De to andre armene er toveisregulerte. Vegen som leder mot kryss nr. 3 har fire felt, mens vegen i motsatt retning har to felt.



Figur 42 viser kryss nr. 2 (Foto: Tonje Lysø).





Figur 43 viser kryss nr. 3 (Foto: Tonje Lysø).

Kryss nr. 3 er også en rundkjøring med to felt og fire armer som vist på figur 43. Her går hver arm til et annet kryss som også er innenfor studieområdet. En arm med fire felt leder til kryss nr. 2, mens en annen arm med to felt leder mot kryss nr. 1. Det er også en arm som går fra kryss nr. 6 til rundkjøringen. Den har to felt, er envegsregulert og har funksjon som retardasjonsfelt fra E6. Den siste armen går forbi Tillerterminalen mot kryss nr. 4. I denne retningen er det fire felt, der to av disse er tilrettelagt som kollektivfelt.

Kryss nr. 4 er et vikepliktsregulert kryss preget av kollektivprioritering. Krysset kan

sees på figur 44. Her går kryssets armer til kryss nr. 3, 5 og 7 innenfor studieområdet. Den siste armen utgjør funksjon som inn- og utkjøring til kjøpesenteret City Syd.

Midt i kryss nr. 4 er det avsatt et område, der bussene skal gjennomføre feltskifter. Der går bussene fra høyre- til venstrekjøring mot vest og motsatt mot øst i Anne-Kath. Parows Veg. I krysset er kollektivfeltene adskilt fra andre felt med trafikkøyer. Det gjør at hvis du kommer fra kryss nr. 3 eller 5 så er det kun mulig å kjøre rett frem eller til høyre, og dersom du kommer fra kryss nr. 7 eller utkjøringen til City Syd er eneste mulige svingebevegelse en høyresving.



Figur 44 viser kryss nr. 4 (Foto: Tonje Lysø).



Figur 45 viser kryss nr. 5 (Foto: Tonje Lysø).

Kryss nr. 5 er en rundkjøring med to felt som vist på figur 45. To av armene går til andre kryss innenfor studieområdet, nemlig kryss nr. 4 og 9. Armene som går mot kryss nr. 4, 9 og i motsatt retning av kryss nr. 9 har alle to felt for innkjøring og et felt for utkjøring av rundkjøringen. Den siste armen i rundkjøringen har kun et felt for innkjøring og et felt for utkjøring. Alle armer er toveisregulerte.

Kryss nr. 6 er et vikepliktsregulert T-kryss som vist på figur 46. Armen som leder mot kryss nr. 3 er envegsregulert, og består kun av et felt. Fra kryss nr. 6 er det ikke mulig å kjøre til kryss nr. 7, ettersom det er skiltet innkjøring forbudt rett før krysset. Likevel er det mulig å kjøre mot kryss nr. 7, for så å kjøre inn til hotellet eller Tillertorget. Derfor har armen som går fra kryss nr. 6 mot kryss nr. 7 to felt i begynnelsen som går over til ett felt. Den siste armen har et felt i begge retninger.



Figur 46 viser kryss nr. 6 (Foto: Tonje Lysø).

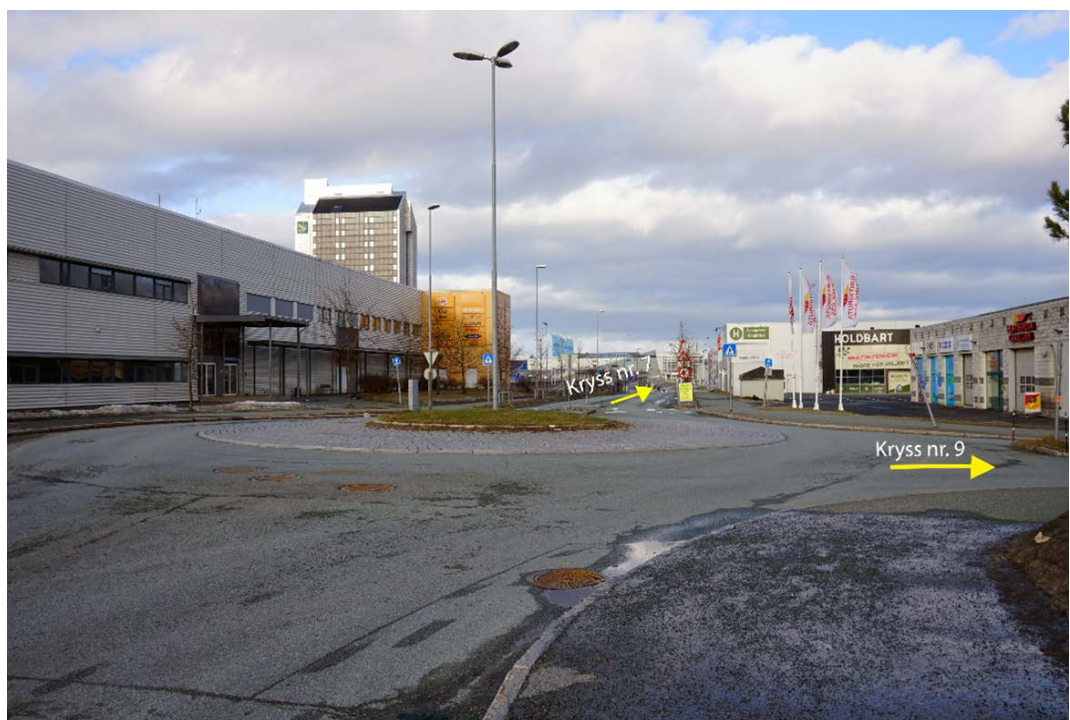




Figur 47 viser kryss nr. 7 (Foto: Tonje Lysø).

Kryss nr. 7 er et lite vikepliktsregulert X-kryss som vist på figur 47. Her har en av armene funksjon som parkeringsplass som muliggjør varelevering. Armen mot kryss nr. 6 har et felt, og er envegsregulert. Fra kryss nr. 8 er det et felt for trafikk i begge retninger og et venstre svingefelt for innkjøring mot kryss nr. 6. Fra kryss nr. 4 er det også et felt for trafikk i begge retninger og et venstre svingefelt.

Kryss nr. 8 vist på figur 48 er en liten rundkjøring med et felt og tre armer. Alle armer er toveisregulerte og består av to felt. Den ene armen går mot kryss nr. 7, den andre går mot kryss nr. 9 og den tredje armen går ut av studieområdet mot sør.



Figur 48 viser kryss nr. 8 (Foto: Tonje Lysø).



Figur 49 viser kryss nr. 9 (Foto: Tonje Lysø).

Kryss nr. 9 er vist på figur 25, og er studieområdets mest arealkrevende vikepliktsregulerte X-kryss. De fire armene er alle toveisregulerte. Fra kryss nr. 8 er det to felt som går mot krysset og et felt som går fra krysset. På andre siden av X-krysset er det en toveisregulert arm med et felt i hver retning. De to andre armene har tre felt som leder mot krysset og to felt i motsatt retning. De tre feltene som går mot krysset inkluderer et venstre svingefelt.

## 4.2 Skilt og oppmerking ved Tillerterminalen

For å prioritere kollektivtransport langs Anne-Kath. Parows Veg trengs skilt og vegoppmerking. I Norge finnes det et opplysningsskilt som markerer kollektivfelt for buss. Skiltet har nummeret 508.1, og er vist på figur 50. Dette skiltet er ikke benyttet i studieområdet, ettersom det har noen ulemper. For eksempel tillater skiltet ferdsel for «elektrisk eller hydrogendrevet motorvogn, tohjuls motorsykkel uten sidevogn, tohjuls moped, sykkel og uniformert utrykningskjøretøy» (Trafikkreglene, 1986, § 5 nr. 2).

Altså tillater skiltet en rekke motoriserte kjøretøy i tillegg til buss. Det er en svakhet, og mest sannsynlig årsaken til at ikke dette skiltet ble valgt for kollektivfeltene i Anne-Kath. Parows Veg.

Figur 51 viser at forbudsskiltet 306.1 «forbudt for motorvogn» sammen med et underskilt med teksten «Gjelder ikke buss i rute» ble brukt for å markere kollektivfeltene i Anne-Kath. Parows Veg. Forbudsskiltet tillater ingen kjøretøygrupper å benytte seg av kjørefeltene foruten om de som er definert spesielt på underskiltet.



Figur 50 viser opplysningsskilt 508.1 som markerer kollektivfelt for buss (Norsk Trafikksikring AS, 2021).





Figur 51 viser skilt som er brukt for kollektivfeltene i Anne-Kath. Parows Veg (Foto: Tonje Lysø).

I tillegg benyttes påbudsskilt for å markere påbudt kjørefelt ved Tillerterminalen. Skilt nummer 404.1 marker høyre kjørefelt som påbudt, mens skilt nummer 404.2 markerer venstre kjørefelt som påbudt (Statens vegvesen, 2018b). Påbudsskiltene langs Anne-Kath. Parows Veg er gitt sammen med markeringsskiltene 906H eller 906V som markerer hinder til henholdsvis høyre og venstre. Slike hindre kan for eksempel være innsnevring av vegbanen eller

trafikkøyer (Euroskilt, 2021). Langs Anne-Kath. Parows Veg benyttes disse hindermarkeringene til å markere trafikkøylene langs strekningen.

Påbudsskiltene benyttes både til å veilede bussene og andre motoriserte kjøretøy. På figur 52 kan du se et påbudsskilt i krysningsområdet for bussene, der skiltet gir venstre kjørefelt som påbudt, sammen med markeringsskiltet 906H som marker-



Figur 52 viser påbudt kjørefelt til venstre i krysningsområdet for busser fra vest (Foto: Tonje Lysø).

er trafikkøya til høyre for kjørefeltet. Litt lengre fremme er det et annet påbudsskilt, som gir høyre kjørefelt som påbudt, sammen med markeringsskiltet 906V som markerer trafikkøya til venstre for kjørefeltet. I motsatt retning finner du tilsvarende skilt som veileder bussene fra øst.

Slike påbudsskilt er også til stede langs bilvegen for å markere kjøreretning for andre motoriserte kjøretøy. De er brukt som supplement til påbudsskilt nummer 306.1. Da får sjåførene både vite hvor de ikke kan kjøre, og blir veiledet dit de kan kjøre.

Fra figur 53 kan du se vegoppmerkingen som er spesielt tilrettelagt for å kunne prioritere busstrafikken i Anne-Kath. Parows Veg. Det er blant annet brukt vegoppmerking 1050 med teksten «BUSS» og 1034 som er piler på asfalten. I tillegg til det finner vi også vegoppmerkingen 1006.4 som er doble gule sperrelinjer (Statens vegvesen, 2015). Gule doble sperrelinjer er ikke lov til å krysse. Årsaken til at slike linjer er brukt til å skille mellom kollektivfeltet og øvrig trafikk er, fordi trafikken på hver side av sperrelinjene kjører i motsatt retning av hverandre. Hvis kjøretøy krysser sperrelinjene kan det føre til farlige situasjoner



Figur 53 viser ekstraordinær nødvendig vegoppmerking i Anne-Kath. Parows Veg på grunn av at holdeplassen er utformet med midtstilt plattform (Foto: Asplan Viak).

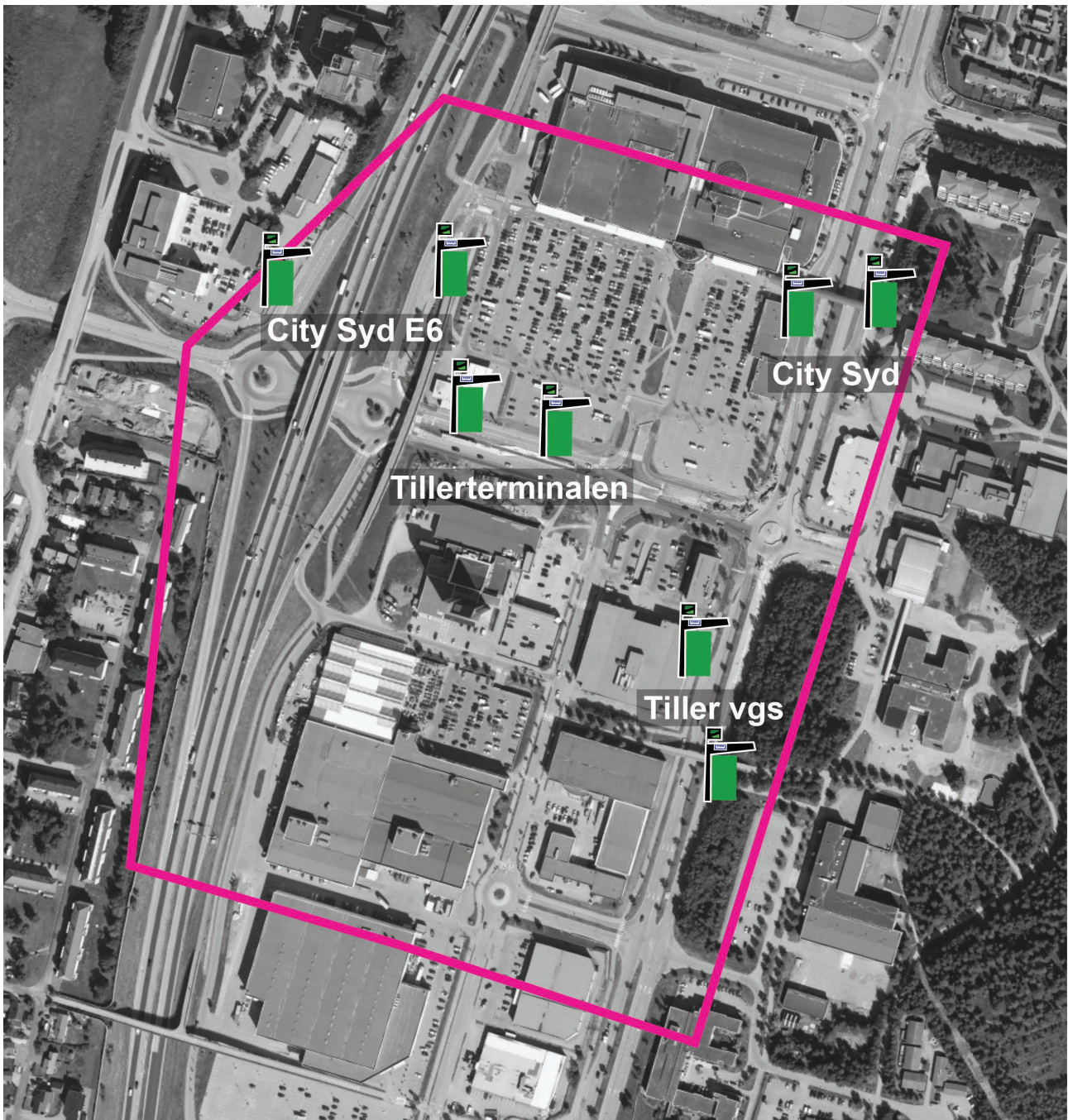
### 4.3 Kollektivtilbud

Som du kan se fra figur 54 er det åtte bussholdeplasser innenfor studieområdet. De største holdeplassene er Tillerterminalen og City Syd. Disse er begge tilrettelagt for metrobusslinje 1, og det er ikke holdeplassene Tiller vgs og City Syd E6.

Fra figur 55 kan du se den realiserte rutestrukturen på Tiller (AtB, 2020).

Heltrukken linje på kartet betyr at busstilbudet er tilgjengelig gjennom hele døgnet, mens stiplet linje betyr at busslinjen er et supplement ved rushtid. Holdeplassene fra Rognbudalen til Østre Rosten danner en ring på kartet, og kalles derfor Tillerringen. All analyse i denne masteroppgaven handler om rutetilbudet utenfor rushtid, og derfor blir ikke busslinje 15 nevnt videre.





Figur 54 viser en oversikt over alle holdeplasser innenfor studieområdet.

Linje 23, som går mellom Hallset og Sandmoen via Flatåsen, og linje 72, som går mellom Klæbu og Tiller via Sandmoen, passerer holdeplassene Tiller vgs og Tillerterminalen. I løpet av dagen har linje 23 også en rekke avganger som ikke går til og fra Hallset, men som i stedet går til og fra Pirbadet via St. Olavs hospital. Busslinje 16, som går mellom Flatåsen og Torgård via Heimdal og Tillerringen, og metrobusslinje 1, som går mellom Kattem og Ranheim via Tiller, sentrum

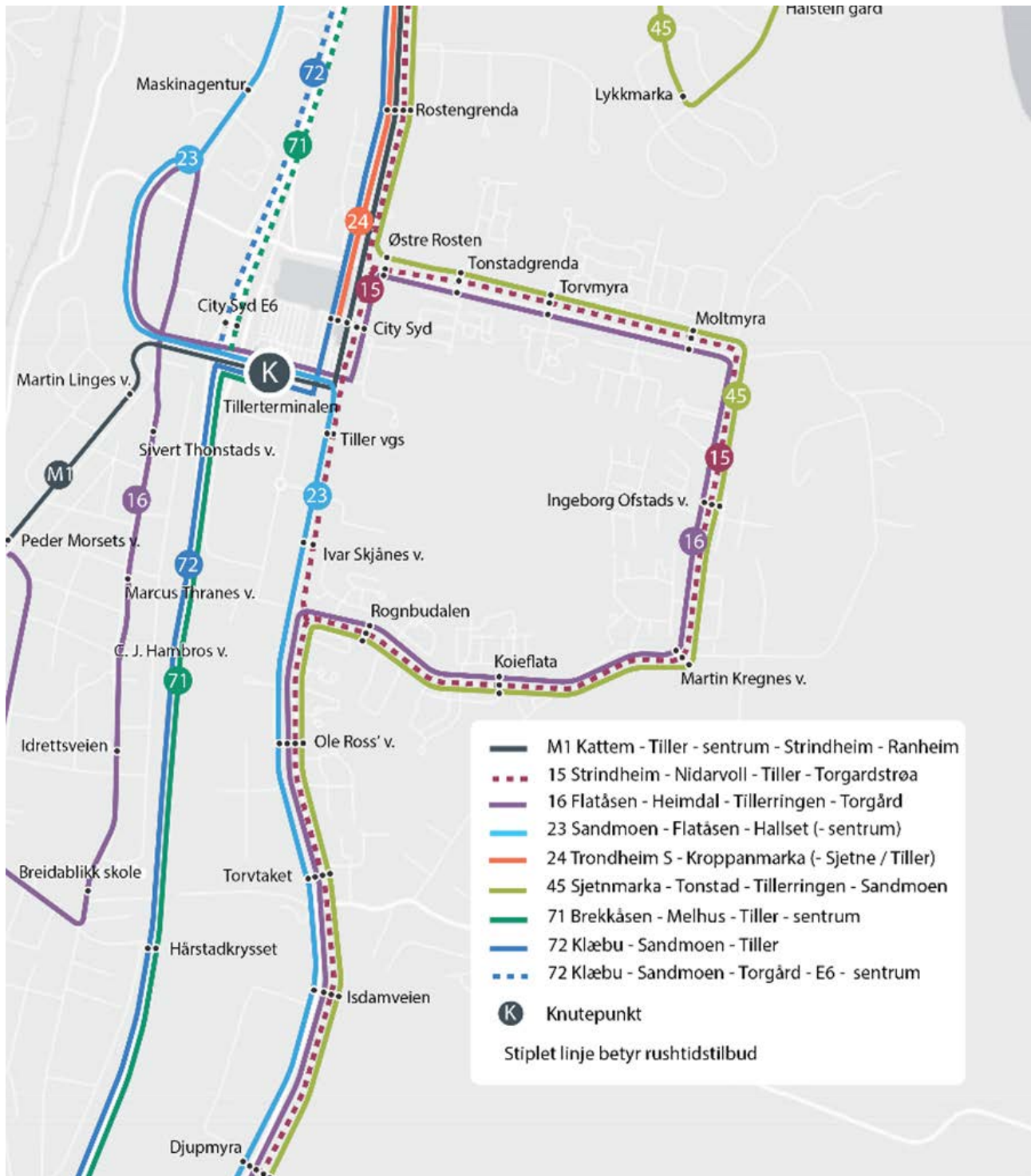
og Strindheim, passerer Tillerterminalen og City Syd. Busslinje 71, som går mellom Tiller og Melhus/Brekkåsen, passerer Tillerterminalen og City Syd E6 (AtB, 2020).

Verken busslinje 24 eller 45 passerer Tillerterminalen, men de er viktige for rutetilbudet i området og nevnes derfor likevel. Linje 24 går mellom Kroppanmarka og Trondheim stasjon, og har noen avganger som starter og stopper ved



holdeplassene City Syd. Linje 45 som går mellom Sjetnemarka og Sandmoen via Tonstadkrysset og Tillerringen stopper ikke ved noen av holdeplassene innenfor studieområdet. I stedet stopper busslinjen

ved holdeplassen Tonstadkrysset som har funksjon som omstigningspunkt. I tillegg finnes det noen distriktruter i Trøndelag som ikke er synlig på kartet, men som passerer holdeplassene City Syd E6 (AtB, 2020).



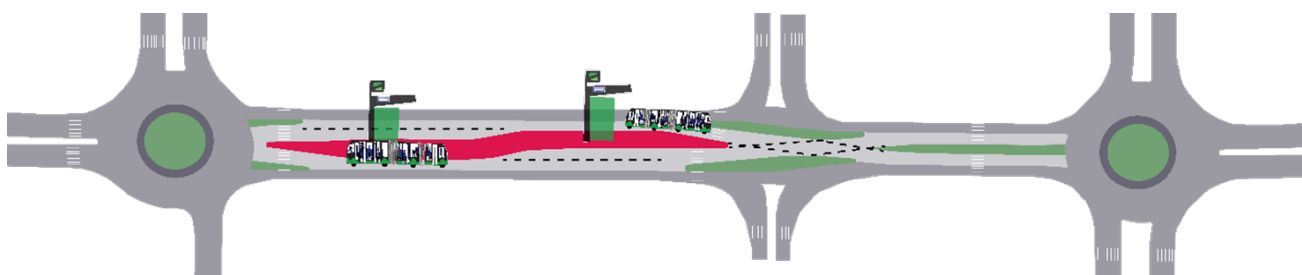
Figur 55 viser realisert rutestruktur på Tiller i 2020 (ATB, 2020).

### 4.3.1 Tillerterminalen

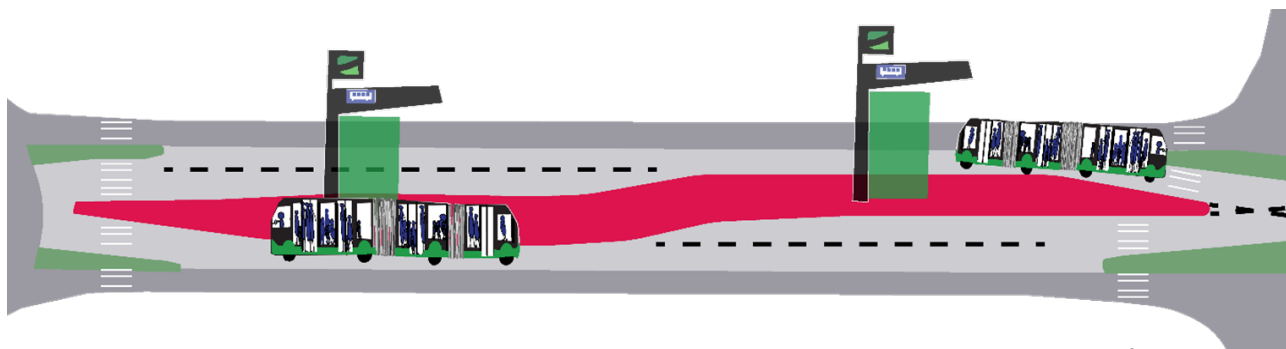
Tillerterminalen stod klar til å bli tatt i bruk i februar 2020, og er beregnet til å kunne betjene 50 busser i timen i rushtid (Adressa, 2020b). Tillerterminalen er illustrert på figur 57 og 58. Her kan du se at den har midtstilt venteplattform, illustrert med rød farge. Tillerterminalen har en 40 meter lang venteplattform tilpasset metrobusslinje 1 og en 33 meter lang venteplattform for matebusslinjer på hver side. Venteplattformene for matebusser har kapasitet til to busser som er 15 meter lange, og kan benyttes både til regulering av busser og av- og påstigning av kollektivtrafikanter (Multiconsult, 2019a).



Figur 56 viser et av de to leskurene ved Tillerterminalen (Foto: Tonje Lysø).



Figur 57 viser en illustrasjon av Tillerterminalen laget av Tonje Lysø basert på plantegning (Trondheim kommune, 2018).



Figur 58 viser innzoomet bilde av Tillerterminalen. Illustrasjon laget av Tonje Lysø basert på plantegning (Trondheim kommune, 2018).

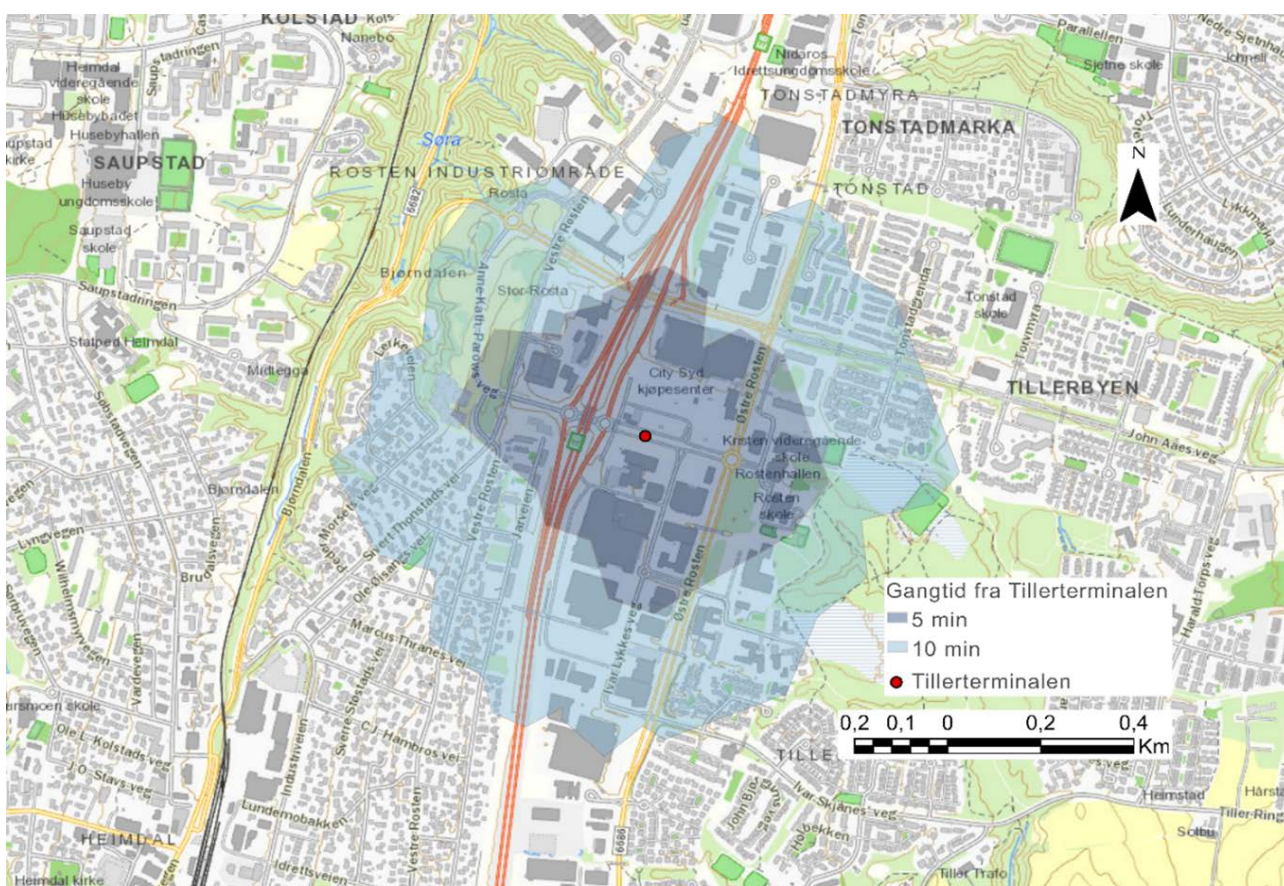
Grunnen til at holdeplassen har mange områder der busser kan stoppe er, fordi holdeplassen er planlagt for synkronisering av busslinjer. Spesielt er det tenkt at metrobusslinje 1 og matebusser skal synkroniseres slik at passasjerer enkelt kan foreta omstigning (Multiconsult, 2018). Den midtstilte plattformen er seks meter bred, og egner seg godt for ventende kollektivtrafikanter, som vist på figur 56.

Som fotgjenger kan man krysse vegen i begge ender av holdeplassen over gangfeltene. I hver ende av holdeplassen er Tillerterminalen utstyrt med et 24 meter langt leskur, to doble ståbenker, tre doble sittebenker, tre søppelkasser, to sanntidsskjermer, en billettautomat og validator og to områder med infoplakater (Multiconsult, 2019b og Multiconsult, 2019c).



For å vite mer om gangtilgjengeligheten ved Tillerterminalen gjennomførte jeg en rekkeviddeanalyse. Rekkeviddeanalysen tok utgangspunkt i et markert punkt som representerer Tillerterminalen, vist med rød prikk på figur 59 og 60, og følger vegnettet til alle andre mulige destinasjoner i nærheten innenfor en gitt avstandsbegrensning.

Rekkevidden var definert som den avstanden en person går i løpet av henholdsvis fem og ti minutter. Avstanden beregnes ved hjelp av en antagelse om at en person går med samme hastighet som ved beregning av tømmingstid i signalregulerte kryss. I følge i Statens vegvesens håndbok N303 Trafikksignalanlegg er denne hastigheten 1,2 m/s (Statens vegvesen, 2014c). Det betyr at en person går inntil 360 meter på fem minutter og 720 meter på ti minutter.



Figur 59 viser resultatet fra rekkeviddeanalysen. Her er Tillerterminalen representert med rød prikk. Det mørkeblå området er så langt man kan nå fra Tillerterminalen på fem minutter, mens det lyseblå området viser hvor langt man kan nå på ti minutter.

Som man kan se fra figur 59 finnes det et ganske godt vegnettverk i umiddelbar nærhet til kollektivknutepunktet. Det gjør at man kan rekke over et område på rundt 0,3 kvadratkilometer på fem minutter, og et område rundt 1,1 kvadratkilometer på ti minutter. Figur 60 viser også helt konkret at 53 bygninger kan nås i løpet av fem minutter og 713 bygninger kan nås i løpet av ti minutter.

Tabell 3 viser oversikt over funksjonene til bygningene som kan nås i løpet av fem og ti minutters gange fra Tillerterminalen. Ved fem minutters gange kan du nå 25 bygg som betegnes som kontor og forretning. Av disse er det fem kjøpesentre. Det er også 16 boligbygg, hvor fem av disse er garasje. I tillegg finnes det tre industri- og lagerbygg, to videregående skoler, en barne-skole og tre idrettsbygg.





Figur 60 viser en annen måte å illustrere resultatet fra rekkeviddeanalysen. Her er Tillerterminalen representert med rød prikk. De mørkeblå bygningene kan nås fra Tillerterminalen på fem minutter, mens de lyseblå bygningene kan nås på ti minutter.

Ved 10 minutters gange fra kollektivknutepunktet kan 620 boligbygg nås. Dette tallet regner også med 242 bygg som er garasje. Du kan også nå 46 bygg med funksjon som kontor og forretning, hvor seks av disse er kjøpesentre. Det er også 16 industri- og lagerbygg, to videregående skoler, en barneskole, tre barnehager, et samfunnshus, tre idrettsbygg, et helsehus,

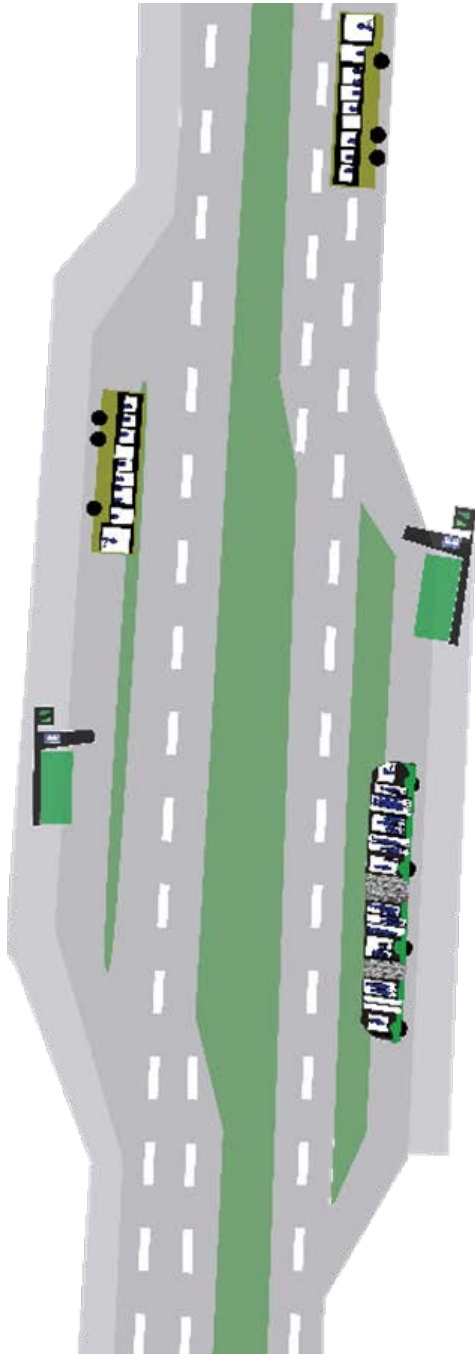
et sykehus og et bo og behandlingssenter i ti minutters gange fra Tillerterminalen.

Med andre ord er området rundt Tillerterminalen preget av en rekke service- og innkjøpsmuligheter. Det er svært få som bor kun fem minutter unna Tillerterminalen, og en høy prosentandel av boligene med nærhet til kollektivknutepunktet har egen parkeringsplass til bil.

Tabell 3 viser en oversikt over bygninger med tilhørende funksjon som kan nås på henholdsvis fem og ti minutters gangavstand fra Tillerterminalen.

Bygningens funksjon	Nådd i løpet av 5 min	Nådd I løpet av 10 min
Boligbygg	16	620
Industri og lager	3	16
Kontor og forretning	25	46
Skole, barnehage og samfunnshus	3	7
Helse- og idrettsbygg	3	10
Ukjent	3	14
Sum	53	713

AtB skiller mellom holdeplassene i Anne-Kath. Parows Veg ved å kalle holdeplassen med busstrafikk mot øst Tillerterminalen 1 og holdeplassen med busstrafikk mot vest Tillerterminalen 2. Det kommer jeg også til å gjøre videre i denne masteroppgaven.



Figur 61 viser en illustrasjon over holdeplassene City Syd. Illustrasjon laget av Tonje Lysø basert på informasjon fra Vegkart (Vegkart, 2021).

## 4.3.2 City Syd

City Syd er to holdeplasser med 40 meter lang og 3,5 meter bred ventaplattform for kollektivtrafikanter. Disse er illustrert på figur 61. Begge holdeplasser har leskur, tre sittebenker, en ståbenk, en sanntidsskjerm, en søppelbøtte, et område med infotavler og en billettvalidator (Vegkart, 2021). Bussholdeplassen vist på figur 62 har også et ledegjerde som skiller venteplassen fra fortauet. Det har ikke bussholdeplassen på andre siden av vegen, vist på figur 63. Her går plattform og fortau i samme plan uten fysisk skille.



Figur 62 viser bussholdeplassen City Syd som tar imot busstrafikk som går mot byen. Her kan du se et ledegjerde som skiller kollektivtrafikanternes venteplass og fortauet bak holdeplassen (Foto: Tonje Lysø).



Figur 63 viser bussholdeplassen City Syd med busstrafikk fra byen (Foto: Tonje Lysø).



### 4.3.3 City Syd E6

Holdeplassene City Syd E6 befinner seg i umiddelbar nærhet til E6.

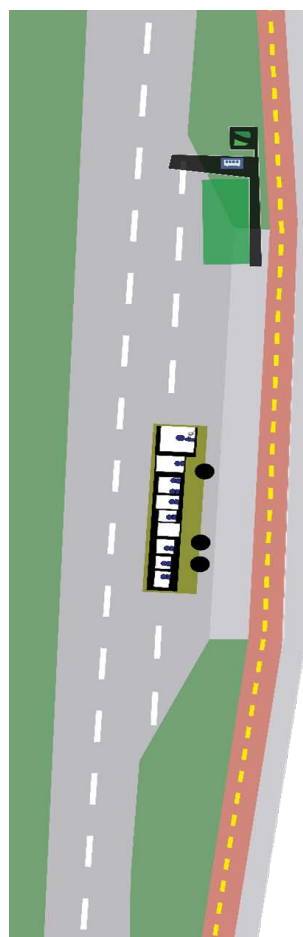
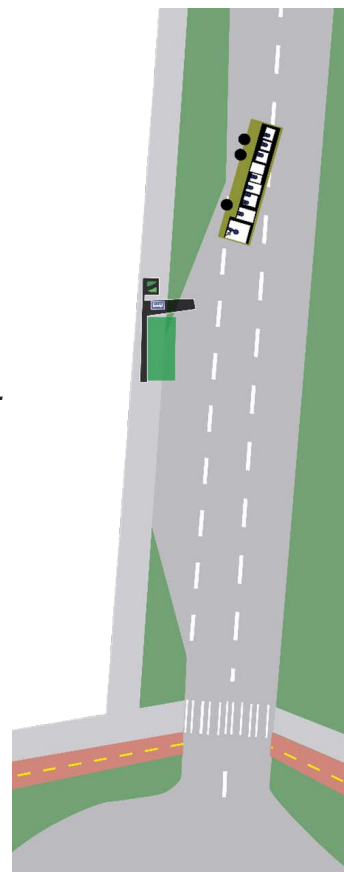
Holdeplassen som er vist på figur 64 er en busslomme som befinner seg på tilfarten til kryss nr. 2, fra nord, langs retardasjonsfeltet fra E6. Det er ikke noen venteplattform ved denne holdeplassen. På figur 65 kan du se leskuret ved holdeplassen. Der er det en sittebenk, en søppelkasse og en informasjonstavle. Fortauet slutter 50 meter bortenfor leskuret mot nord, og i motsatt retning går både fortau og sykkelveg parallelt med Anne-Kath. Parows Veg (Vegkart, 2021).



Figur 65 viser leskuret ved holdeplassen City Syd E6 med busstrafikk fra byen (Foto: Tonje Lysø).

Holdeplassen vist på figur 66 er en busslomme som befinner seg på veglenka mellom kryss nr. 3 og kryss nr. 1. Busstrafikken som stopper ved holdeplassen kjører videre mot akselerasjonsfeltet til E6 i nordlig retning. Bussholdeplassen har en 50 meter lang og 3 meter bred venteplattform for kollektivreisende. Plattformen adskilt fra fortauet og sykkelvegen, som vist på figur 67, ved hjelp av tre mindre steinmurer som også har funksjon som sittebenker. Holdeplassen har et leskur med en sittebenk, en søppelkasse og en informasjonstavle (Vegkart, 2021).

Figur 64 viser holdeplassen City Syd E6 med busstrafikk fra byen. Illustrasjon laget av Tonje Lysø basert på informasjon fra Vegkart (Vegkart, 2021).



Figur 66 viser illustrasjon av City Syd E6 med busstrafikk mot byen. Illustrasjon laget av Tonje Lysø basert på informasjon fra Vegkart (Vegkart, 2021).



Figur 67 viser leskuret ved holdeplassen City Syd E6 med busstrafikk mot byen (Foto: Tonje Lysø).

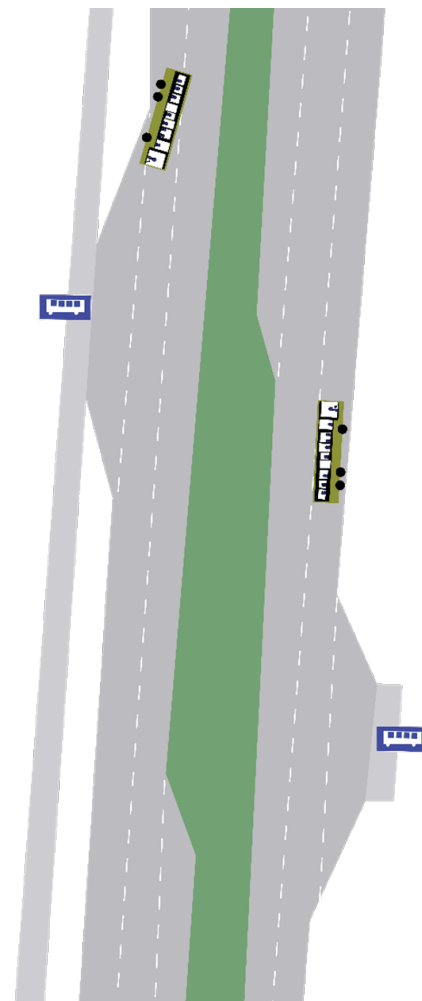
#### 4.3.4 Tiller vgs

Tiller vgs er to holdeplasser som befinner seg langs Østre Rosten, lengst sør i studieområdet. De er også de to mest primitive holdeplassene i studieområdet med veldig begrenset servicetilbud. De er begge utformet som busslommer med holdeplasskilt, og kollektivtrafikanternes venteareal er en del av fortauet (Vegkart, 2021).

En illustrasjon av de to holdeplassene kan sees på figur 68.

Holdeplassen med busstrafikk mot nord er utformet som en 23 meter lang busslomme, som vist på figur 69 (Vegkart, 2021). Gangtraseen som leder til holdeplassen er en blindveg, og ender kun noen få meter bortenfor holdeplasskiltet.

Holdeplassen med busstrafikk mot sør er utformet som en 24 meter lang busslomme (Vegkart, 2021). Denne holdeplassen har også tilrettelagt søppelkasse ved holdeplasskiltet, som vist på figur 70.



Figur 68 viser en illustrasjon av holdeplassene Tiller vgs. Illustrasjon laget av Tonje Lysø basert på informasjon fra Vegkart (Vegkart, 2021).





*Figur 69 viser holdeplassen Tiller vgs med busstrafikk mot nord (Foto: Tonje Lysø).*

*Figur 70 viser holdeplassen Tiller vgs med busstrafikk mot sør (Foto: Tonje Lysø).*









## 5. Metode

### 5.1 Datainnsamling

Datainnsamlingens hensikt er å oppnå nok kunnskap om studieområdet til å kunne svare på forskningsspørsmålene. I denne masteroppgaven er det samlet inn både kvalitative og kvantitative data. Kildene som er brukt for å samle inn data er et litteratursøk, en spørreundersøkelse, video-registreringer og passasjerdata fra AtB.

#### 5.1.1 Innsamling av litteratur

I litteratursøket har jeg brukt følgende tre søkemotorer for å finne litteratur: google.no, scholar.google.no og ORIA. Fra tabell 4 kan du se et utvalg på 27 søkeord som er benyttet under litteratursøket. Metoden for utvelgelse av forskningsartikler og annen litteratur baserer seg på en subjektiv vurdering av relevans for masteroppgaven. Artiklene som ble lest hadde karakteristika

Tabell 4 viser en oversikt over noen av søkeordene som ble benyttet i litteratursøket og antall treff som ble funnet for hver av de tre søkemotorene google.no, scholar.google.no og ORIA.

Søkeord	google.no	scholar.google.no	ORIA
Nullvekstmålet	20 300	248	50
Bymiljøavtaler	20 700	161	22
Byvekstavtaler	38 000	122	20
Reisemiddelfordeling	6 650	337	16
Mode choice modellering	69 900 000	2 370 000	351 020
Stated preference	225 000 000	3 220 000	899 860
Reisevaner	51 600	1380	372
Fremkommelighet	271 000	1 740	2 778
Public transport	2 090 000 000	3 510 000	2 374 898
AtB linjekart	2 490	1	0
Miljøpakken metrobuss	2 820	17	1
Metrobuss i Trondheim	39 500	44	4
Tillerterminalen	913	1	3
E-scooter and public transport	62 800 000	1 160	911
PT network planning in Scandinavia	7 490 000	8 080	2 369
Bus lanes	389 000 000	83 400	151 665
BRT	55 800 000	203 000	61 464
Bus transfer stations	42 400 000	384 000	56 095
Transfer cost	1 470 000 000	4 710 000	3 335 133
Transfer penalty	176 000 000	720 000	299 505
Transport service qualities	45 900 000	599 000	1 227 852
Path choice in transport	159 000 000	1 900 000	205 500
Travel demand	1 070 000 000	3 710 000	1 437 594
Traffic	1 650 000 000	4 000 000	5 472 917
Congestion	79 300 000	2 240 000	775 194
Simulation modeling	293 000 000	3 600 000	2 095 078
Queueing theory	55 500 000	303 000	71 854

som en spennende tittel og mange siteringer. Når jeg klikket inn på en artikkel som tilfredsstilte kravet ble den så bedømt etter sammendrag, konklusjon og nøkkelord, og dersom jeg anså artikkelen som god ble den lest i sin helhet. De som egnest seg for denne masteroppgaven ble gjennomgått i litteratursøket.

I tillegg har jeg fått tilsendt mange plan-dokumenter og annen bakgrunnsinformasjon for Tillerterminalen av Miljøpakken i Trondheim. Deriblant har jeg fått oversendt Aimsun-modellen Rambøll brukte for sine trafikkberegninger av Tillerterminalen i 2018.

## 5.1.2 Spørreundersøkelsen

Det ble også gjennomført en spørreundersøkelse i forbindelse med masteroppgavearbeidet. Det ble gjort for å kartlegge kollektivtrafikantenes holdninger til Tillerterminalen og Trondheims kollektivtilbud generelt. Hele spørreundersøkelsen kan du se i vedlegg 1.

Det var mulig å svare på spørreundersøkelsen i tidsrommet fra 10. februar til 4. mars 2021. Spørreundersøkelsen ble laget i ArcGIS Survey123, og mottok svar fra 536 respondenter. 34 av disse var mindreårige, og ble derfor fjernet fra datamaterialet. Resultatene bygger dermed på svar fra 502 respondenter over 18 år.

Spørreundersøkelsen bestod av fem deler:

- 1.** Bakgrunnsspørsmål
- 2.** Spørsmål om kollektivtransport i Trondheim
- 3.** Spørsmål om Tillerterminalen
- 4.** Spørsmål som kartlegger opplevelser med Tillerterminalen
- 5.** Avsluttende kommentarer

Del 1 er bakgrunnsspørsmål som har til hensikt å varme opp respondenten. Her ble de spurt om alder og kjønn. På samme side var det også beskrivende tekst om

anonymitet og hensikten med spørreundersøkelsen.

I del 2 ble respondentene spurt om de reiser med kollektivtransport i Trondheim. Hvis de svarer nei på spørsmålet får de opp et flervalgsspørsmål med inntil 13 alternativer for hvorfor. De kan også skrive ned en egen forklaring. Hvis respondentene derimot svarer at de reiser med kollektivtransport i Trondheim vil det dukke opp flere spørsmål tilknyttet etterspørselsteorien fra litteratursøket. De blir spurt om å rangere både syv faktorer som er viktige for at de skal velge å reise med kollektivtransport og syv fasiliteter ved holdeplassene. De får også mulighet til å nevne andre faktorer i et fritekstfelt.

I del 3 blir respondentene spurt om de kjenner til Tillerterminalen, om de har reist til eller fra Tillerterminalen, hva formålet med reisen var og hvilke reisemidler de har benyttet. Hvis respondentene velger buss på sistnevnte spørsmål vil de få oppfølgingsspørsmål om hvilke busslinjer som ble benyttet, om de har byttet buss på Tillerterminalen og eventuelt hvilke busslinjer de har byttet mellom.

Det dukker også opp et spørsmål om respondentenes vanligste gang- eller sykkelrute hvis de svarer at de har reist til eller fra Tillerterminalen med minst en av følgende reisemidler: gange, sykkel eller buss. Dette er et såkalt «geotrace» spørsmål, der respondenten har mulighet til å tegne inn ruten sin selv. Dette spørsmålet har jeg fått en rekke tilbakemeldinger på at er litt avansert å besvare, og jeg har derfor valgt å gjøre spørsmålet valgfritt slik at respondentene kan sende inn spørreskjemaet uten å besvare spørsmålet. Det er gjort for å minske risikoen for bortfall fra spørreundersøkelsen.

I del 4 av spørreundersøkelsen blir respondentene stilt flere spørsmål om Tillerterminalen som skal bidra til å kartlegge deres opplevelser med kollektivknutepunktet. Her er det 15 spørsmål formulert som påstander, og svaralternativa



tivene er definert langs en Likert-skala som går fra helt enig til helt uenig. Disse spørsmålene peker tilbake på de generelle rangeringsspørsmålene som ble spurt om innledningsvis. Dette er for å finne ut hvor enig eller uenig respondentene er i at Tillerterminalen tilfredsstiller deres behov som kollektivreisende i Trondheim.

Siste del heter avsluttende kommentarer, og er et fritekstfelt der respondentene kan skrive noe med egne ord. Her er det fritt frem å skrive alt man har på hjertet med en begrensning på 250 ord. I det siste tekstfeltet på denne siden kan man også legge igjen e-postadressen sin for å vinne en premie. Denne premien er det Miljøpakken i Trondheim og AtB som står bak. De stiller med et månedskort på Trondheims kollektivtransport hver, som skal trekkes til to heldige vinnere når fristen for å svare på spørreundersøkelsen går ut.

Alle fritekstspørsmål i spørreundersøkelsen, der det forventes at respondentene må skrive noe selv er valgfrie.

For å rekruttere respondenter ble spørreundersøkelsen delt på Facebooksidene til både Miljøpakken i Trondheim og AtB. Disse innleggene delte jeg videre til tre Facebook-grupper i Trondheim i håp om å rekruttere flere respondenter som hadde interesse for kollektivtransport. Den første var «Tonstad og Tiller Oppslagstavle», den andre var «Du vet du er fra Trondheim når...» og den tredje var «Meldegruppe billettkontroll Trondheim». Særlig var det mye aktivitet i Facebook-gruppen «Tonstad og Tiller Oppslagstavle». Her kom det både kommentarer med meninger, likes og delinger. Det var helt klart at medlemmene av denne gruppen syntes temaet var viktig for sitt lokalmiljø, og ønsket å hjelpe meg med mitt masteroppgavearbeid. Linken til spørreundersøkelsen ble også delt videre av andre privatpersoner som fattet interesse for saken.

I tillegg ble det laget et innlegg for å rekruttere enda flere respondenter i lokalavisa «Bydelsnytt» i Trondheim.

Saken ble hetende «Hva mener DU om Tillerterminalen?», og ble delt både i netta-visen og på Facebook-siden til «Bydelsnytt» (Jan Vestre, 2021).

### 5.1.3 Videoregistreringer

Gjennom videoregistreringene får jeg en rekke kvantitative data som antall kjøretøy og deres svingebevegelser gjennom hvert enkelt kryss. I tillegg får jeg data på hvor mange avganger hver busslinje har, hvor lang oppholdstid bussene har ved Tillerterminalen og hvor mange av- og påstigninger som finner sted for de ulike busslinjene.

Videoregistreringene vil også kunne gi noen kvalitative data i form av observasjoner. Det jeg ønsker å observere er trafikantadferden til gående som krysser Anne-Kath. Parows Veg, og om det nye krysningspunktet for busser er forståelig for bilister og andre motoriserte kjøretøy.

Ved gjennomføring av videoregistreringene ønsker jeg å samle inn data for busser, lette og tunge kjøretøy. Det har jeg tenkt til å gjøre ved å sette opp kameraer som dekker modellområdet tilstrekkelig. Deretter har jeg tenkt til å gjennomføre manuelle tellinger for alle videoene. Manuelle tellinger er mer tidkrevende enn for eksempel automatiske tellinger, men til gjengjeld vil kvaliteten på dataene være bedre kjent (Ministry of Works and Transport, 2003).

En spørreundersøkelse gjennomført med 4.317 respondenter fra New Zealand, Auckland, Wellington og Christchurch viser prosentvis nesten dobbelt så mange handleturer på lørdag, sammenlignet med en vanlig hverdag (O'Fallon og Sullivan, 2003). En annen undersøkelse fra et handleområde i Australia konkluderer med at det er mest trafikk på lørdag mellom klokka 10:00 og 14:00, sammenlignet med torsdag fra klokka 16:00 til 19:00. Lørdagen representerer vanlig helgetrafikk, mens torsdagen representerer vanlig trafikk for en ukedag (McLaren Traffic Engineering, 2017).

Det vil med andre ord være nærliggende å tro at det er mest trafikk i området rundt Tillerterminalen på lørdags formiddag, men siden denne masteroppgaven er begrenset til arbeid over 20 uker vil jeg ikke ha tid til å vente en hel uke mellom hver trafikkregistrering. Derfor er jeg nødt til å velge det nest beste alternativet som er gjennomførbart.

Typisk døgnvariasjon tilsier at veger i urbane områder vil ha rushtid mellom klokka 07:00 og 09:00 på morgenen, og mellom 16:00 og 20:00 på ettermiddagen (Ministry of Works and Transport, 2003). Siden studieområdet er satt sammen av en rekke service- og handletilbud vil trafikkmengden være størst i området på ettermiddagen etter normal arbeidstid. Jeg bestemmer derfor at datainnsamlingen skal finne sted på ukedager mellom klokka 17:00 og 19:00.

For å gjøre studieområdet overkommelig å gjennomføre videoregistreringer for er jeg nødt til å dele inn studieområdet i mindre delområder. Disse er vist på figur 71, 72, 73, 74, 75 og 76.

Årsvariasjonskurven for en by- og boliggate viser at trafikkmengden i uke 2, 3, 4 og 5

ligger litt under gjennomsnittlig årsdøgntrafikk (Statens vegvesen, 2014b). Grunnet koronasituasjonen vil den registrerte trafikkmengden i tillegg være lavere enn vanlig. Tall fra Statens vegvesen viser 15,1 prosent reduksjon i trafikkmengde for registreringen 14. januar 2021, sammenlignet med en gjennomsnittlig normalsituasjon for samme dag fra 2016 til 2019 i Trondheim. For de resterende registreringsdagene er avviket fra normalsituasjonen under 13 prosent, men over 3,9 prosent (Statens vegvesen, 2021).

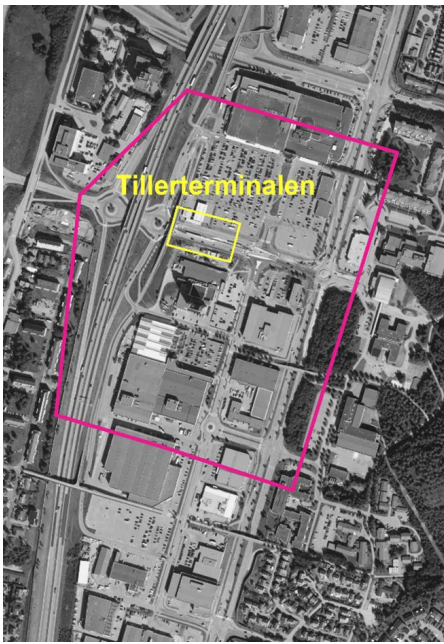
Som du kan se fra tabell 5 ble datainnsamlingen gjennomført over 8 dager i januar og februar 2021. Registrering av Tillerterminalen hatt høy prioritet gjennom datasamlingen, og fem av åtte registreringsdager gikk til å observere busslinjene som passerte holdeplassen og av- og påstigende kollektivtrafikanter.

I tillegg har kryss nr. 3, 4 og 5 blitt registrert tre ganger. De resterende seks kryssene ble kun registrert en gang. Fra tabell 5 kan du se de ulike registreringsdagene, hvilke delområder som ble registrert, temperatur og kommentarer på uventede hendelser som fant sted under registreringene.

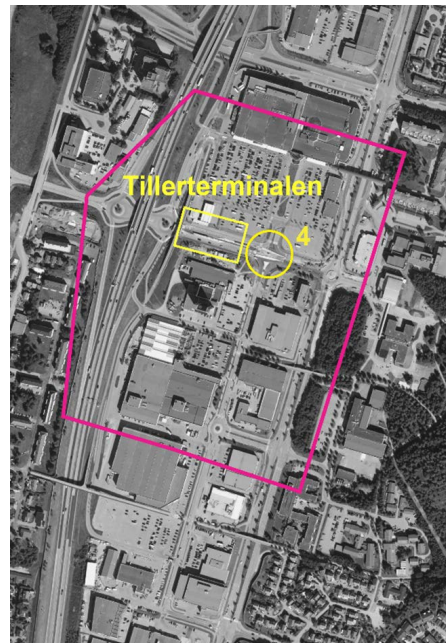
Tabell 5 viser en oversikt over de ulike registreringsdagene med tilhørende delområder.

Delområde	Dato	Temperatur [°C]	Uforutsette hendelser
Nr. 1	13.01.2021	-14,5	Billett kontroll ved Tillerterminalen.
	14.01.2021	-16,3	
Nr. 2	18.01.2021	-8,5	En metrobuss som skal i retning sentrum, får motorstopp.
	04.02.2021	-17,2	
Nr. 3	20.01.2021	0,0	
Nr. 4	19.01.2021	-4,7	Jeg stilte kameraet for kryss nr. 5 litt feil, så de ble vanskelig å registrere trafikk fra kryss nr. 4 som skulle mot kryss nr. 9.
Nr. 5	21.01.2021	2,7	
Nr. 6	28.01.2021	-9,9	



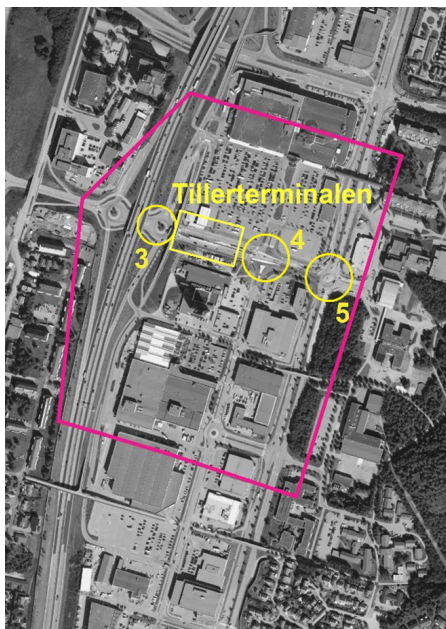


Figur 71 viser delområde nr. 1 fra videregistreringene.

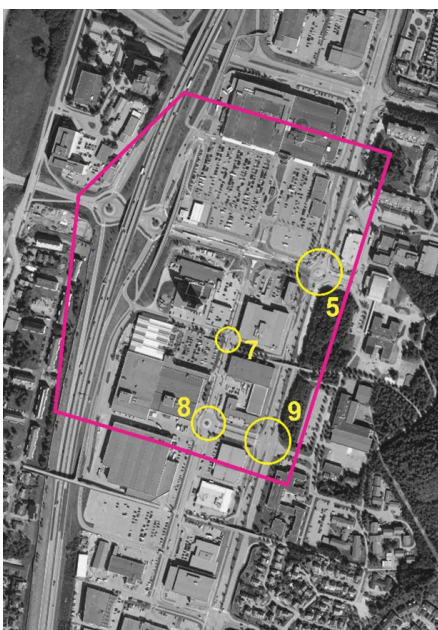
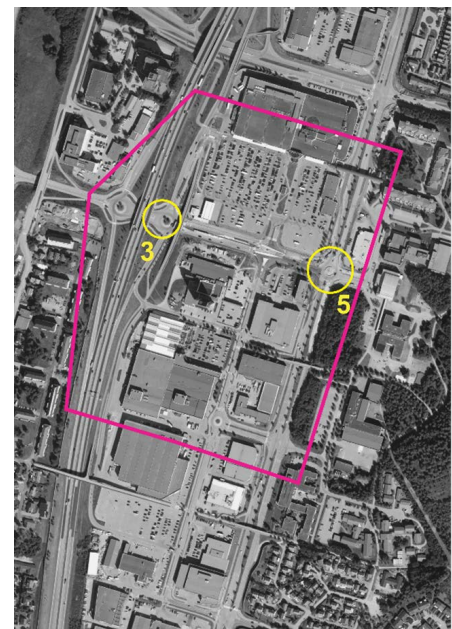


Figur 72 viser delområde nr. 2 fra videregistreringene.

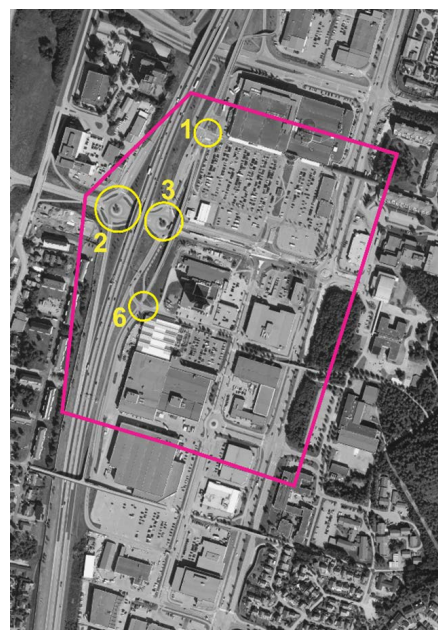
Figur 73 viser delområde nr. 3 fra videregistreringene.



Figur 74 viser delområde nr. 4 fra videregistreringene.



Figur 75 viser delområde nr. 5 fra videregistreringene.



Figur 76 viser delområde nr. 6 fra videregistreringene.





Figur 77 viser kameramodellen som er brukt i videoregistreringene (GoPro, 2020).

Videoregistreringene kommer til å bli utført med fire kameraer med tilhørende festestyr lånt av NTNU. Kameramodellen er "GoPro HERO8 Black" med 128 GB MicroSD minnekort. Figur 77 viser en spesifisering til kameraet, nemlig at det er vanntett. Andre spesifikasjoner som er tilgjengelig er Wi-Fi, bluetooth og GPS. Kameraet kan ta bilder, videoer og «time lapse» i ulike kvaliteter med oppløsning fra 4K til 1080p, og man kan velge mellom ulike blenderåpninger. Dette er spesifikasjoner som gjør kameraet velegnet til datainnsamlingen.

Kameraene tilkobles hver sin powerbank for å kunne filme lengre enn det medfølgende batteriet tillater. Originalt ble tre powerbanker med 10.050 mAh fra Clas Ohlson og en «Trust Primo Ultra-Thin Ultra-Fast Powerbank» med 20.000 mAh lånt fra NTNU, men på grunn av mange kuldegrader i begynnelsen av januar klarte ikke powerbankene fra Clas Ohlson å levere nok strøm til kameraet. Resultatet ble at kameraene slo seg av midt under filmingen, og lot seg ikke skru på før de kom inn i varmen. Det ble gjennomført to videoregistreringsdager før kulden ble identifisert som problemet. De registreringsdagene er ikke medtatt i denne rapporten, og powerbankene som skrudde seg av i kulden ble erstattet med tre av den andre typen.

Når kameraplasseringene ble valgt var det viktig å identifisere mulige oppheng, og deretter velge ut den beste av disse.

Eksempelvis ble oppheng som ga god oversikt for kryssene i de ulike delområdene favorisert over oppheng der kjøretøy til tider kunne blokkere utsikten til kameraet.



Figur 78 viser kameraplasseringen for videoregistrering av Tillerterminalen, markert med lilla kryss (Foto: Tonje Lysø).

Registreringene av Tillerterminalen ble gjort fra de lilla markerte kryssene på figur 78. Disse to stedene langs gang- og sykkelbroen over Anne-Kath. Parows Veg mellom kryss nr. 3 og kryss nr. 4 egnet seg godt til å se på busstrafikk til og fra Tillerterminalen i begge retninger. I tillegg kunne jeg også gjennomføre observasjoner av kollektivtrafikanter langs kollektivknutepunktet.



Figur 79 viser kameraplasseringen for videoregistrering av kryss nr. 1, markert med lilla kryss (Foto: Tonje Lysø).

For registrering av kryss nr. 1 ble kameraposisjonen som er vist på figur 79 benyttet. Ved å henge kameraet i nødutgangstrappen til kjøpesenteret City Syd fikk jeg høyde på kameraet som gjorde registreringen mer oversiktlig, og i ettertid litt lettere å analysere enn om jeg kun hadde festet det i en skilt- eller lyktestolpe.



Figur 80 viser kameraplasseringen for videoregistrering av kryss nr. 2, markert med lilla kryss (Foto: Tonje Lysø).

For å gjennomføre trafikkregistreringer i kryss nr. 2 ble rekkverket utenfor RSA bil benyttet. Plasseringen av kameraet kan du se på figur 80.



Figur 81 viser kameraplasseringen for videoregistrering av kryss nr. 3, markert med lilla kryss (Foto: Tonje Lysø).

Ved registrering av kryss nr. 3 ble samme gang – og sykkelbru brukt som for registrering av Tillerterminalen, men kameraet er vendt mot vest istedenfor øst. Kameraposisjonen kan du se på figur 81.



Figur 82 viser kameraplasseringen for videoregistrering av kryss nr. 4, markert med lilla kryss (Foto: Tonje Lysø).

For å få overblikk over studieområdet ble det gjennomført videoregistreringer fra 14. etasje på Quality Hotel Panorama i Trondheim. Figur 82 viser kameraposisjonen med lilla kryss. Fra denne vinkelen var det også mulig å gjennomføre registreringer av kryss nr. 4.



Figur 83 viser kameraplasseringen for videoregistrering av kryss nr. 5, markert med lilla kryss (Foto: Tonje Lysø).

For videoregistrering av kryss nr. 5 ble kameraet festet til skiltstolpen på parkeringsplassen utenfor City Syd. Kameraplasseringen er vist med lilla kryss på figur 83. Denne plasseringen ga litt ekstra høyde ved registrering av rundkjøringen.





Figur 84 viser kameraplasseringen for videoregistrering av kryss nr. 6, markert med lilla kryss (Foto: Tonje Lysø).

For videoregistrering av kryss nr. 6 ble kameraet festet til lyktstolpen sør for krysset. Kameraplasseringen kan du se fra figur 84.



Figur 86 viser kameraplasseringen for videoregistrering av kryss nr. 8, markert med lilla kryss (Foto: Tonje Lysø).

For videoregistrering av kryss nr. 8 ble kameraet festet til en skiltstolpe sørøst for krysset. Kameraplasseringen er vist med lilla kryss på figur 86.



Figur 85 viser kameraplasseringen for videoregistrering av kryss nr. 7, markert med lilla kryss (Foto: Tonje Lysø).

For videoregistrering av kryss nr. 7 ble kameraet festet til rekkverket ved parkeringen utenfor Quality Hotel Panorama. Kameraposisjonen kan du se på figur 85, og er nordvest for krysset.



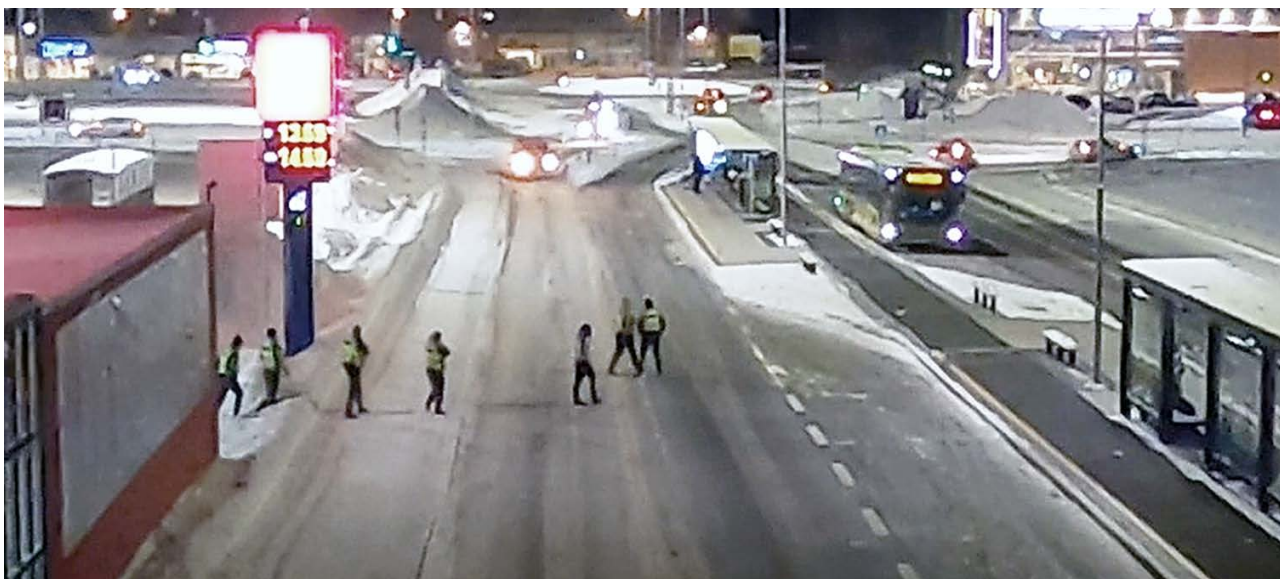
Figur 87 viser kameraplasseringen for videoregistrering av kryss nr. 9, markert med lilla kryss (Foto: Tonje Lysø).

For videoregistrering av kryss nr. 9 ble kameraet festet til et autovern sørvest for krysset. Kameraplasseringen er vist med lilla kryss på figur 87.



Gjennom videoregistreringene ble det observert en rekke tilfeller der kollektivtrafikanter krysset vegen utenfor oppmerket gangfelt på veg til og fra Tillerterminalen. Dette fenomenet ble tydeliggjort allerede den første registreringsdagen, 13. januar 2021, da syv billettkontrollører krysset vegen som vist på figur 88. Denne dagen var det hele 31 personer som krysset Anne-Kath. Parows Veg

utenfor oppmerket gangfelt i løpet av de to timene jeg gjennomførte videoregistreringer. I gjennomsnitt var det omtrent ti personer i timen som krysset på denne måten, og på motsatt side av Tillerterminalen var det i gjennomsnitt omtrent 4 personer i timen som krysser på tilfeldig sted utenom gangfeltene. Observasjonen kan tyde på at det oppleves for langt å gå til gangfeltene i enden av Tillerterminalen.



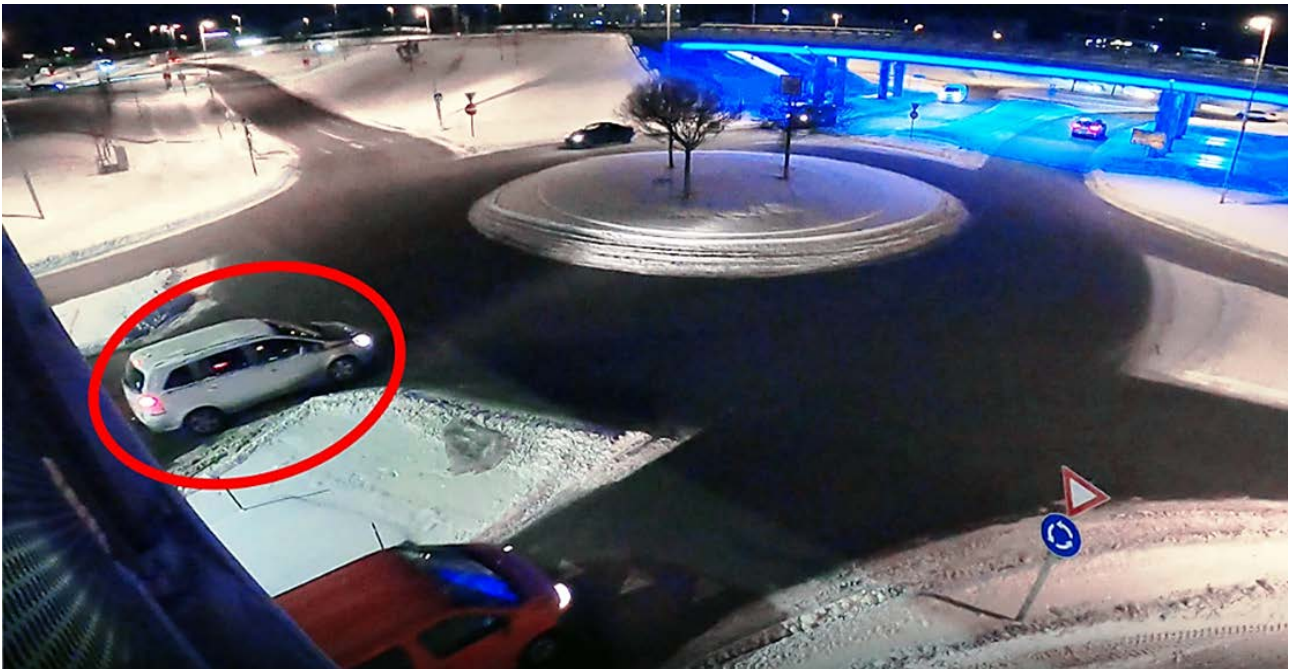
Figur 88 viser syv billettkontrollører som krysset vegen utenfor oppmerka gangfelt. Bildet er en skjerm-dump fra videoregistreringene.

En annen observasjon i løpet av videoregistreringene var at noen kjørte i kollektivfeltet mot kryss nr. 3 fra kryss nr. 4, som vist på figur 89 med rød ring. Den hvite bilen burde i stedet ligge til høyre for trafikkøya, på samme sted som den nærmeste røde bilen. Ved tilfarten til rundkjøringen er det godt skiltet med påbudt kjøretning til høyre for trafikkøya som skiller kollektivfeltet, fra felt for annen motorisert trafikk. Likevel kjører noen feil, og det kan oppstå konfliktsituasjoner hvis det kommer en buss i motsatt retning.

Årsaken til at noen kjører feil kan være at de ikke får med seg skiltet om påbudt kjøretning før rundkjøringen, og plasser seg mot midten på intuisjon. Grunnen til at jeg kaller det intuisjon kommer av at ofte når man skal rett frem eller til venstre i rundkjøring ligger man i et eget felt

adskilt fra de som skal til høyre, samtidig som kollektivfelt opphører før kryss.

Jeg har også gjennom videoregistreringene observert at bilister kjører feil med vilje for å sette av kollektivtrafikanter ved holdplassen. Siden Tillerterminalen er plassert midt i vegen, og bussene kjører i motsatt retning av øvrig motorisert trafikk må bilister krysse den doble gule sperrelinjen for å sette av en bekjent. Grunnen til at noen tar denne risikoen fremfor å parkere på parkeringsplassen ved City Syd, rett ved holdplassen, er kanskje for å unngå barrieren gangfeltet utgjør. Grupper man kan tenke seg at ønsker å bli transportert direkte til holdplassen kan blant annet være eldre, foreldre med små barn, personer med funksjonsnedsettelse og reisende med tung bagasje.



Figur 89 viser en bil, markert med rød ring, som kjører feil ved kryss nr. 3. Bildet er en skjermdump fra videoregistreringene.

Jeg observerte også at området som er satt av til regulering av busser kun ble benyttet av en busslinje i løpet av registreringene. Det var busslinje 72 ved Tillerterminalen 2. Busslinje 72 starter ruten ved Tillerterminalen, og både buss og bussjåfør ankommer holdeplassen omtrent 20 minutter før avgang med standardavvik på omtrent tre minutter. I motsatt retning kjører bussen rett videre uten å regulere, ettersom Tillerterminalen er endestasjon på ruta.

Tallene som blir brukt i videre analyse fra videoregistreringene er avgrenset til en makstime for hele studieområdet. Det vil si den timen i løpet av døgnet, der flest lette kjøretøy gjennomførte svingebevegelser i kryssene innenfor studieområdet. Årsaken til at tallene begrenses til lette kjøretøy er, fordi under en prosent av kjøretøyene ble registrert som tunge kjøretøy. Det er et mye lavere tall enn man kan forvente. Årsaken til den lave tungbilandelen er at mange vareleveranser finner sted i løpet av normal arbeidstid og tidlig på morgenen.

Makstimen for hele studieområdet med sum for alle kryss ble valgt ut av 135 mulige alternativer. Totalt vet vi fra kombi-

natorikk at det er 27 mulige kombinasjoner av kryssregistreringer for studieområdets 9 kryss, ettersom vi kan velge blant tre registreringsdager for kryss nr. 3, 4 og 5. Samtidig er alle videoregistreringer gjort på kvartersintervall for tidsrommet 17:00 til 19:00. Det gir fem mulige alternativer for makstime.

Til slutt fant vi at makstimen ble fra klokka 17:45 til 18:45, med registreringsdato 28.01.2021 for kryss nr. 3, 18.01.2021 for kryss nr. 4 og 21.01.2021 for kryss nr. 5. Det passer veldig godt i og med at kryssregistreringen for kryss nr. 3 er gjort på samme dato som registreringene av kryss nr. 1, 2 og 6. Tilsvarende er kryssregistreringen for kryss nr. 5 gjort på samme dato som registreringene av kryss nr. 7, 8 og 9.

Som du kan se fra tabell 6 er kryss nr. 3, 4 og 5 de mest trafikkbelastede under makstimen, med godt over 1.000 kjøretøy per time. Kryss nr. 6 har minst trafikkbelastning med mindre enn 500 passeringer.

Når det kommer til hvordan makstimen er forskjellig fra de andre registrerte timene for hvert enkelt kryss, kan man se fra tabellen at makstimen for hele studieområ-

det også er makstimen for kryss nr. 2, 3, 6, og 8, mens for kryss nr. 1, 5 og 9 er det to registrerte timer som har mer trafikk enn makstimen og for kryss nr. 4 og 7 er det registrert en time med mer trafikk enn ved makstimen. Den største forskjellen på makstimen for hele studieområdet og makstime for et enkelt kryss, kan du finne for kryss nr. 4. Her passerer 34 flere kjøretøy krysset i en annen time enn makstimen.

For kryss nr. 3, 4 og 5 er det totalt observert 15 mulige alternativer for makstime siden registreringene er gjort over tre dager. Det er også flest kjøretøy som benytter seg av disse kryssene, og dermed vil det være større spredning i antall passerende kjøretøy per registrerte time.

For de resterende kryssene ble det kun registrert fem mulige alternativer for makstime. Her er spredningen for antall passerende kjøretøy per registrerte time mindre enn 100 for alle kryss kryss.

Tabell 6 viser en oversikt over de ulike kryssene innenfor studieområdet, og hvordan makstimen er forskjellig fra de andre registrerte timene.

Kryss nr.	Makstime	Maks	Min	Observerte timer	
	Kjøretøy/ time			Over makstimeverdi	Under makstimeverdi
1	602	607	582	2	2
2	934	934	862	0	4
3	1477	1477	1251	0	14
4	1555	1589	1368	1	13
5	1320	1334	1176	2	12
6	440	440	343	0	4
7	799	802	769	1	3
8	721	721	658	0	4
9	752	779	689	2	2

For makstimen finner jeg også nøkkeldata for busslinjer som passerer Tillerterminalen og kollektivtrafikanter som reiser til eller fra holdeplassen. Jeg har funnet data for antall avganger i makstimen, oppholdstiden til kjøretøyene og antall av- og påstigende på hver enkelt buss.

Som du kan se fra tabell 7 er det flest metrobusser som passerer Tillerterminalen. Her går det en metrobuss hvert tiende minutt i begge retninger. Deretter er det linje 23 som har høyest frekvens med en avgang hvert 20. minutt, etterfulgt av linje 16 og linje 72 som har en avgang hver halvtime og linje 71 som har en avgang i timen. For alle busslinjer utenom linje 71

Tabell 7 viser hvor mange avganger per time hver enkelt busslinje har i hver retning ved Tillerterminalen. Tallene baserer seg på manuelle tellinger under makstimen.

Busslinje	Avganger per time
1	6
16	2
23	3
71	1
72	2



er frekvensen jevn gjennom hele registreringsperioden. Derimot har linje 71 kun en avgang i løpet av de to registreringstidene, og den befinner seg i tidsrommet for makstimen.

Fra tabell 8 kan du se gjennomsnittlig registrerte oppholdstider ved Tillerterminalen i begge retninger med tilhørende standardavvik. For å komme frem til tallene har jeg sett vekk i fra ekstremverdiene. Det vil si oppholdstider som avviker fra gjennomsnittet med mer enn tre standardavvik. Som du kan se er oppholdstidene til de ulike busslinjene ganske like. I gjennomsnitt er minste registrerte oppholdstid 14 sekunder, mens lengste oppholdstid er

21 sekunder. Det gir en forskjell på syv sekunder. Samtidig er standardavviket på mellom 4 sekunder og 8 sekunder. Ved holdeplassen Tillerterminalen 2 har tre busslinjer samme gjennomsnittlige oppholdstid lik 18 sekunder.

Fra tabell 9 kan du se registrerte av- og påstigninger for hver busslinje ved Tillerterminalen i begge retninger. Her kommer det frem for mange busslinjer at standardavviket er like stort som gjennomsnittet for av- og påstigninger. For busslinje 72 kan du også se at det er ingen påstigende ved Tillerterminalen 1 og ingen avstigende ved Tillerterminalen 2. Det kommer av at busslinjen stopper og starter ved Tillerterminalen.

Tabell 8 viser oppholdstid for de ulike busslinjene ved Tillerterminalen med tilhørende standardavvik.

Busslinje nr.	Tillerterminalen 1		Tillerterminalen 2	
	Oppholdstid [sek]	SD [sek]	Oppholdstid [sek]	SD [sek]
1	21	7	15	4
16	20	6	18	4
23	13	4	18	4
71	17	5	18	8
72	18	5	20	6

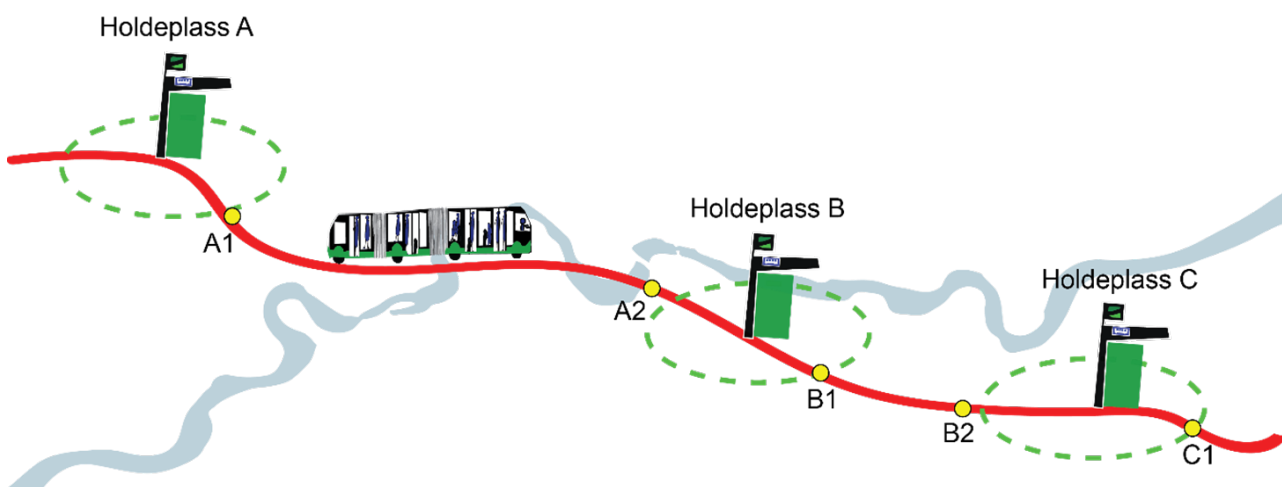
Tabell 9 viser antall av- og påstigende i gjennomsnitt med tilhørende standardavvik for alle busslinjer som passerer Tillerterminalen i løpet av makstimen.

Busslinje nr.	Tillerterminalen 1				Tillerterminalen 2			
	Avstigende	SD	Påstigende	SD	Avstigende	SD	Påstigende	SD
1	2	1	4	2	3	2	2	2
16	2	2	1	1	0	0	2	1
23	2	2	1	1	0	1	4	3
71	1	1	2	2	1	1	3	2
72	3	2	0	0	0	0	5	2

## 5.1.4 Passasjerdata fra AtB

Passasjerdata fra AtB ble brukt som supplement til de manuelle tellingene av kollektivtrafikanter fra videoregistreringene. Dataene hadde informasjon om dato, antall av- og påstigninger fordelt på avganger og retningsmønster for metrobusslinje 1, linje 16, linje 23, linje 71 og linje 72. Retningsmønsteret angir hvilken retning bussen kommer fra og hvor den skal til. På den måten kan jeg vite hvilken side av Tillerterminalen bussen stopper. Jeg mottok data for omtrent fire måneder fra 01.11.2020 til 18.02.2021.

Dataene fra AtB samles inn ved hjelp av automatiske passasjertellinger. Det tyske firmaet DILAX leverer sensorteknologien til AtB, mens det norske firmaet Fara står for billettering og sanntidssystemet. DILAX har levert en tellesensor over hver dør om bord i bussene, og en master som summerer opp tellingene for hver enkelt buss. Sensorene har innebygd GPS, og benytter video for å skille mellom av- og påstigning. Videoopptaket fra sensorene har så lav skarphet at det er umulig å identifisere enkeltindivider.



Figur 90 viser en illustrasjon av holdeplassirkler, og hvordan passasjerdataene lagres mellom holdeplassene. De gule prikkene langs den røde linjen er sjekkpunkter der dataene oppdateres til databasen. De grønne stiplede ellipsoidene representerer holdeplasssirklene. Illustrasjon laget av Tonje Lysø basert på informasjon fra AtB.

For å definere av- og påstigninger som tilhører hver enkelt holdeplass, benyttes fiktive holdeplassirkler. Prinsippet bak holdeplassirkler er illustrert ved figur 90. Tanken er at når en buss stopper innenfor et område avgrenset av en slik sirkel lagres tall for av- og påstigninger til tilhørende holdeplass. Dataene sendes ikke til databasen før sjekkpunktet utenfor holdplassirkelen er passert, eksempelvis A1 for holdeplass A, B1 for holdeplass B eller C1 for holdeplass C. Hvis bussen har flere stopp utenfor en holdeplassirkel med av- og påstigninger vil dataene lagres og sendes til forrige holdeplass ved sjekkpunktet rett før neste holdeplassirkel, eksempelvis A2 for holdeplass A og B2 for holdeplass B.

Det betyr at alle av- og påstigninger mellom sjekkpunkt A2 og sjekkpunkt B2 lagres til å gjelde holdeplass B.

For å kunne benytte dette systemet må et stopp defineres. DILAX definerer et stopp som situasjonen, der en buss åpner sine dører og minst en kollektivtrafikanter går av eller på.

Holdeplassirkler er spesielt viktig for distriktsrutene der alle stopp ikke defineres som egne holdeplasser, men bussen likevel stopper for å slippe av og på passasjerer. Dette kan for eksempel være skolebussrutene.

Dataene som registreres av DILAX sendes til Fara, der tall per dør summeres opp og kobles sammen med GPS-dataene til bussens sanntidssystem slik at man kan få data per holdeplass. De ferdige dataene leveres så til AtB.

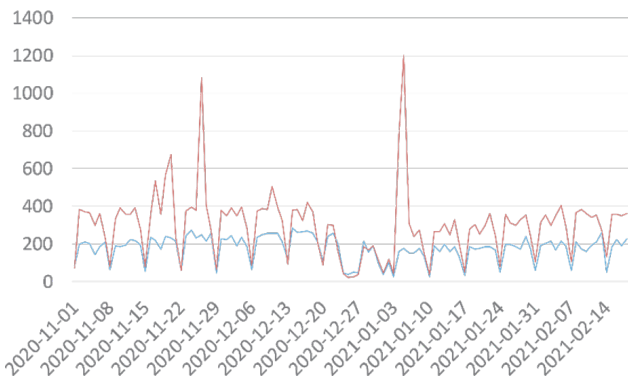
Rådata for antall av- og påstigende fra AtB vil nå bli presentert som grafer for hver enkelt busslinje med tilhørende retning. Generelt viser grafene veldig få av- og påstigende kollektivtrafikanter for alle busslinjer hver 7. dag på grunn av helg. Du kan også se en nedgang i kollektivtrafikanter fra rundt 27. desember 2020 til begynnelsen av januar på grunn av ferie og helligdager i forbindelse med jul og nyttår.

### Metrobuss 1 – ved Tillerterminalen 1



Figur 91 viser passasjertall for metrobusslinje 1 ved Tillerterminalen 1. Tallene er gitt på døgnnivå. Blå graf representerer påstigende kollektivtrafikanter, mens rød graf representerer avstigende kollektivtrafikanter.

### Metrobuss 1 – ved Tillerterminalen 2

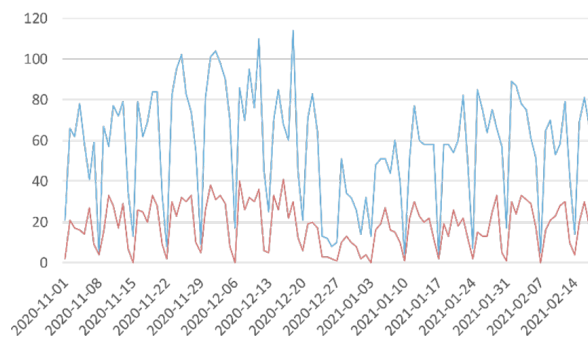


Figur 92 viser passasjertall for metrobusslinje 1 ved Tillerterminalen 2. Tallene er gitt på døgnnivå. Blå graf representerer påstigende kollektivtrafikanter, mens rød graf representerer avstigende kollektivtrafikanter.

Som man kan se fra figur 91 og 92 er det flere som benytter metrobusslinje 1 ved Tillerterminalen 1, enn det er i motsatt retning ved Tillerterminalen 2. Det er godt over dobbelt så mange påstigende enn avstigende ved Tillerterminalen 1. I motsatt retning ved Tillerterminalen 2 er det omtrent 70 prosent flere avstigende enn påstigende.

Fra figur 92 er det to topper i antall avstigende kollektivtrafikanter. Den ene toppen er mellom 22. og 29. november, og sammenfaller med handledagen Black Friday som ble omgjort til Black Week på grunn av koronasituasjonen. Den andre toppen finner sted etter 3. januar 2021, og sammenfaller med de første dagene etter en rekke helligdager i forbindelse med nyttårshelgen. Etter nyttår og juleferie reiser folk som har feriert andre steder i landet tilbake til Trondheim. I tillegg gjør mange nødvendige innkjøp etter at butikkene har holdt stengt på grunn av helligdager.

### Busslinje 16 - ved Tillerterminalen 1



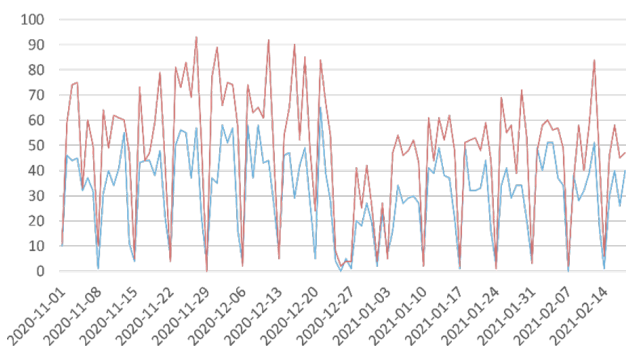
Figur 93 viser passasjertall for busslinje 16 ved Tillerterminalen 1. Tallene er gitt på døgnnivå. Blå graf representerer påstigende kollektivtrafikanter, mens rød graf representerer avstigende kollektivtrafikanter.

Figur 93 viser antall av- og påstigende kollektivtrafikanter ved Tillerterminalen 1 for busslinje 16, mens figur 94 viser det samme for Tillerterminalen 2. Det er tre ganger så mange påstigende sammenlignet med avstigende ved Tillerterminalen 1. Ved Tillerterminalen 2 er det 55 prosent flere avstigende enn påstigende. Det tyder på en jevnere passasjerstrøm av og på



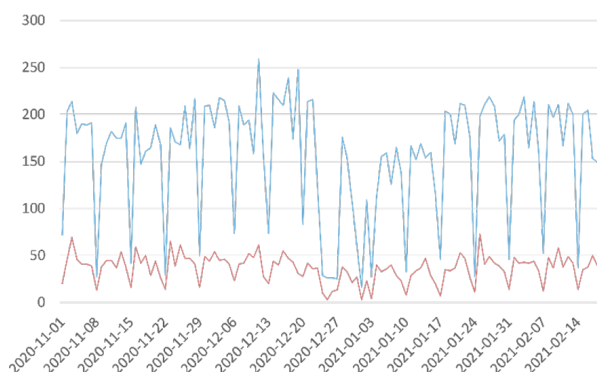
bussene ved Tillerterminalen 2 enn ved Tillerterminalen 1.

### Buslinje 16 - ved Tillerterminalen 2



Figur 94 viser passasjertall for buslinje 16 ved Tillerterminalen 2. Tallene er gitt på døgnnivå. Blå graf representerer påstigende kollektivtrafikanter, mens rød graf representerer avstigende kollektivtrafikanter.

### Buslinje 23 - ved Tillerterminalen 1

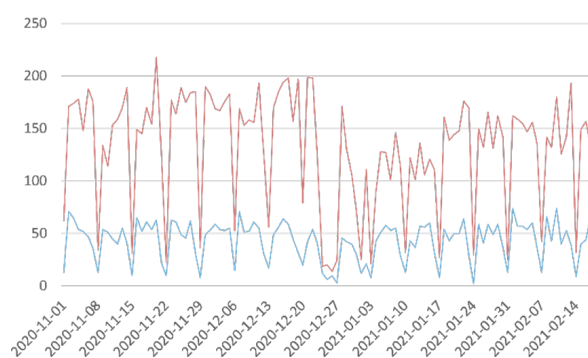


Figur 95 viser passasjertall for buslinje 23 ved Tillerterminalen 1. Tallene er gitt på døgnnivå. Blå graf representerer påstigende kollektivtrafikanter, mens rød graf representerer avstigende kollektivtrafikanter.

Buslinje 23 har nesten like mange påstigende ved Tillerterminalen 1 som avstigende ved Tillerterminalen 2. Det tyder på at mange benytter denne buslinjen for å komme seg til Tiller fra sør for studieområdet, og reiser hjem igjen samme veg som de kom på samme dag. Rundt 20 prosent av kollektivtrafikantene reiser i motsatt retning av flertallet med buslinje 23. Altså de kommer fra nordvest for studieområdet, og reiser til Tillerterminalen før de reiser tilbake samme dag.

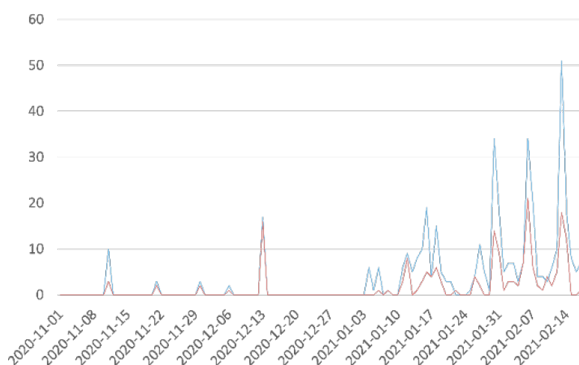
På avstand ser figur 95 og 96 ut som direkte motsetninger, men det er de ikke. Totalt er det 2.702 flere kollektivtrafikanter som er påstigende ved Tillerterminalen 1, enn det er avstigende ved Tillerterminalen 2. Det er også 726 flere påstigende ved Tillerterminalen 2, enn det er avstigende ved Tillerterminalen 1. Det betyr at det er tre ganger flere avstigende enn påstigende for buslinje 23 ved Tillerterminalen 2, og fire ganger flere påstigende enn avstigende ved Tillerterminalen 1.

### Buslinje 23 - ved Tillerterminalen 2



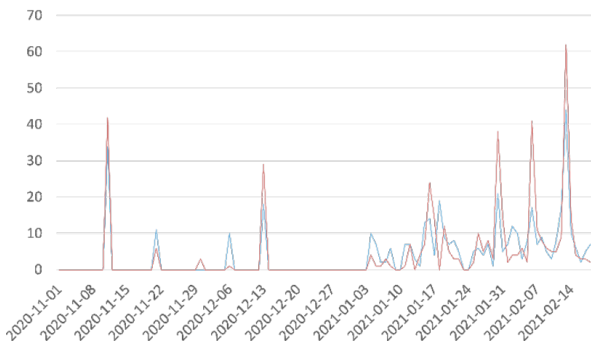
Figur 96 viser passasjertall for buslinje 23 ved Tillerterminalen 2. Tallene er gitt på døgnnivå. Blå graf representerer påstigende kollektivtrafikanter, mens rød graf representerer avstigende kollektivtrafikanter.

### Buslinje 71 - ved Tillerterminalen 1



Figur 97 viser passasjertall for buslinje 71 ved Tillerterminalen 1. Tallene er gitt på døgnnivå. Blå graf representerer påstigende kollektivtrafikanter, mens rød graf representerer avstigende kollektivtrafikanter.

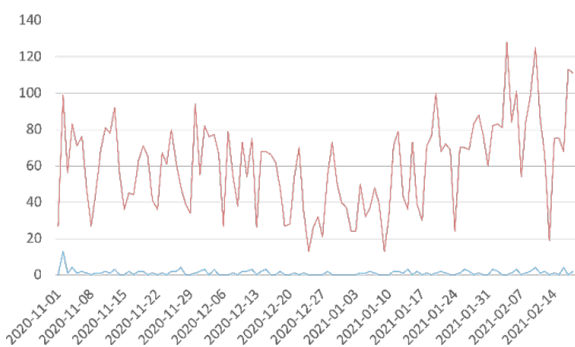
## Buslinje 71 - ved Tillerterminalen 2



Figur 98 viser passasjertall for busslinje 71 ved Tillerterminalen 2. Tallene er gitt på døgnnivå. Blå graf representerer påstigende kollektivtrafikanter, mens rød graf representerer avstigende kollektivtrafikanter.

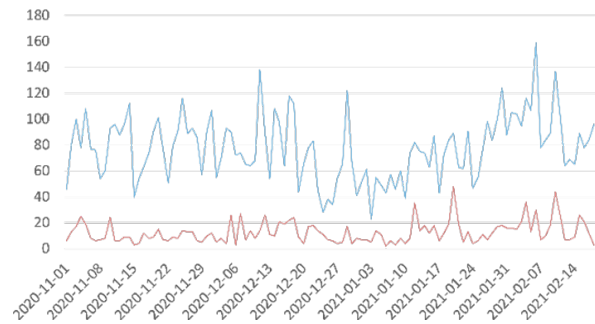
Tallene for busslinje 71 beskrev AtB at som mangelfulle, og det kan du også se fra figur 97 og 98, men jeg tenker likevel at de tallene som finnes for busslinjen vil være gode å sammenligne med dataene fra videoregistreringene. Fra grafene kan du se at det er registrert flere dager med passasjerdata for denne busslinjen i 2021 enn i 2020. For de dagene det er gjort registreringer kan du se at det er flere avstigende enn påstigende for busslinje 71 ved Tillerterminalen 2, og flere påstigende enn avstigende ved Tillerterminalen 1.

## Buslinje 72 - ved Tillerterminalen 1



Figur 99 viser passasjertall for busslinje 72 ved Tillerterminalen 1. Tallene er gitt på døgnnivå. Blå graf representerer påstigende kollektivtrafikanter, mens rød graf representerer avstigende kollektivtrafikanter.

## Buslinje 72 - ved Tillerterminalen 2



Figur 100 viser passasjertall for busslinje 72 ved Tillerterminalen 2. Tallene er gitt på døgnnivå. Blå graf representerer påstigende kollektivtrafikanter, mens rød graf representerer avstigende kollektivtrafikanter.

Figur 99 viser antall av- og påstigende som benytter busslinje 72 ved Tillerterminalen 1, mens figur 100 viser det samme for Tillerterminalen 2. Buslinje 72 har flere avstigende kollektivtrafikanter enn påstigende ved Tillerterminalen 1, og flere påstigende enn avstigende kollektivtrafikanter ved Tillerterminalen 2. Totalt var det 23 påstigende og 6.648 avstigende ved Tillerterminalen 1 og 8.561 påstigende og 1.396 avstigende ved Tillerterminalen 2 for hele perioden jeg fikk data for.

## 5.1.5 Sammenligning av passasjerdata

For å kunne sammenligne automatiske passasjertellinger med registrerte passasjerdata fra video ble det først foretatt en siling dataene fra AtB. Registreringer som ble fjernet var for eksempel registreringer med negative av- eller påstigninger, noe som ikke er fysisk mulig. Dataene for metrobuslinje 1 ved Tillerterminalen 2 hadde også noen registrerte avstigninger med over 100 kollektivtrafikanter. Det synes jeg virker urealistisk, så disse registreringene ble fjernet. I tillegg la jeg til grunn en antagelse om at alle buslinjer som stopper ved Tillerterminalen innenfor simuleringstidsrommet må minst ha en påstigning eller en avstigning. Passasjertall for helger, andre helligdager og Black Week ble også fjernet.

Til slutt stod jeg igjen med tall for av- og påstigende kollektivtrafikanter for alle busslinjer. Videre ble gjennomsnitt over hele tidsperioden med tilhørende standardavvik for hver busslinje og hver holdeplass ved Tillerterminalen kalkulert. Tallene kan sees fra tabell 10.

Jeg har laget et fargekodesystem for å lettere kunne sammenligne data fra registreringene med AtB sine passasjertellinger. I tabell 10 viser de grønne rutene verdier som er helt like i begge datasett, gule ruter viser verdier fra AtB som fraviker med registreringene med en kollektivtrafikanter, oransje ruter indikerer en differanse på to kollektivtrafikanter og røde rute viser en differanse på tre kollektivtrafikanter.

Totalt viser tabellen at 13 av 40 verdier er de samme i begge datasettene, 12 av 40 verdier fra AtB sine passasjertall avviker fra

registrerte data med en kollektivtrafikanter, 11 av 40 avviker med to kollektivtrafikanter og tre av 40 avviker med tre kollektivtrafikanter.

Noe annet som også kommer frem fra tabell 10 er at noen passasjerer foretar avstigning ved Tillerterminalen 2 for linje 72, enda busslinjen starter ved denne holdeplassen. Registrerte data viser derimot at antall avstigende ved denne holdeplassen burde vært null. Årsaken til at tabellen viser noen avstigninger ved Tillerterminalen 2 kan være, fordi tellesystemet teller bussjåfører som bytter vakt eller tar seg en luftetur og pause før rutas avgang. Antall påstigende ved Tillerterminalen 1 er null i tabellen, og samsvarer med registrerte data for linje 72. Dette er informasjon som passer godt, ettersom Tillerterminalen 1 er endestasjon på ruta.

Tabell 10 viser passasjerdata for Tillerterminalen på hverdager i perioden 2. november 2020 til 18. februar 2021.

Busslinje	Tillerterminalen 1				Tillerterminalen 2			
	Avstigende	SD	Påstigende	SD	Avstigende	SD	Påstigende	SD
1	2	2	4	4	3	3	2	2
16	1	1	2	2	2	2	1	1
23	1	1	3	3	3	3	1	1
71	1	1	2	2	2	4	3	4
72	4	4	0	0	1	2	5	4



## 5.2 Aimsun-modell

### 5.2.1 Modelloversikt

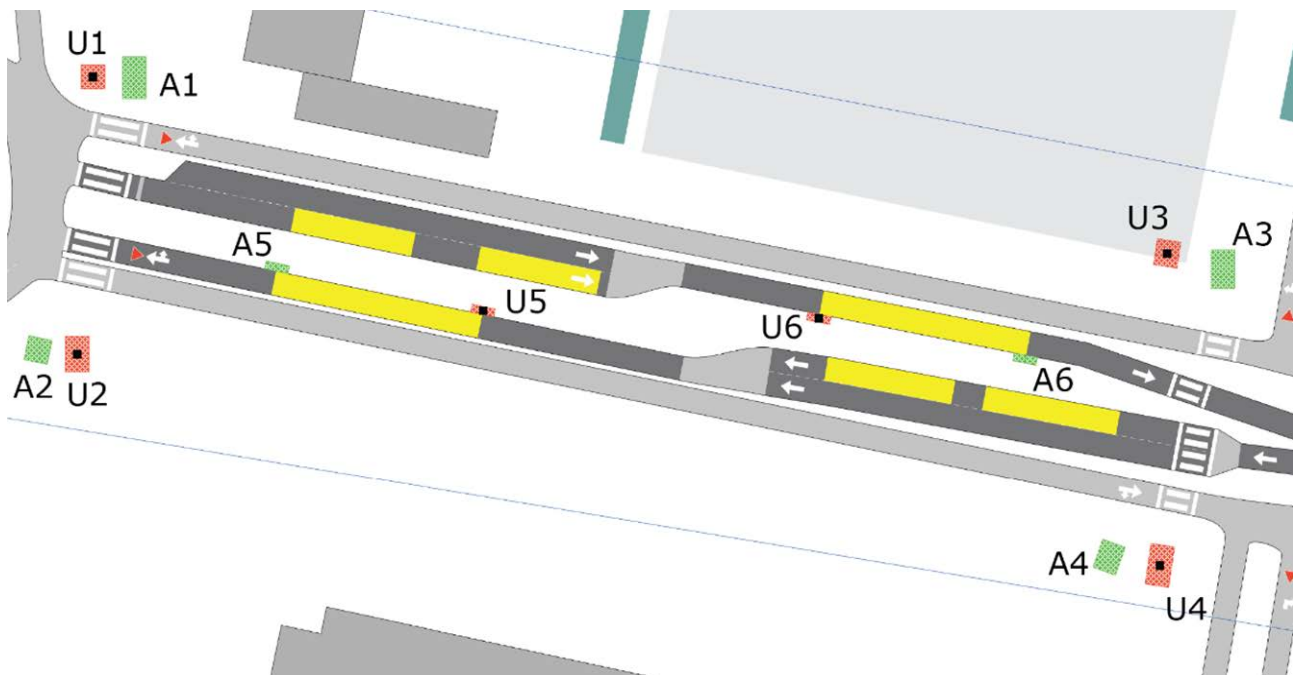
Aimsun-modellen er laget og simulert i programvareversjon Aimsun Next 20.0.2, og er en mikrosimuleringsmodell. Strukturen som er brukt er et dynamisk eksperiment med stokastisk rutevalg og C-logit som rutevalgsmodell. Modelleringsstidspunktet er 28. januar 2021 fra klokka 17.45 til 18.45. Det ble brukt 10 replikasjoner i hvert scenario, og en oppvarmingsperiode på 15 minutter.

I modellen som ble OD-matriser med global eksponentiell ankomstalgoritme for eksperimentet benyttet som etterspørsel for kollektivtrafikanter, lette og tunge kjøretøy.

For å fange opp endrede rutevalg som følge av byggingen av Tillerterminalen ble modellområdet utvidet til å gjelde mer enn kun kollektivknutepunktet. Totalt er ni kryss inkludert, og studieområdet avgrenses av en sentroide på hver av de ytterste veggenene i modellen som vist på figur 101. Totalt er det 14 sentroider.



Figur 101 viser et oversiktsbilde av modellen. Tallene som du kan se på figuren er navnene på modellens sentroider.



Figur 102 viser fotgjengerområdet avgrenset med blå linje i modellen. Grønne firkanter markerer ankomstsentroider for fotgjengere, mens de røde firkantene er sentroider som markerer mulige utganger.

Modellen har fokus på kollektivtrafikk ved Tillerterminalen, og som du kan se på figur 102 er fotgjengerområdet markert med blå linje. Innenfor fotgjengerområdet kan fotgjengere krysse veger i gangfelt og gå av og på busslinjene som er modellert.

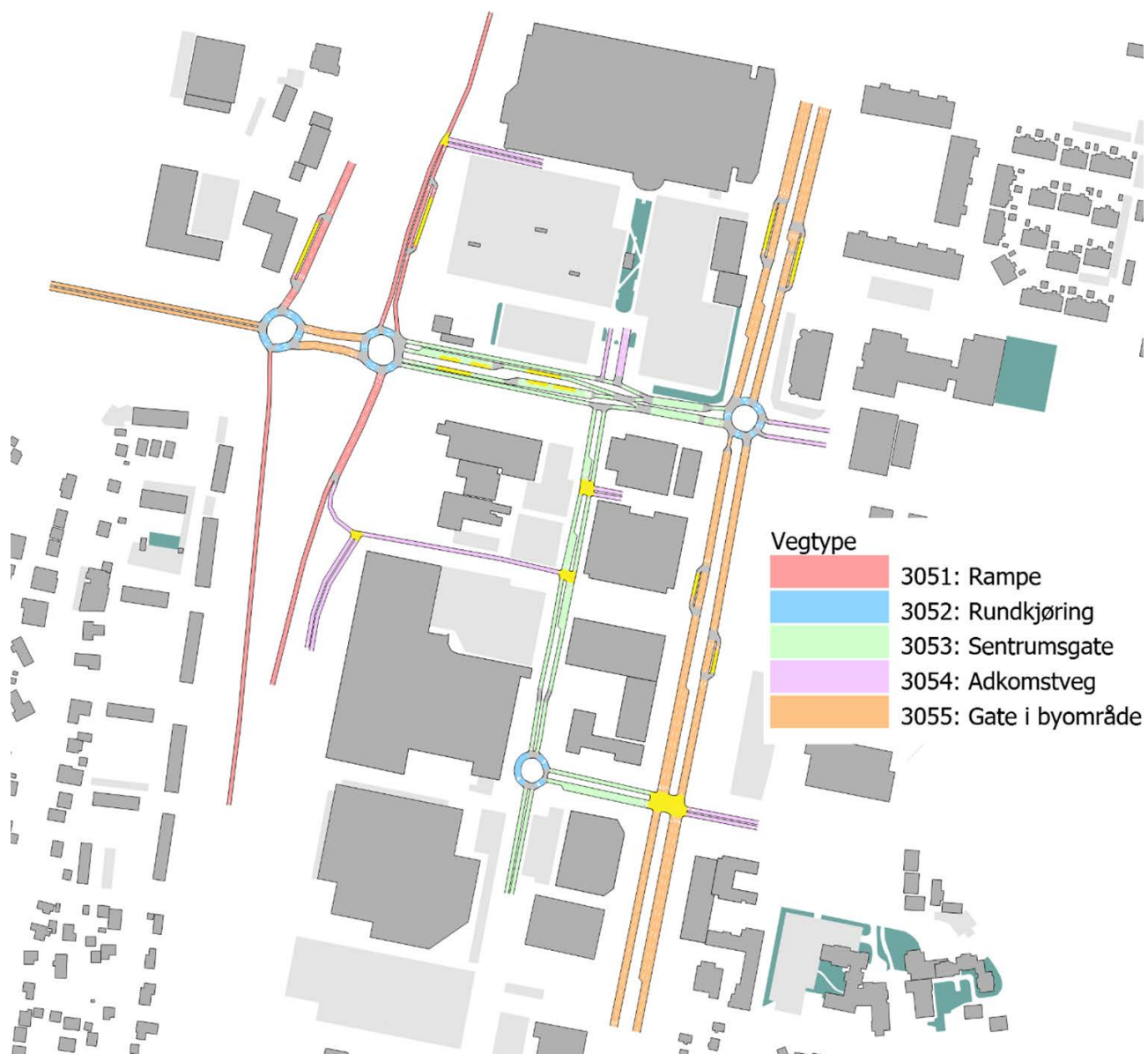
Fra figur 102 kan du også se grønne og røde bokser innenfor fotgjengerområdet. Dette er sentroider for fotgjengerstrømmene. De grønne boksene markerer innganger til modellen, mens de røde boksene markerer utganger. Du kan også se at slike ankomst- og utgangsentroider er koblet til to holdeplasser ved Tillerterminalen. Det er, fordi kollektivtrafikanter som går av en buss ankommer modellen i den grønne boksen tilknyttet holdeplassen, mens kollektivtrafikanter som går om bord i en buss går ut av modellen i den røde boksen.

Modellen består av fem vegtyper som du kan se på figur 103. Vegtypene er inndelt i kategorier etter funksjon. Disse er rampe, rundkjøring, sentrumsgate, adkomstveg og gate i byområde. Dette er den inndelingen som er anbefalt i henhold til norsk Aimsun-veileder (Asplan Viak, 2019).

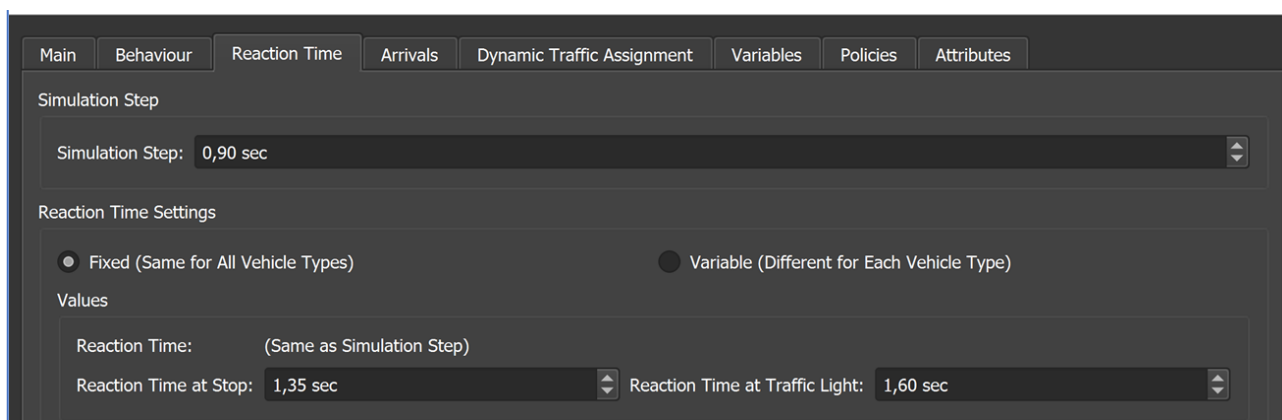
Som du kan se fra kartet er en rekke veger betegnet som sentrumsgater. Det gjelder også forbi Tillerterminalen. Gater som leder mot handelsområdene er definert som gater i byområde, veger som leder til servicefunksjoner er adkomstveger, veglenkene som utgjør rundkjøringene har blitt tildelt denne vegtypen og veglenkene som går fra E6 er ramper.

I Aimsun Next 20.0.2 er det en rekke ferdigdefinerte vegtyper, og noen av disse har blitt kopiert og redigert for å danne vegtypene i modellen. Rampene bygger for eksempel på vegtypen «Motorway», sentrumsgate og gate i byområde bygger på vegtypen «secondary» og adkomstveg bygger på vegtypen «residential». For vegtypen rundkjøring var det ingen predefinert vegtype å ta utgangspunkt i, derfor ble den laget ved å kopiere vegtypen «primary» og endre nesten alle parametere (Asplan Viak, 2019).

Parametere som ble justert var basisparametere for maksimal hastighet, kapasitet, feltbredde langs veglenka, parametere for soneavstand ved feltbytte og siktparametere for vikeplikt.



Figur 103 viser vegtypene som er brukt i simuleringmodellen.



Figur 104 viser justerte reaksjonstidsparametere for hele eksperimentet.



Figur 105 viser fartsgrensene på veglenkene i modellen. Disse dataene er hentet fra Vegkart (Vegkart, 2021). Som du kan se fra kartet er fartsgrensen for av- og påkjøringsrampene til E6 70 km/t og langs Østre Rosten er fartsgrensen 60 km/t. Veglenka mellom X-krysset i Østre Rosten og rundkjøringen i Ivar Lykkes veg, helt

sør i modellen, har fartsgrense lik 50 km/t. Det har også veglenken vest for E6 som leder inn til studieområdet. Fartsgrensen på inn- og utkjøringer til kjøpesentre og andre servicefunksjoner er 30 km/t, og resten av nettverket har fartsgrense lik 40 km/t. E6 er ikke markert på kartet, og det er heller ikke en rekke mindre inn- og utkjøringer



Figur 105 viser fartsgrensene på veglenkene i modellen. Data for veglenker er hentet fra Vegkart (Vegkart, 2021).

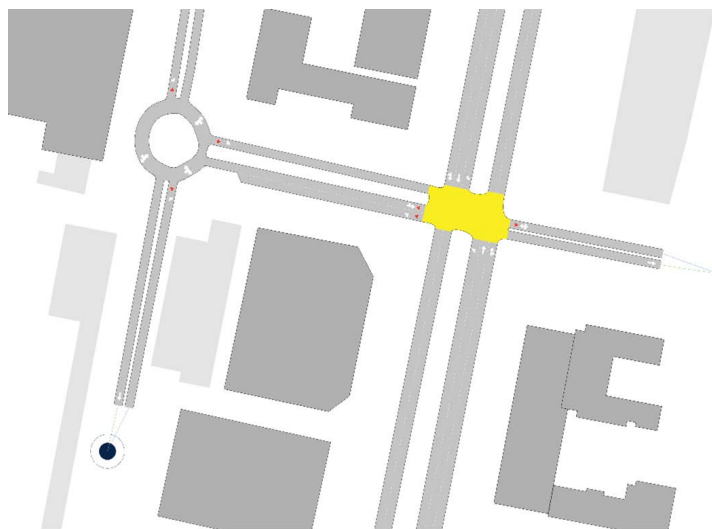
til butikker. Det er, fordi disse blir sett bort ifra i videre analyse for å forenkle omfanget av modellen.

Kjøretøytypene som blir brukt i modellen er metrobuss, buss, fotgjenger, personbil og lastebil. Disse kjøretøytypene er også tilpasset Aimsun-veilederen for norske forhold. Parametere som har blitt justert for de ulike kjøretøytypene er lengden på kjøretøyene, maksimal ønsket hastighet, fartsgrenseaksept, klaring og maksimal vikeetid. Jeg har også tilpasset antall dører på bussene som fotgjengerne kan benytte for av- og påstigning. Eksempelvis har en metrobuss i Trondheim fire dører for av- og påstigning, mens en vanlig buss kun har to tilgjengelige dører for av- og påstigning (Asplan Viak, 2019).

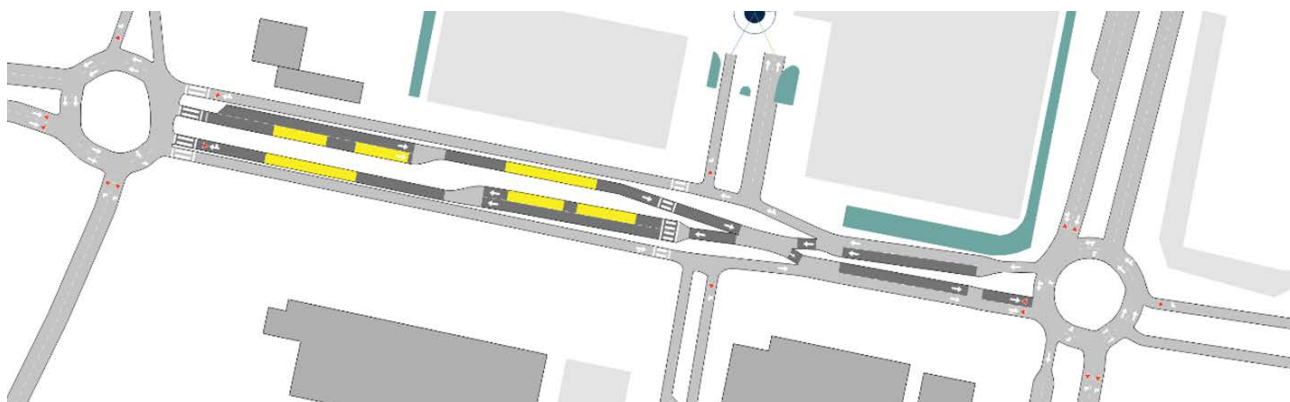
I Aimsun-veilederen er det også beskrevet endringer i parametere som omhandler reaksjonstid. Disse er gitt på eksperimentnivå under «simulation step», «reaction time at stop» og «reaction time at traffic light». Verdiene kan sees på figur 104 (Asplan Viak, 2019).

## 5.2.2 Kodingsmetodikk

Området ved Tillerterminalen kan du se på figur 107. Her indikerer mørkere veglenker kollektivfelt, mens vegger med lysere farge kan alle øvrige motorkjøretøy benytte seg av. Noder kan du se at er brukt for å koble veglenker sammen i kryss. De er også brukt der antall felt endres langs vegen, eksempelvis ved kollektivfeltene i Anne-Kath. Parows Veg. Det er også angitt



Figur 106 viser gul boks i et vikepliktsregulert kryss.



Figur 107 viser kodet kollektivfelt illustrert som litt mørkere veglenker i Anne-Kath. Parows Veg ved Tillerterterminalen.

vikeplikt for vegene som leder trafikk til Anne-Kath. Parows Veg, og i alle tilfartene til rundkjøringene.

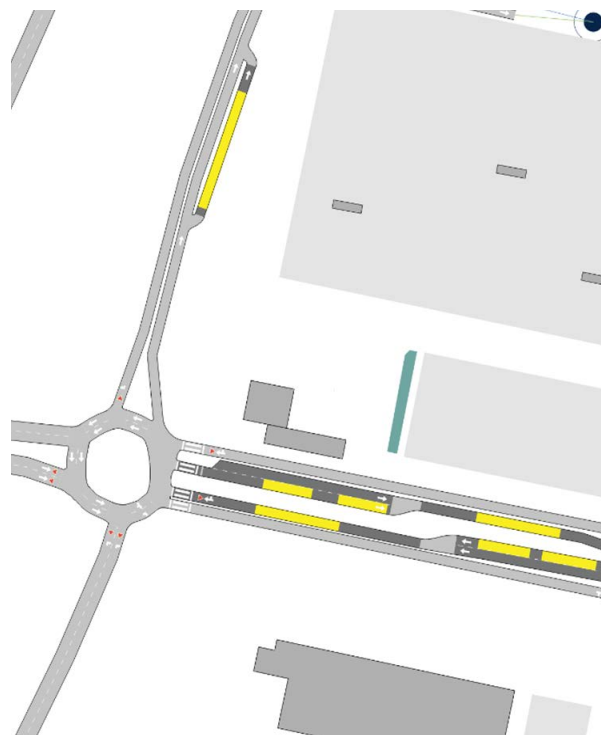
Vikepliktskilt er lagt inn i modellen på riktige steder før kryss. Figur 106 viser et eksempel på en gul boks. Gul boks er brukt der det er nødvendig for å forhindre kjøretøy å kjøre ut i krysset, dersom det

ikke er ledig plass på veglenka de skal til. Hvis man ikke har gul boks vil slike situasjoner føre til køer som kan blokkere krysset fullstendig.

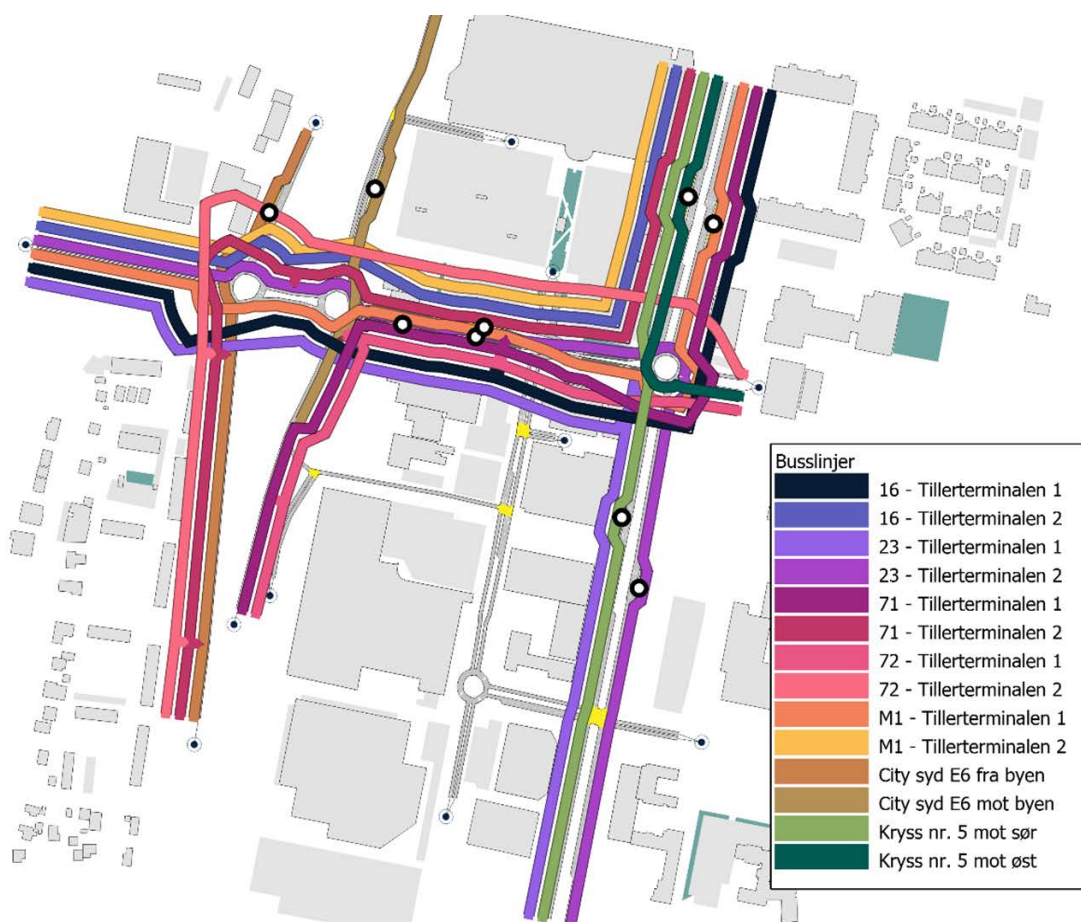
I modellen har ingen rundkjøringer gul boks i nodene, ettersom det ikke var nødvendig for trafikkavviklingen i modellen. Kryssene i Anne-Kath. Parows Veg ved

Tillerterminalen har heller ikke gul boks som du kan se på figur 107. Grunnen til at kryssene klarer seg fint uten gul boks er, fordi nodene er små i utstrekning, all trafikk skal i samme retning og det er få konfliktpunkter i nodene. De fleste andre kryssene med vikepliktsregulering i modellen har gul boks som du kan se fra figur 101.

I modellen er det både utformet bus-slommer og kantstopp ved holdeplasser. Begge løsninger er vist på figur 108. Alle busslommer i modellen er laget som kantstopp på en separat veg bundet til resten av vegnettet med en node i hver ende. Busslommene har prioritering som kollektivfelt. Årsaken til at jeg har laget bus-slommer som kantstopp på separate vegger, fremfor å benytte busslomme-funksjonen i Aimsun Next 20.0.2, er for å forsikre meg om at bussen svinger helt av veien før



Figur 108 viser koding av både busslomme og kantstopp i modellen.



Figur 109 viser kodede kollektivlinjer i modellen.



den stopper ved holdeplassen. Hvis ikke vil bussen ved opphold være en hindring for annen trafikk, og føre til urealistiske forsinkelser i vegnettet. Ved Tillerterminalen er det derimot kantstopp.

Kollektivlinjene ble kodet slik de ble registrert på video. Figur 109 viser metrobuslinje 1, linje 16, linje 23, linje 71 og linje 72 som går forbi Tillerterminalen. I tillegg ble det lagt inn observert busstrafikk fra kryssregistreringene som ikke passerte Tillerterminalen.

På figur 109 kan du se prikker som representerer holdeplasser. Det er, fordi jeg har definert busslinjene til å stoppe der. Ved holdeplasser der ingen busser stopper er det ikke noen prikk. Det kan du se på Tillerterminalen, der det egentlig er seks mulige steder for busser å stoppe, men kun tre prikker.

Alle busslinjer utenom linje 72 ved Tillerterminalen 2 stopper ved kantstoppet lengst fremme på holdeplassen. Linje 72 ved Tillerterminalen 2 er den eneste registrerte busslinjen som stopper ved busslommen bak på holdeplassen for regulering. Når reguleringstiden er over kjører den frem til kantstoppet for av- og påstigning av kollektivtrafikanter som første stopp på ruten.

Andre busslinjer som ikke går forbi Tillerterminalen er lagt inn i modellen, og baserer seg på observert kjøremønster for busser fra kryssregistreringene. Nummeret på bussene ble ikke skrevet ned, men jeg antar at de stopper langs alle holdeplasser de kjører forbi. Bussene har navn på figur 109 som avhenger av hvor de kommer fra og skal til.

Oppholdstidene for bussene ved Tillerterminalen er gitt som registrert oppholdstid for hver enkelt linje og holdplass. Oppholdstiden for alle andre linjer og holdeplasser som ikke er registrert er kalkulert som gjennomsnittlig oppholdstid og standardavvik for alle busslinjer ved Tillerterminalen.

## 5.2.3 Grunnlagsdata

Grunnlagsdataene som er brukt i modellen kommer i all hovedsak fra videoregistreringene som er gjort ved hjelp av manuelle tellinger. I modellen har jeg brukt data fra kryssregistreringene i makstimen og kollektivdata for antall avganger, oppholdstid og antall av- og påstigende kollektivtrafikanter for hver busslinje ved Tillerterminalen. I tillegg har jeg fått tall for gående som krysser gangfeltene i Anne-Kath. Parows Veg av Anders Lie-Nielsen som skriver masteroppgaven «Fotgjengersimulering i Aimsun Next 20».

Siden dataene fra videoregistreringene allerede er beskrevet i metodekapittelet, vil jeg i denne delen kun beskrive fotgjengerdataene.

Anders Lie-Nielsen gjennomførte to registreringer av fotgjengerstrømmer på lørdagsformiddag. Begge registreringene var på en time hver, og dato for registreringene var 21. og 28. november 2020. Det ble beregnet gjennomsnittlig antall fotgjengere for de to registreringsdagene, og hvor stor andel de ulike fotgjengerstrømmene utgjorde. Tabell 11 viser hvor avstigende kollektivtrafikanter fra Tillerterminalen går ut av modellen, mens tabell 12 viser hvor påstigende kollektivtrafikanter ankommer modellen. Navnene på sentroidene i tabellene er de samme som for figur 102. Registreringene skilte ikke mellom Tillerterminalen 1 og Tillerterminalen 2, og derfor antas fotgjengerstrømmene å være like uavhengig av holdeplass. Tabellene viser at de aller fleste kollektivtrafikanter har start- og sluttdestinasjon øst for Tillerterminalen.

Prosentandelene ble så brukt for å kalkulere fotgjengerstrømmene til de registrerte av- og påstigende kollektivtrafikanter fra videoregistreringene for hver enkelt busslinje ved Tillerterminalen 1 og Tillerterminalen 2.

Tabell 11 viser hvor avstigende kollektivtrafikanter fra Tillerterminalen går ut av modellen.

	U1	U2	U3	U4
Gjennomsnitt	3	4	155	172
%	1	1	45	52

Tabell 12 viser hvor påstigende kollektivtrafikanter ved Tillerterminalen ankommer modellen.

	A1	A2	A3	A4
Gjennomsnitt	5	3	163	182
%	1	1	46	51

## 5.2.4 Metodikk for matriseestimering

For å simulere kollektivtransport i modellen spesifiseres data for gjennomsnittlig oppholdstid med standardavvik, og antall av- og påstigende kollektivtrafikanter med standardavvik for hver holdeplass og buslinje. Et eksempel kan sees fra tabell 14 for metrobuslinje 1. Fotgjengermodellen er avgrenset til å gjelde området ved Tillerterminalen, og derfor er det ikke definert noen av- og påstigende ved andre holdeplasser.

Tabell 13 viser avstigningsdistribusjon i prosent ved Tillerterminalens ankomstsentroider

	U1	U2	U3	U4	Sum
A5	1	1	46	52	100
A6	1	1	46	52	100

Avstigende var lett å modellere, ettersom jeg kun trengte å angi gjennomsnittlig antall avstigende for hver buslinje med tilhørende standardavvik, og prosentandeler for hvilken sentroide de går ut av modellen. Prosentandelene ble definert i OD-matrisene som vist fra tabell 13. Her kan du se at fordelingen mot sentroidene som danner utganger i modellen kan være avhengig av kjøreretningen til busene, men det var de ikke i vårt tilfelle. Dataene tyder på at en like stor andel kollektivtrafikanter går mot utgangene: U1, U2, U3 og U4 fra inngangene til modellen: A5 og A6. A5 og A6 definerer innganger til modellen når kollektivtrafikanter går av en buss ved Tillerterminalen 2 og Tillerterminalen 1. Når avstigende kollektivtrafikanter ankommer Tillerterminalen går 53 prosent mot nordøst, 46 prosent mot sørøst, en prosent mot nordvest og en prosent mot sørvest.

Tabell 14 viser kollektivdata for metrobuslinje 1 ved Tillerterminalen 1 og City Syd.

Holdeplasser	Oppholdstid [sek]		Kollektivtrafikanter			
	Gjennomsnitt	SD	Avstigende	SD	Påstigende	SD
Tillerterminalen 1	21	7	2	1	4	2
City Syd	18	6	0	0	0	0

Påstigende kollektivtrafikanter var vanskeligere å definere i modellen, ettersom disse måtte både angis i OD-matrisene og for hver enkelt busslinje. For hver enkelt busslinje kunne man også spesifisere et standardavvik for antall påstigende, men det kunne man ikke i OD-matrisen. Det betyr at antallet som ble beregnet til å gå om bord i bussene ved hver avgang ikke nødvendigvis er det samme antallet bussene faktisk tar med seg. Det kan føre til at noen kollektivtrafikanter må vente lenge for å reise med en buss, og selv om jeg angir antall påstigende i OD-matrisen for hver busslinje kan kollektivtrafikantene bli plukket opp av andre busslinjer enn de var ment for.

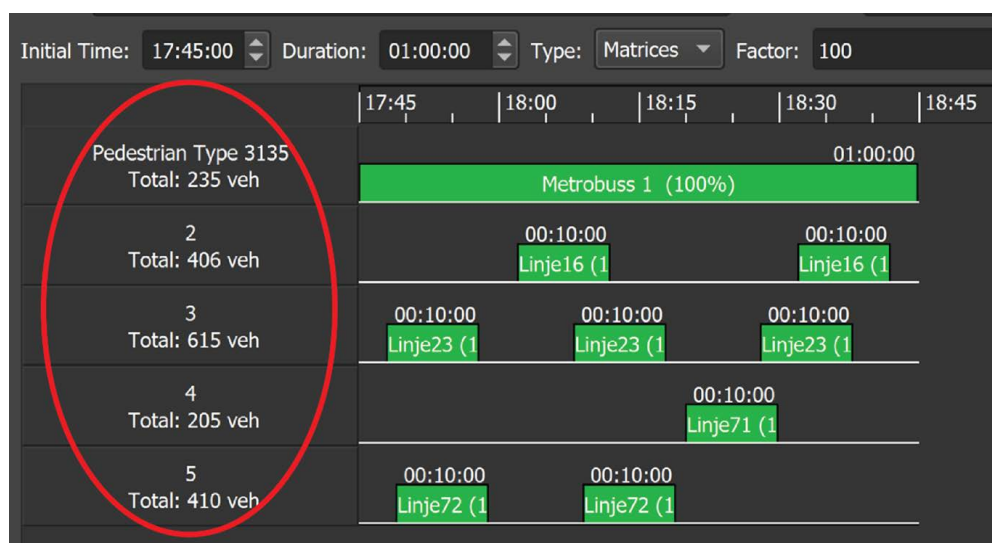
Ankomstalgoritmen for fotgjengere i modellen er uniform, og den var ikke mulig å endre. Det vil si at modellen har en jevn strøm av fotgjengere som ankommer Tillerterminalen under simuleringsperioden. Det er en antagelse som passer bra for busslinjer med høy frekvens, og mindre bra for busslinjer med lav frekvens. For busslinjer med lav frekvens kan man forvente at kollektivtrafikanter vil prøve å minimere sin ventetid ved ankomme holdeplassen nærmere avgangstiden.

Metrobusslinje 1 er en busslinje med høy frekvens, og det passer bra at påstigende

kollektivtrafikanter ankommer holdeplassen jevnt ut over hele simuleringsperioden, derimot for alle de andre busslinjene er ikke det tilfellet. Derfor ble det laget en OD-matrise for hver busslinje, som vist på figur 110. OD-matrisen for metrobusslinje 1 gjelder for hele simuleringsperioden, mens OD-matrisene for de andre busslinjene gjelder kun ti minutter før planlagt avgang. Det vil si at påstigende kollektivtrafikanter ankommer Tillerterminalen maksimalt ti minutter før avgangstiden.

For å legge inn OD-matriser i etterspørselen på ulike linjer måtte jeg lage flere fotgjengertyper. Disse har samme inngangsdata.

Som du også kan se innenfor rød ellipse på figur 110 er det listet opp mange fotgjengere i de ulike OD-matrisene i etterspørselen. Det ble jeg opplyst om av Aimsun sitt support-team at var en feil i programmet som de kom til å fikse snart. Eksempelvis er det kun simulert 35 påstigende for metrobusslinje 1 over hele simuleringsperioden, og ikke 235. Tallene fra OD-matrisene gjelder for begge holdplassene ved Tillerterminalen, og det er nærmere definert hvor mange som går til Tillerterminalen 1 og Tillerterminalen 2 for hver busslinje, i henhold til resultatene fra videoregistreringene, i OD-matrisen.



Figur 110 viser etterspørselen for påstigende kollektivtrafikanter.



Tabell 15 viser OD-matrisen jeg har forholdt meg til gjennom utarbeiding av modellen. Grå celler indikerer umulige rutevalg, grønne ruter er gitt direkte fra videoregistreringene og hvite ruter behøver å bli estimert.

Til \ Fra	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14
S1	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå
S2	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grøn	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå
S3	Grå	Grå	Grå	Grå	Grøn	Grå	Grå	Grå	Grøn	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå
S4	Grøn	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå
S5	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grøn	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå
S6	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå
S7	Grå	Grøn	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå
S8	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå
S9	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå
S10	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå
S11	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå
S12	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå
S13	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grøn
S14	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grå	Grøn	Grå

OD-matrisen for lette kjøretøy ble estimert for alle sonepar som vist fra tabell 15. Her er noen celler i matrisen markert med grå farge. Det betyr at det ikke er mulig å reise mellom soneparne. Noen celler er markert grønne, og er gitt direkte fra registreringene, mens resten av cellene er hvite og behøver å bli estimert.

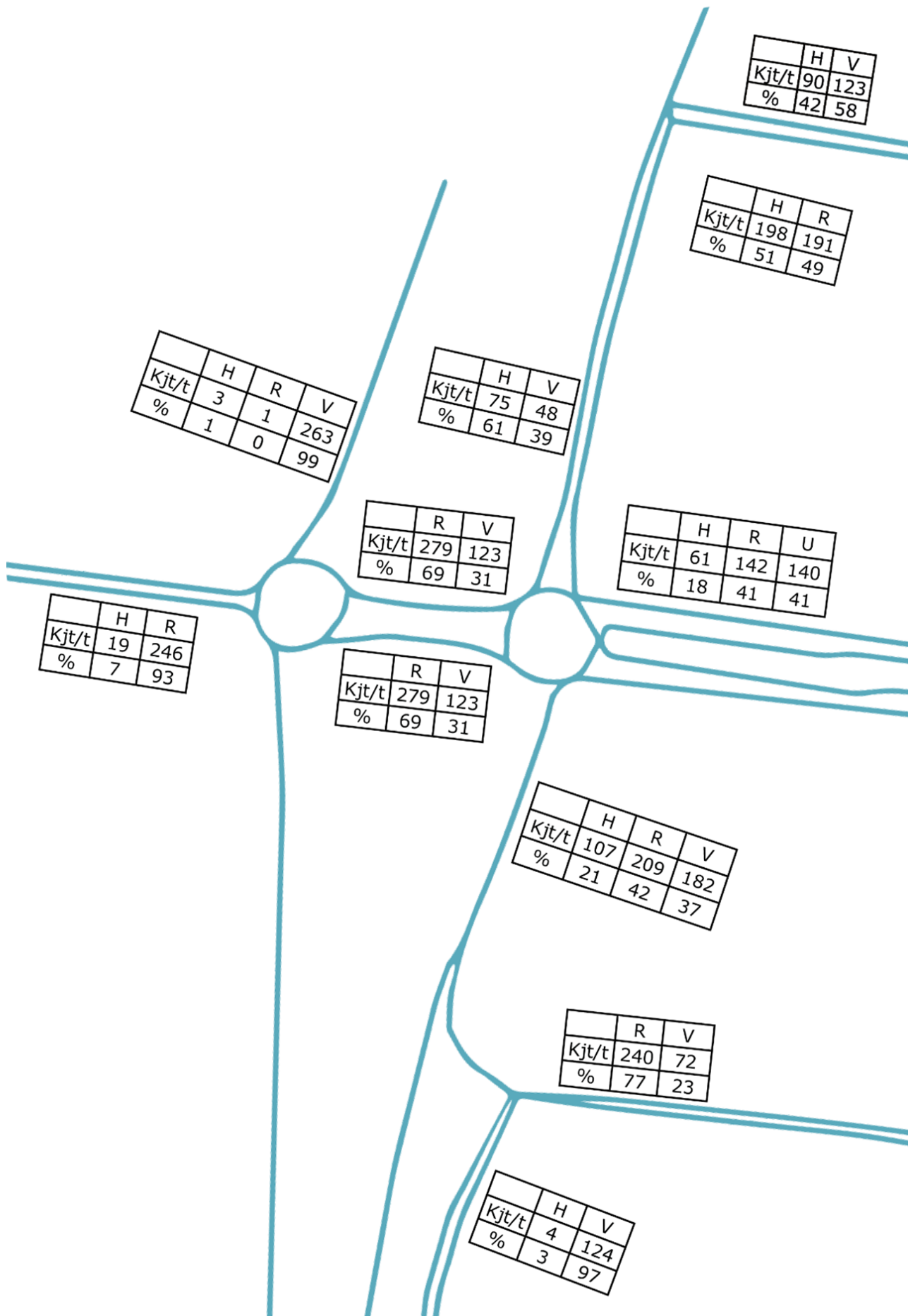
Fra tabell 15 kan du se at ingen kan reise til sentroidene S3 og S10. Det er, fordi de er koblet til envegsregulerte avkjøringsramper. Sentroidene kan dermed ikke attrahere kjøretøy. Heller ingen kjøretøy kan reise fra sentroidene S1 og S9, ettersom veglenkene som er koblet til sentroidene leder ut på E6 og er envegsregulerte. Alle soneinterne turer er også markert med grå farge. Det er en forenkling som gjør at ingen kjøretøy starter og ender turen sin i samme sentroide i modellen.

Fra OD-matrisen kan du se at åtte celler er markert grønne. Det betyr at for disse soneparne er antall turer for lette kjøretøy gitt direkte fra videoregistreringene.

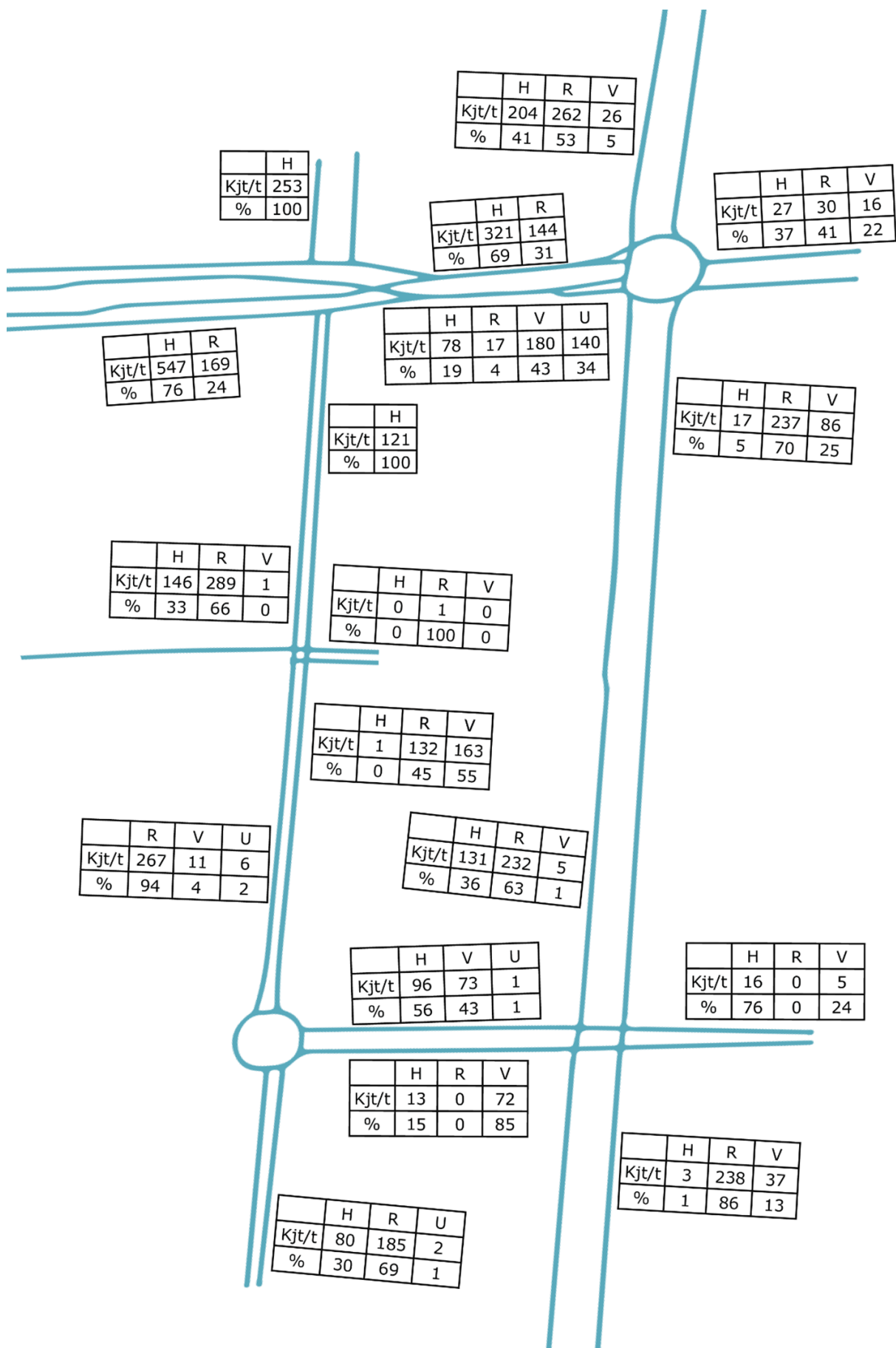
De hvite cellene i OD-matrisen blir estimert basert på antall registrerte kjøretøy

som kommer inn i studieområdet og svingeandelene i hvert enkelt kryss. Etter beregninger vil jeg kunne se hvor kjøretøyene har sin destinasjon fra alle sentroider trafikken ankommer modellen. Svingeandelene som ble registrert fra video kan du se på figur 111 og 112 i hvert enkelt kryss. Tabellene på figurene gjelder for den nærmeste veglenken, og er gitt før krysset i veglenkas kjøreretning.

Det er noen tall fra kryssregistreringene som sees bort ifra. Eksempelvis er ikke U-svingene i kryss nr. 8 tatt hensyn til, ettersom disse ikke har tilstrekkelig stort omfang. De utgjør bare en til to prosent av de totale svingeandelene. I kryss nr. 7 sees det bort ifra det ene kjøretøyet som ankommer modellen fra øst, ettersom dette kjøretøyet alene hadde krevd en ekstra sentroide i modellen. I kryss nr. 6 er det tre prosent av kjøretøyene som kommer fra sør, og kjører til høyre inn i en envegsregulert blindveg. Disse er også sett bort ifra, ettersom de krever en egen sentroide og deres avvikling vil ha lite å si for modellen.



Figur 111 viser kryssregistreringer for fire kryss vest i studieområdet. Her kan du se kjøretøy per time i makstimen, og hvor mange prosent de ulike svingebevegelsene utgjør. H betyr høyresving, R betyr rett frem, V betyr venstresving og U betyr U-sving.



Figur 112 viser kryssregistreringer for fem kryss øst i studieområdet. Her kan du se kjøretøy per time i makstimen, og hvor mange prosent de ulike svingebevegelsene utgjør. H betyr høyresving, R betyr rett frem, V betyr venstresving og U betyr U-sving.



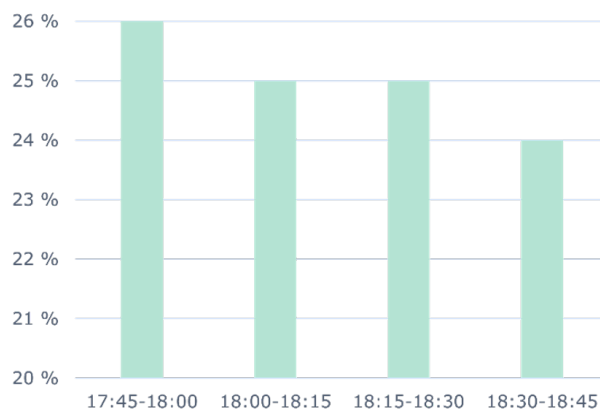
Sentroiden S8 ble lagt til modellen enda det ikke var noen kryssregistrering her. Den utgjør en forenkling for alle inn- og utkjøringer til og fra handleområdene langs Ivar Lykkes veg. Sentroiden var nødvendig for at trafikk skulle bevege seg langs Ivar lykkes veg mot Anne-Kath. Parows Veg. Dersom denne sentroiden ikke genererte trafikk med destinasjon i nord og attraherte trafikk fra sør ville det ikke vært trafikk langs vegen mellom kryss nr. 7 og kryss nr. 4 i nordlig retning. Som vi vet fra de manuelle tellingene stemmer ikke det, og jeg tilførte derfor etterspurt trafikkmengde til modellen.

Etter matriseestimering, kalibrering og validering får vi OD-matrisen som du kan se fra tabell 16. Her viser grå ruter ingen reiser mellom sonene, grønne ruter viser reiser mellom soner som er hentet direkte fra videoregistreringene, hvite ruter viser estimerte reiser mellom soner og blå ruter viser summerte antall turer for hver sentroide.

Denne matrisen kan man la være konstant gjennom hele simuleringen eller man kan variere den som i virkeligheten. Når jeg summerte antall svingebevegelser i hvert kvartersintervall fant jeg fordelingen som

vist på figur 113 for etterspørselen. Som du kan se reiser 26 prosent av kjøretøyene gjennom modellen det første kvarteret, 25 prosent i andre og tredje kvarter og 24 prosent i det siste kvarteret.

Fra Vegkart finner vi at tungbilandelen er omtrent 4 prosent på de aller fleste vegene i studieområdet (Vegkart, 2021). Vi antar derfor en matrise for tunge kjøretøy, som fire prosent av matrisen for lette kjøretøy. Matrisen er variert på samme måte som for lette kjøretøy gjennom simuleringsperioden på en time.



Figur 113 viser en fordeling for etterspørselen til lette kjøretøy i løpet av simuleringsperioden.

Tabell 16 viser estimert, kalibrert og validert OD-matrise for lette kjøretøy.

Til/Fra	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	Sum
S1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S2	4	0	0	5	22	140	26	24	17	0	5	97	149	3	492
S3	15	44	0	29	3	45	0	7	1	0	32	83	8	0	267
S4	90	15	0	0	47	0	2	0	19	0	10	25	5	0	213
S5	22	0	0	28	0	34	0	9	19	0	31	88	34	0	265
S6	57	0	0	22	65	0	0	0	27	0	22	56	4	0	253
S7	0	27	0	1	5	24	0	0	1	0	0	6	9	0	73
S8	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
S9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S10	18	16	0	11	20	12	2	0	22	0	0	20	13	0	134
S11	21	8	0	26	37	5	0	0	12	0	0	14	1	0	124
S12	69	0	0	95	47	18	2	34	0	0	0	2	0	0	267
S13	22	112	0	28	12	10	6	50	6	0	4	15	0	3	268
S14	0	9	0	0	2	4	1	0	0	0	0	0	5	0	21
Sum	318	331	0	245	260	292	39	124	124	0	104	406	228	6	2477

## 5.2.5 Kalibrering og validering

Ideelt sett bør man ha to uavhengige registrerte datasett for å gjennomføre både kalibrering og validering. Det ene skal kun benyttes til å kalibrere modellen, før det neste benyttes til å validere modellen. Jeg samlet ikke inn to ulike datasett for modellområdet, men har i stedet brukt mye tid på å validere modellen.

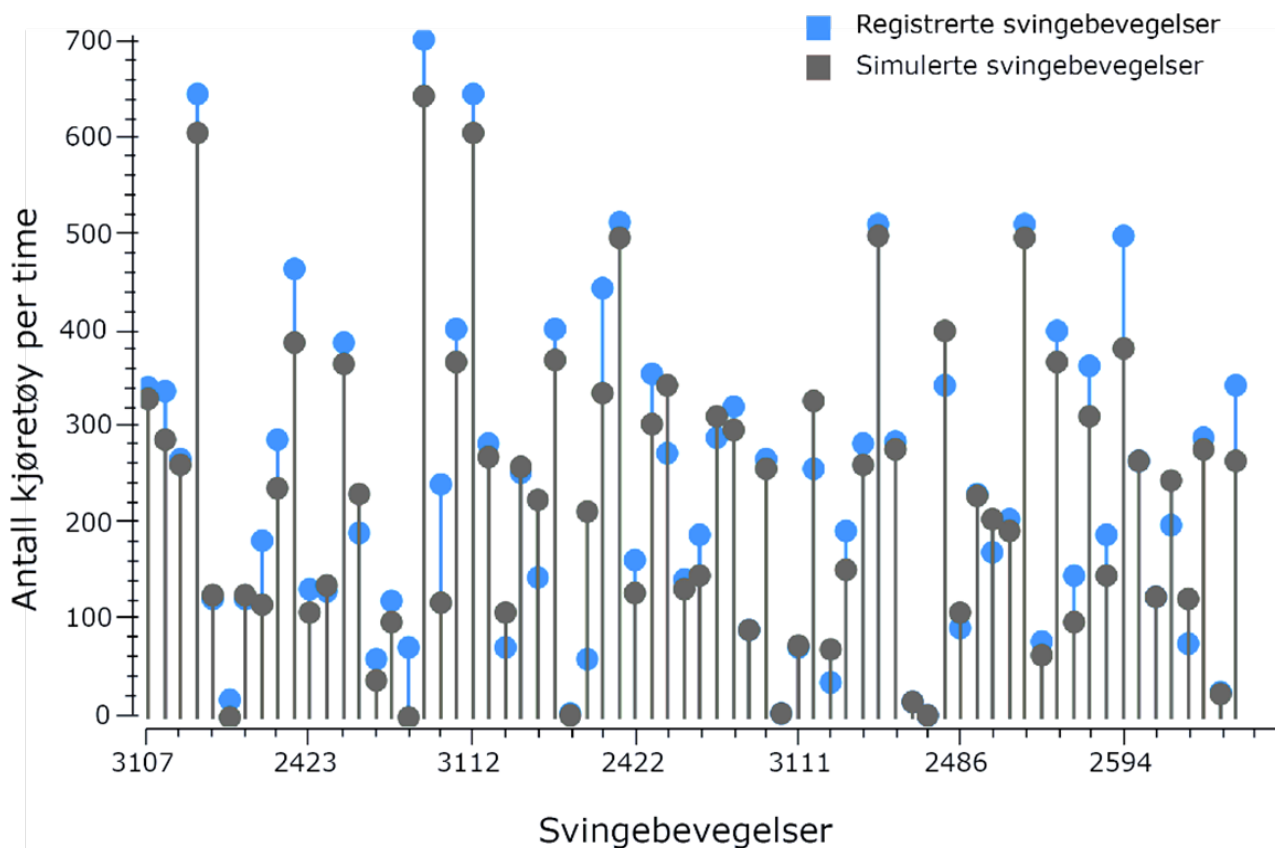
Ved validering har jeg benyttet fanen for gjennomsnittsreplikasjonen til basisscenarioet, der simulerte svingebevegelser sammenlignes med registrerte svingebevegelser. De registrerte svingebevegelsene er representert som et «real data set».

Dataene sammenlignes på tre måter: med et linjediagram, i en regresjonsanalyse og ved hjelp av GEH-verdi.

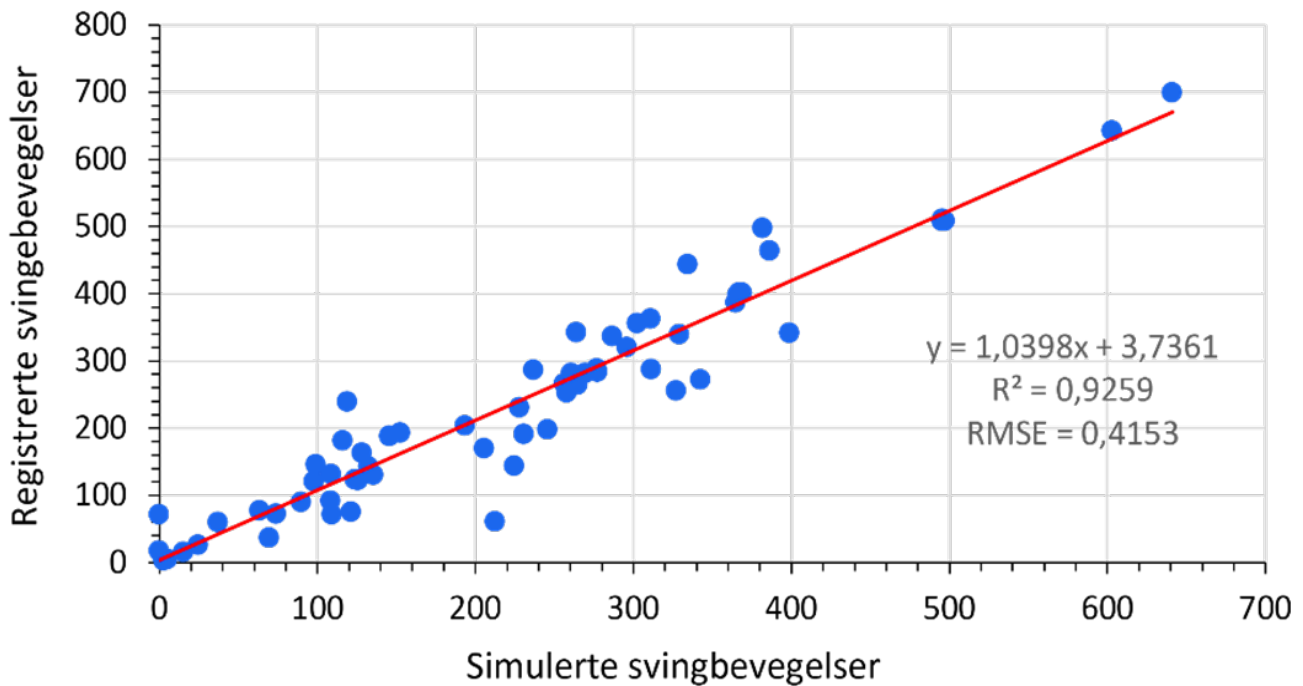
Figur 114 viser illustrativt hvor mange kjøretøy i løpet av simuleringsperioden på en time som foretar de ulike svingebeve-

gelsene i et linjediagram. Her er det lett å sammenligne registrerte antall svingebevegelser, vist med blå linje, med simulerte antall svingebevegelser, vist med sort linje. Når det ikke er stor avstand mellom de to linjene er det godt samsvar på en enkelt svingebevegelse. Jevnt over kan vi se at simuleringen underestimerer antall kjøretøy i modellen, ettersom blå linje er over sort linje for mange svingebevegelser. Det betyr at det er simulert færre svingebevegelser, enn det som er registrert i mange kryss. De aller fleste svingebevegelsene i diagrammet er nokså nære hverandre, noe som kan tyde på en god tilpasning.

Aimsun Next 20.0.2 gir også mulighet for å presentere samsvaret mellom registrerte og simulerte svingebevegelser i en regresjonsgraf, som vist på figur 115. Her kan du se at korrelasjonskoeffisienten,  $R^2$ , etter validering er på 0,93. Aimsun-veilederen for norske forhold anbefaler at den bør være på minst 0,95 for en liten nettverksmodell



Figur 114 illustrerer forskjell mellom registrerte svingebevegelser og simulerte svingebevegelser i modellen.



Figur 115 regresjonsanalyse mellom registrert antall svingbevegelser og simulert antall svingbevegelser.

(Asplan Viak, 2019). Så her er tilpasningen litt dårligere enn den burde vært.

Korrelasjonskoeffisienten beskriver hvor like to datasettene er. Med en korrelasjonskoeffisient lik 1 er datasettene helt like, mens med en korrelasjonskoeffisient lik 0 er datasettene helt ulike.

Variansen mellom simulerte- og registrerte svingbevegelser blir kalkulert til 0,4. På figur 115 er det den engelske forkortelsen RMSE som svarer til variansen. I Aimsun Next 20.0.2 kalkuleres varians som vist fra ligning (24) (Aimsun, 2020b).

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left( \frac{m_i - o_i}{o_i} \right)^2} \quad (24)$$

I formelen sammenlignes modellert trafikkvolum,  $m$ , med observert trafikkvolum,  $o$ .  $N$  er totalt antall svingbevegelser som sammenlignes. Hvis variansen er liten og helst lik 0 er det godt samsvar mellom modellert og observert trafikkvolum, derimot hvis variansen er lik 1 er det ingen samsvar (Aimsun, 2020b).

GEH-verdi er en empirisk størrelse som kan brukes til å sammenligne trafikkvolum i simuleringsmodeller. Aimsun Next 20.0.2 har en innebygd funksjon som kalkulerer en GEH-verdi for alle svingbevegelser i alle kryss det finnes registrerte data for i «real data set». Trafikkvolumet er gitt som kjøretøy per time, og formelen kan sees fra ligning (25) (Aimsun, 2020b).

$$GEH = \sqrt{\frac{2 \cdot (m - o)^2}{m + o}} \quad (25)$$

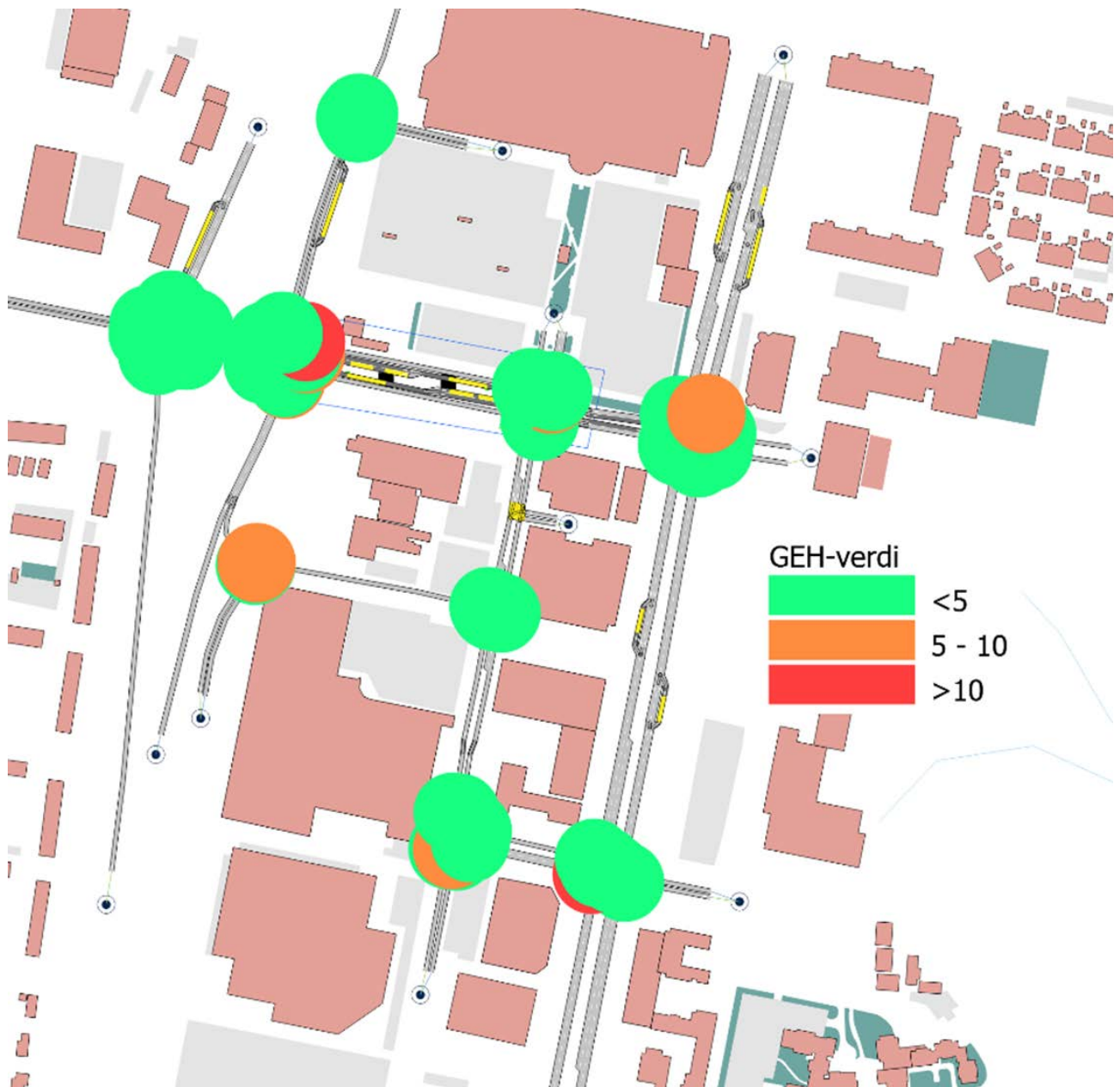
I formelen sammenlignes modellert trafikkvolum,  $m$ , med observert trafikkvolum,  $o$ . En GEH-verdi som er mindre enn 5 beskriver godt samsvar mellom datasettene, en GEH-verdi mellom 5 og 10 reflekterer mindre godt samsvar, mens en GEH-verdi større enn 10 beskriver dårlig samsvar mellom modellert og observert trafikkvolum (Aimsun, 2020b).

Figur 116 viser illustrativt hvor GEH-verdiene for svingbevegelesene i modellen er mindre enn 5, mellom 5 og 10 og større enn 10. Totalt har kun 8 av 69 svingbevegelser GEH-verdi større enn 5, som tilsvar-

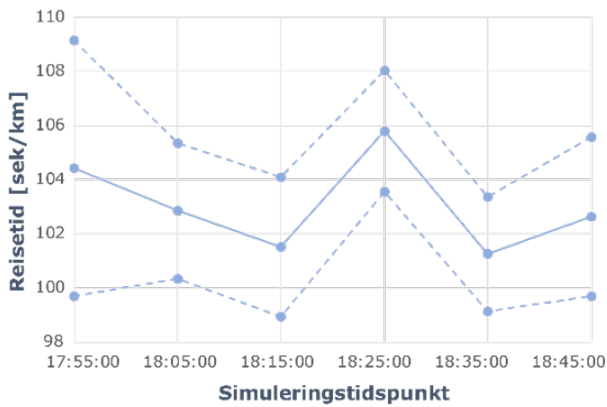


er en prosentandel på 12 prosent. Samtidig har kun 2 svingebevegelser høyere GEH-verdi enn 10, som tilsvarer 3 prosent. Det betyr at modellen møter kravene til Aimsun-veilederen for liten nettverksmod-

ell, der 85 prosent av registreringspunktene må ha GEH-verdi mindre enn 5 og 95 prosent av registreringspunktene må ha GEH-verdi mindre enn 10 (Asplan Viak, 2019).



Figur 116 viser GEH-verdi for modellens svingebevegelser.

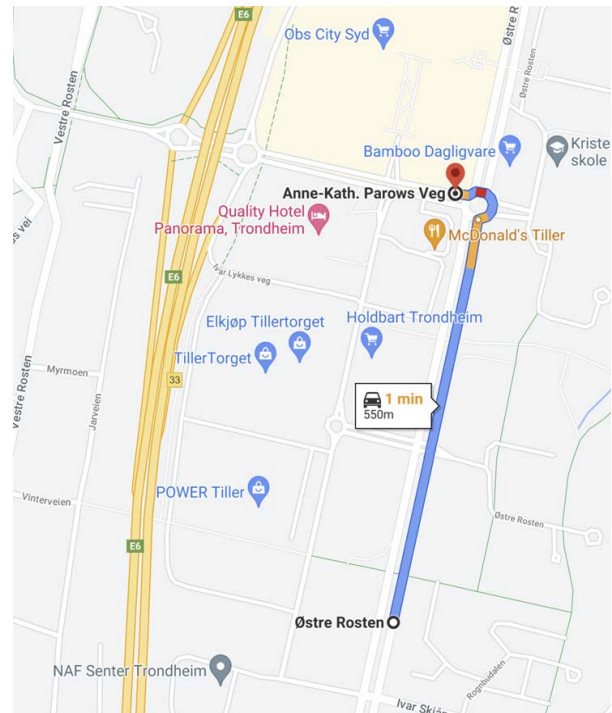


Figur 119 viser reisetid for alle motoriserte kjøretøy i modellen i basisscenarioet for 2021.

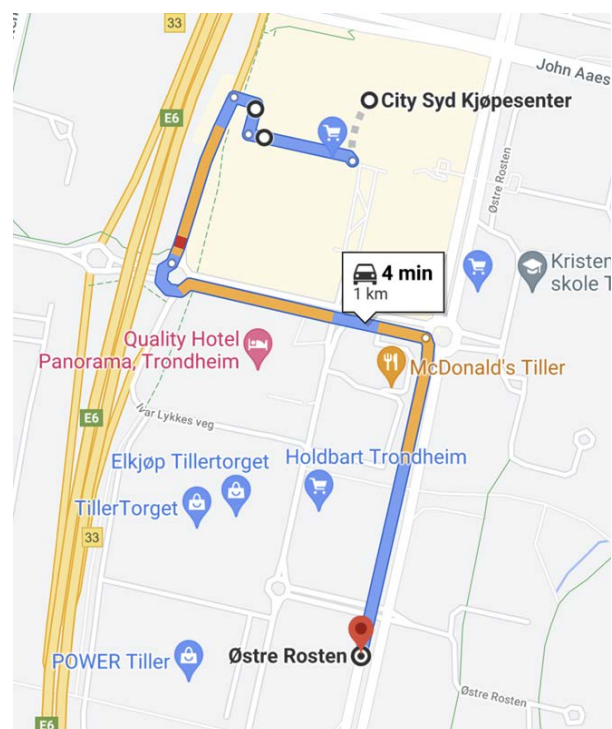
Reisetiden i modellen varierer på mellom 99 og 109 sekunder per km, som du kan se fra figur 119 for alle motoriserte kjøretøy. Det betyr at dersom et kjøretøy ønsker å reise 1 km vil det være gjennomførbart med en gjennomsnittlig hastighet på rundt 35 km/t. Med motoriserte kjøretøy menes lette kjøretøy, tunge kjøretøy og busser.

Årsaken til at det er en økning i reisetid klokka 18:25 på grafen er blant annet på grunn av lang reguleringstid på omtrent 20 minutter for busslinje 72 ved Tillerterminalen 2. Tilsvarende er det nedgang i reisetid klokka 18:15 og 18:35, fordi ingen busser har oppholdstid ved en holdeplass på simuleringstidspunktene. I tillegg kan du se fra grafen at reisetiden starter høyt og går nedover i løpet av simuleringen. Det er, fordi antall kjøretøy i modellen avtar i løpet av simuleringstidspunktene grunnet prosentandelene jeg har gitt etterspørselen i modellen for lette og tunge kjøretøy.

Som du kan se fra figur 117 stemmer reisetiden i modellområdet veldig bra med simulert reisetid langs Østre Rosten ved simuleringstidspunktet. Her kan du se at reisetiden er 109 sekunder per kilometer ved klokka 18:05. At reell reisetid passer bra med simulert reisetid gjelder likevel ikke for alle mulige reiser, og et eksempel på at simulert reisetid passer mindre bra kan sees på figur 118. Her er reisetiden 240 sekunder per kilometer ifølge Google Maps. Det er over en dobling i reisetid.



Figur 117 viser reisetid lik 109 sekunder per kilometer, 28.01.2021 klokka 18.05 (Google Maps, 04.05.2021).



Figur 118 viser reisetid lik 240 sekunder per kilometer, 28.01.2021 klokka 18.05 (Google Maps, 04.05.2021).

Med andre ord er det ganske stor variasjon i Google Maps sin beregning av reisetid på ulike turer innenfor studieområdet, og ettersom jeg ikke er helt sikker på bakgrunnen for tallene velger jeg å gå videre med modellen slik den er.

## 5.2.6 Scenarier

Det vil bli simulert to scenarier i tillegg til basisscenarioet som beskriver forventede trafikkmengder for 2030 og 2050. Scenariene har som mål å kunne si noe om forsinkelser i nettverket som følge av trafikkvekst. Utgangsåret er som nevnt tidligere 2021, så eventuell trafikkvekst vil finne sted over 9 og 29 år. Framskrivningen er gjort i henhold til grunnprognoser utarbeidet av Transportøkonomisk institutt (TØI, 2019).

Som en del av arbeidet med Nasjonal transportplan 2022-2033 har Transportøkonomisk institutt utarbeidet grunnprognoser på fylkesnivå som sier noe om veksten i både persontransport og godstransport mot 2030 og 2050. Tallene er utarbeidet ved hjelp av nasjonal modell for persontransport (NTM6), regional persontransportmodell (RTM) og nasjonal godsmodell (NGM). Veksten som fremkommer av transportmodellberegningene er for en situasjon, der det ikke innføres noen tiltak for å påvirke transportetterspørselen (TØI, 2019).

Noen av resultatene fra rapporten er blant annet at økningen for persontransport vil være størst for reiser med bil og kollektivtransport, en gjennomsnittsperson vil reise færre turer i 2050 enn de gjør i dag og generelt vil turene som gjennomføres være lengre i fremtiden enn de er i dag. Når det kommer til gods, vil det være størst økning i vegtransport. Fra 2018 til 2050 vil godstransport på veg ha opplevd en økning nasjonalt på 84 prosent (TØI, 2019).

I rapporten kommer det frem at beregnet årlig endring i trafikkarbeid for personbil

i Sør-Trøndelag for korte og lange turer er 1,39 prosent mellom år 2018 og 2030, mens mellom 2030 og 2050 er det samme tallet 1,07 prosent (TØI, 2019).

Rapporten tar også for seg vekst i godstransport på veg for perioden 2018 til 2050. For Sør-Trøndelag finner jeg den årlige veksten til å være 2,09 prosent i perioden fra 2018 til 2030 og 1,54 prosent i perioden 2030 til 2050. Årlig vekst i godstransport er dermed ganske mye høyere enn årlig vekst i personbiltransport (TØI, 2019).

For kollektivtransport finnes det ingen fylkesprognose for trafikal vekst. Derfor bruker blir de nasjonale tallene for busstransport brukt. De sier at veksten for kollektivtransport vil være 0,5 prosent mellom 2018 og 2030 og 0,42 prosent mellom 2030 og 2050. Tallene gjelder for både korte og lange turer (TØI, 2019).

Ved framskrivning benyttes formelen fra ligning (26) (Statens vegvesen, 2014d).

$$K_n = K_0 \cdot (1 + p)^n \quad (26)$$

$K_0$  er trafikkmengde før framskrivning,  $p$  er vekst i prosent over tidsperioden,  $n$  er antall år og  $K_n$  er den fremskrevne trafikkmengden etter  $n$  år (Statens vegvesen, 2014d).

Tabell 17 viser prosentvis vekst for fremtidsscenarioene i 2030 og 2050 for personbiltransport, kollektivtransport og godstransport på veg.

Vekst fra basisår 2021 [%]	2030	2050
Personbiltransport	13	37
Godstransport på veg	20	56
Kollektivtransport	5	13

Som du kan se fra tabell 17 er det størst prosentvis økning i andelen tunge kjøretøy i de to scenariene, etterfulgt av personbiltransport og kollektivtransport. OD-matrisene for lette og tunge kjøretøy vil bli gitt vekst tilsvarende det



som står i tabellen, mens økningen for kollektivtransport blir gitt i OD-matrisene og ved prosentvis endring i antall av- og påstigninger for hver busslinje.

## 5.3 Begrensninger

Denne masteroppgaven har begrensninger som både er knyttet til tidsrammen for prosjektet, og den pågående koronasituasjonen hele verden har vært preget av det siste året.

Siden masteroppgaven skal gjennomføres i løpet av 20 uker, som tilsvarer 800 arbeidstimer, må undersøkelsene begrenses. I løpet av perioden skal jeg ha samlet inn data, analysert data, lagd en simuleringssmodell, simulert ulike scenarier, tatt ut resultater og skrevet en masteroppgave.

For å gjøre arbeidet overkommelig har studieområdet blitt avgrenset. Størrelsen på studieområdet stod jeg fritt til å bestemme selv, og på den måten også definere forventet arbeidsmengde. Et stort studieområde betyr generelt mer arbeid, enn et mindre studieområde.

Metoden i denne oppgaven består av et litteratursøk, en spørreundersøkelse, videoregistreringer og automatiske passasjertellinger fra AtB.

Litteratursøket er begrenset gjennom brukte søkeord og databaser, samt min kapasitet til å lese forskningsartikler. Å lese forskningsartikler er tidkrevende, og det finnes alltid flere treff og ny informasjon man kan tilegne seg.

Spørreundersøkelsen ble gjennomført over en avgrenset tidsperiode, og respondene hadde egenskaper som for eksempel kjønn, alder, om de reiser med kollektivtransport osv. som jeg i liten grad kunne påvirke. I spørreundersøkelsen ble det stilt et begrenset antall spørsmål med utvalgte svaralternativer. Det betyr at jeg ikke fikk svar på på forhold som ikke ble spurt om. For å begrense effekten av dette ble det

opprettet en rekke fritekstfelt, der respondene kunne velge å skrive en egen tekst.

For gjennomføring av videoregistreringene hadde jeg kun tilgjengelig fire kameraer. Det betyr at studieområdet kun kunne bli filmet fire steder samtidig. Studieområdet bestod av ni kryss og et kollektivknutepunkt, og derfor måtte dataene samles inn på ulike dager. På grunn av det vil en del trafikk tall «ikke passe sammen».

Videoregistreringene ble gjennomført i januar og februar i en periode med lave temperaturer og mange restriksjoner knyttet til koronasituasjonen. Eksempelvis var det påbud om bruk av munnbind på kollektivtransport, anbefaling om bruk av munnbind på handlesentrene og anbefaling om hjemmekontor. Befolkningen har også blitt rådet til å unngå og bruke kollektivtransport. Med bakgrunn i dette vil registrert trafikk ikke være representativ for en normalsituasjon. Man kan forvente at registrert trafikk totalt sett vil være lavere enn normalt, og at kollektivtransport har hatt størst reduksjon.

Data for de automatiske passasjertellingene fra AtB, brukt i denne masteroppgaven, er gitt for en periode på fire måneder og gjelder kun Tillerterminalen. Her kunne nok både tidsperioden blitt forlenget og data for flere holdeplasser blitt inkludert, om jeg hadde etterspurt det.

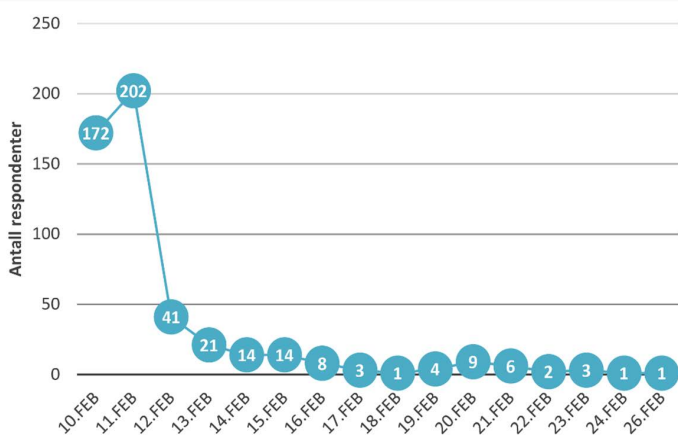
I mikrosimuleringsmodellen for studieområdet er det gjort en rekke antagelser, og mer om begrensningene knyttet til denne vil bli beskrevet i kapittel 7.2 Er det mulig å lage en realistisk mikrosimuleringsmodell for området ved Tillerterminalen i 2021.



## 6. Resultat

### 6.1 Spørreundersøkelse

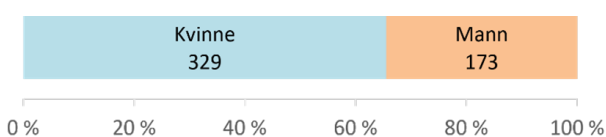
Spørreundersøkelsen var åpen og mottok svar fra respondenter mellom 10. februar og 4. mars 2021, men som du kan se fra figur 120 kom det ikke inn flere besvarelser etter 26. februar. Til sammen var det 502 respondenter over 18 år som svarte på spørreundersøkelsen, og deres svar jobbes videre med. De fleste respondentene besvarte spørreundersøkelsen i løpet av de to første dagene den var tilgjengelig.



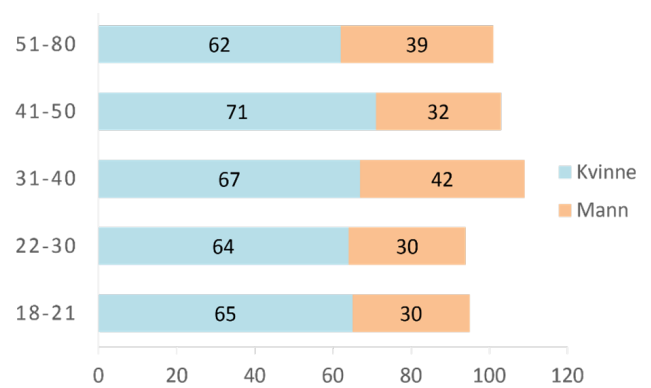
Figur 120 viser en oversikt over hvor mange respondenter som besvarte spørreundersøkelsen i løpet av en tidsperiode fra 10. februar til 4. mars.

#### 6.1.1 Bakgrunnsspørsmål

Bakgrunnsspørsmålene er spørsmål som alle respondenter må svare på for å komme videre i spørreundersøkelsen. Her blir respondenten spurt om alder og kjønn. Fra figur 121 kan du se at omtrent to tredjedeler av respondentene var kvinner, og kun omtrent en tredjedel var menn. Totalt besvarte 329 kvinner og 173 menn spørreundersøkelsen.



Figur 121 viser kjønnsfordelingen blant respondentene.



Figur 122 viser fem aldersgrupper med omtrent like mange respondenter. Tallene langs X-aksen viser antall respondenter i absolutte tall.

Videre defineres fem aldersgrupper som er nesten like store i antall respondenter. Disse er vist på figur 122. Totalt er det 95 respondenter i aldersgruppen 18-21, 94 respondenter i aldersgruppen 22-30, 109 respondenter i aldersgruppen 31-40, 103 respondenter i aldersgruppen 41-50 og 101 respondenter i aldersgruppen 51-80 år. Fra figur 122 kan vi også se at utvalget representerer i stor grad den unge delen av befolkningen. Der omtrent 40 prosent av respondentene er under 30 år, og nesten 80 prosent er under 50 år.

#### 6.1.2 Generelle spørsmål om kollektivtransport i Trondheim

De generelle spørsmålene er til for å kartlegge om respondentene benytter kollektivtransport i Trondheim, og eventuelt hvorfor ikke. I tillegg ønsker jeg å finne ut om det er noen faktorer med reisen som er spesielt viktige for de som velger å reise med buss i Trondheim.

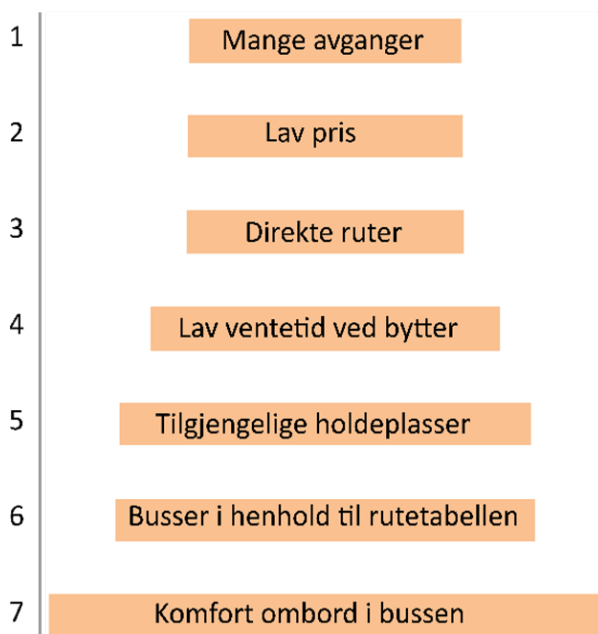
Av 502 respondenter svarer totalt 470 at de har reist med buss i Trondheim, mens 32 svarer at de ikke har gjort det. Som du kan se fra figur 124 og 125 starter X-aksen på henholdsvis 80% og 85%. Det er for å gjøre andelene som svarer at de ikke reiser med buss i Trondheim synlige. Som man kan se svarer de aller fleste at de har reist



med buss før. På det meste svarer omtrent 10 prosent, for noen aldersgrupper, at de ikke reiser med buss i Trondheim. Det er ingen av respondentene i alderen 18-21 som ikke har reist med buss i Trondheim. Kun 2 respondenter av begge kjønn i alderen 22-30 svarer at de ikke reiser med buss. Det er flest som svarer at de ikke har reist med buss i alderen 31-40 år for begge kjønn. Fem kvinner i aldergruppe 41-50 og 51-80 år svarer at de ikke har reist med buss i Trondheim, og tre menn i alderen 41-50 og 51-80 år svarer det samme.

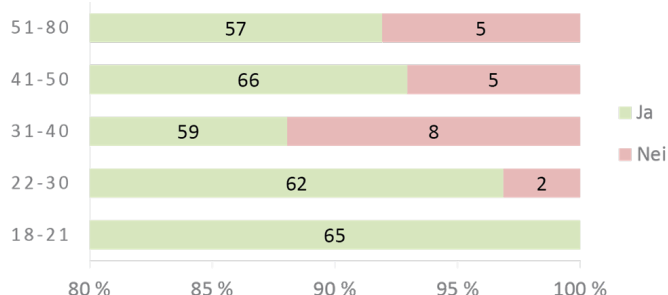
470 respondenter ble bedt om å rangere faktorer som påvirker etterspørselen etter kollektivtransport. Som man kan se fra figur 123 og tabell 18 er det tre faktorer som i gjennomsnitt ble sett på som nesten like viktige av respondentene. Disse var mange avganger i timen, lav pris og direkte ruter. Deretter kom lav ventetid ved bytter, tilgjengelige holdeplasser,

### Hva er viktig for deg når du velger å reise med buss i Trondheim?



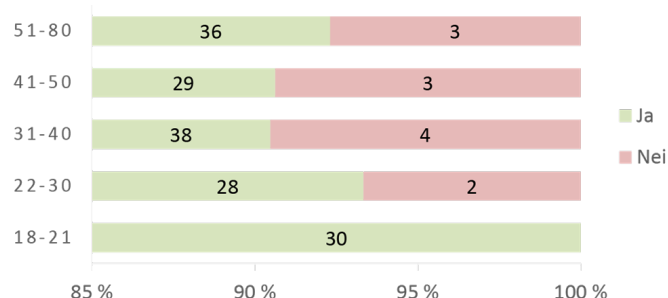
Figur 123 viser vektet gjennomsnittlig rangering av syv foreslåtte faktorer som ifølge litteraturen ansees som viktige for etterspørselen etter kollektivtransport. Faktoren rangert som nr. 1 er viktigst, mens faktoren rangert som nr. 7 er minst viktig.

### Kvinner svarer på om de noen gang reiser med buss i Trondheim



Figur 124 viser en oversikt over kvinner som svarer på om de noen gang reiser med buss i Trondheim.

### Menn svarer på om de noen gang reiser med buss i Trondheim



Figur 125 viser en oversikt over menn som svarer på om de noen gang reiser med buss i Trondheim.

busser som ankommer holdeplass i henholdt til rutetabellen og komfort om bord i bussen. Grunnen til at dette spørsmålet ble stilt som et rangeringsspørsmål er, fordi alle alternativene er viktige og jeg ønsket å finne ut hva som var viktigst for Trondheims kollektivtrafikanter.

Fra tabell 18 kan vi se at det er flere som har rangert lav pris som nr. 1 og 2, enn det er som har rangert direkte ruter og mange avganger i timen på de samme plassene. Det er også flere som har rangert direkte ruter som nr. 1 og 2 i sine lister enn det er som rangerer mange avganger i timen på samme sted. Direkte ruter er også den faktoren en tredjedel av respondentene synes er viktigst av de 7 alternativene.

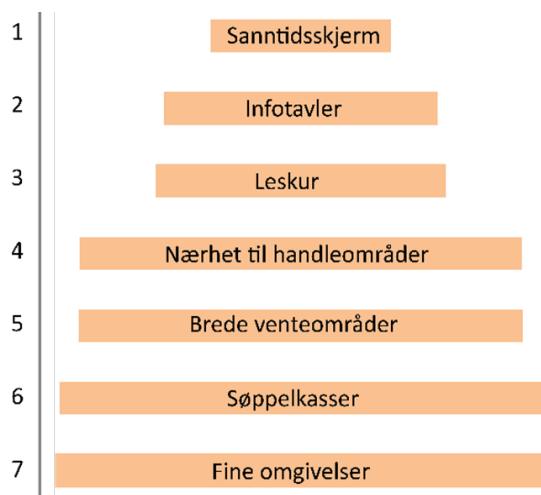
Tabell 18 viser resultat fra rangeringsspørsmålet med syv faktorer. For hver faktor er det oppgitt hvor mange ganger den er rangert som nr. 1, 2, 3, 4, 5, 6 og 7. Det er også kalkulert et vektet gjennomsnitt som er tallet figur 123 bygger på. Tallet 1 indikerer faktoren som respondentene synes er viktigst og tallet 7 minst viktig.

Faktor	1	2	3	4	5	6	7	Vektet gjennomsnitt
<b>Mange avganger i timen</b>	15.96% 75	28.30% 133	25.11% 118	13.19% 62	8.72% 41	6.38% 30	2.34% 11	2,99
<b>Lav pris</b>	30.85% 145	21.06% 99	12.13% 57	9.79% 46	10.64% 50	9.15% 43	6.38% 30	3,01
<b>Direkte ruter</b>	33.19% 156	13.83% 65	10.43% 49	17.66% 83	10.43% 49	10.21% 48	4.26% 20	3,06
<b>Lav ventetid ved bytte av buss</b>	4.68% 22	15.53% 73	22.55% 106	25.74% 121	16.17% 76	11.49% 54	3.83% 18	3,83
<b>Tilgjengelige holdeplasser</b>	7.45% 35	8.51% 40	12.55% 59	16.81% 79	19.15% 90	24.89% 117	10.64% 50	4,49
<b>Bussen kommer i henhold til rutetabellen</b>	7.23% 34	11.06% 52	15.32% 72	12.34% 58	13.62% 64	17.87% 84	22.55% 106	4,58
<b>Komfort om bord i bussen</b>	0.64% 3	1.7% 8	1.91% 9	4.47% 21	21.28% 100	20.00% 94	50.00% 235	6,04

Det vil være lite hensiktsmessig å se på hvilke faktorer som har blitt rangert lavest, ettersom alle faktorene er viktige. Det kan også være vanskelig for mange å rangere alle syv faktorene, og det kan dermed være veldig tilfeldig hvilke som havner på plass nr. 5, 6 og 7.

470 respondenter ble også spurt om å rangere syv faktorer som ansees som viktige ved bussholdeplasser. Som man kan se fra figur 126 og tabell 19 er det særlig en funksjon ved Trondheims holdeplasser som oppleves viktigere enn alle de andre: nemlig sanntidsinformasjonsskjermer. Denne faktoren har omtrent halvparten av respondentene rangert som nr. 1. Deretter viser det vektete gjennomsnittet at oppslagstavler med informasjon om rutetilbudet ved holdeplassene er viktig, etterfulgt av leskur, nærhet til handleområder, brede venteområder med god plass for venting, søppelkasser og fine omgivelser. Leskur blir rangert som nr. 1 av 22 prosent av respon-

### Hva er viktig for deg ved Trondheims bussholdeplasser?



Figur 126 viser vektet gjennomsnittlig rangering av syv foreslåtte faktorer som ansees som viktige ved bussholdeplasser i henhold til litteraturen. Faktoren rangert som nr. 1 er viktigst, mens faktoren rangert som nr. 7 er minst viktig.

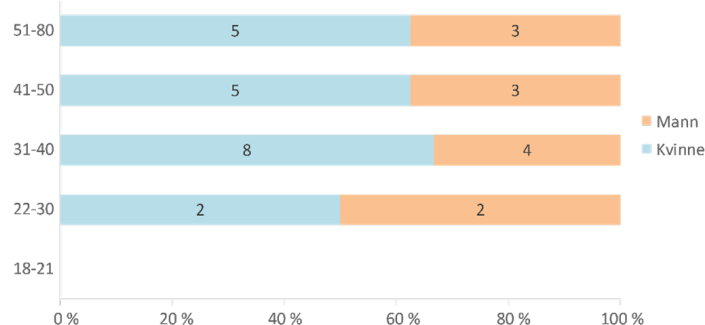
Tabell 19 viser resultat fra rangeringsspørsmålet med syv faktorer. Her er tallet 1 viktigst og tallet 7 minst viktig. For hver faktor er det oppgitt hvor mange ganger den er rangert som nr. 1, 2, 3, 4, 5, 6 og 7. Det er også kalkulert et vektet gjennomsnitt som er tallet figur 126 bygger på. Tallet 1 indikerer faktoren som respondentene synes er viktigst og tallet 7 minst viktig.

Faktor	1	2	3	4	5	6	7	Vektet gjennomsnitt
<b>Sanntidsskjermer som viser hvor lenge det er til din avgang</b>	49,15% 231	24,47% 115	14,89% 70	8,94% 42	1,49% 7	0,43% 2	0,64% 3	1,93
<b>Oppslagstavler med informasjon om rutetilbudet ved holdeplassene</b>	16,81% 79	28,51% 134	25,74% 121	12,77% 60	7,66% 36	5,11% 24	3,40% 16	2,95
<b>Leskur</b>	22,13% 104	22,98% 108	20,85% 98	9,79% 46	6,60% 31	14,47% 68	3,19% 15	3,12
<b>Nærhet til handleområder</b>	4,68% 22	3,19% 15	8,72% 41	24,47% 115	25,11% 118	23,19% 109	10,64% 50	4,74
<b>Brede venteområder med god plass for venting</b>	3,40% 16	3,83% 18	12,55% 59	18,09% 85	29,57% 139	21,28% 100	11,28% 53	4,76
<b>Søppelkasser</b>	1,70% 8	3,83% 18	12,55% 59	17,45% 82	16,60% 78	16,60% 78	31,28% 147	5,18
<b>Fine omgivelser</b>	2,13% 10	13,19% 62	4,68% 22	8,51% 40	12,98% 61	18,94% 89	39,57% 186	5,32

dentene, mens oppslagstavler kun har blitt rangert som nr. 1 av 17 prosent.

Det var også mulig å skrive inn andre viktige faktorer for respondentene, men dette var valgfritt. Totalt benyttet 148 respondenter seg av denne muligheten. 49 av disse tar opp at de opplever det problematisk med bussbytte, og at synkroniserte busslinjer er ønskelig. 18 nevner også at de ønsker sitteplass ved venting for ombordstigning av bussene. Det blir også nevnt at det er trangt om bord i bussene ved rushtidsperioder.

32 respondenter oppgir at de ikke reiser med buss i Trondheim. Som vist på figur 127 er de flest som svarer at de ikke reiser med buss i Trondheim i alderen 31-40 år. Deretter er det like mange som svarer at de ikke reiser med buss i alderen 41-50 år og 51-80 år. Det er færrest unge som svarer at de ikke reiser med buss i Trondheim. I alderen 18-21 år er det ingen respondenter som ikke har reist med buss, og i



Figur 127 viser kjønn- og aldersfordeling blant dem som ikke reiser med buss i Trondheim.

alderen 22-30 år er det kun fire som svarer at de ikke har reist med buss i Trondheim. Sistnevnte er under halvparten av antallet i de to eldste alderskategoriene og kun en tredjedel av antallet i aldersgruppen 31-40 år.

De 32 respondentene som oppgir at de ikke reiser med buss i Trondheim ble også spurt om årsaken til det. Der fikk de mulighet til å velge mellom 13 alternativer, og krysse

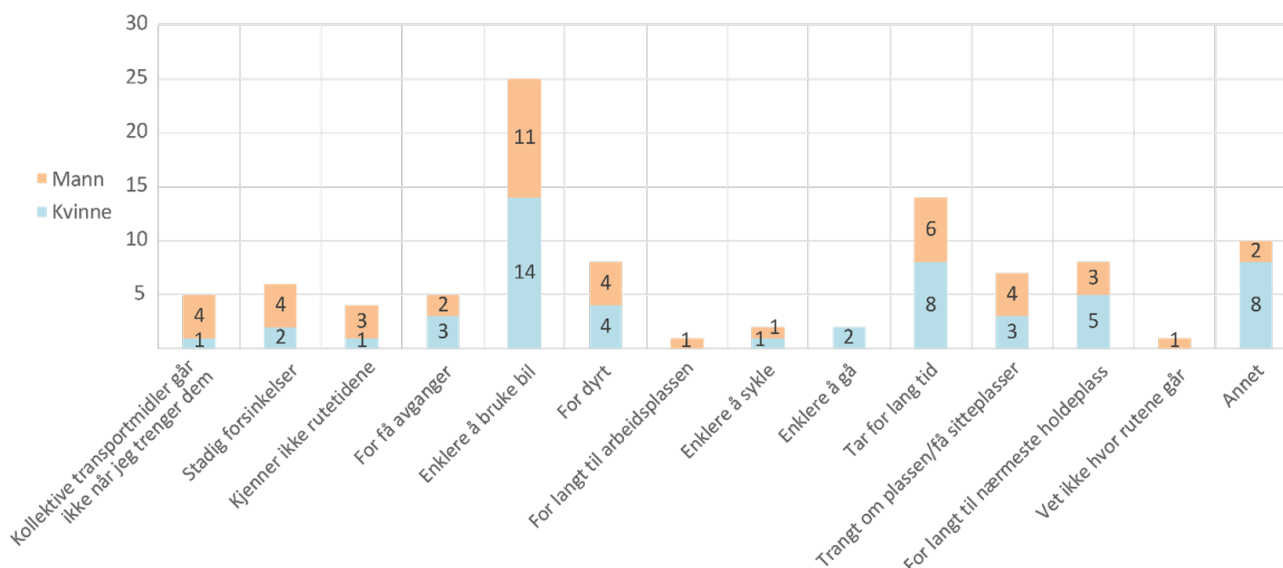


av for alle som passet. Resultatet kan du se på figur 128. 78 prosent av respondentene oppgir at det er «enklere å bruke bil», og 43 prosent oppgir at det «tar for lang tid» å reise med kollektivtransport.

Det var også mulig å svare annet på spørsmålet om hva som var årsaken til at de ikke reiser med kollektivtransport. Da fikk de selv mulighet til å formulere en forklaring. Denne muligheten benyttet 31 prosent seg av. Det som går igjen blant forklaringene er at respondentene ønsker å reise uten de uunngåelige bussbyttene.

Dette er faktisk en så viktig årsak at den er nevnt seks av ti ganger. Her er det både de som beskriver at de «ikke har helse til alle byttene», og andre som synes det er såpass problematisk at de «kuttet ut månedskortet straks AtB innførte bussbytte» på de rutene de ellers ville benyttet seg av. En respondent svarer også at hun «kjenner flere som har kjøpt nye biler på grunn av at busstilbudet ble dårligere». Andre årsaker som trekkes frem er at det noen steder er for få avganger eller at det ikke går buss nært nok deres bolig til at det er et relevant reisemiddelalternativ.

### Hva er årsaken til at du ikke reiser med buss i Trondheim?

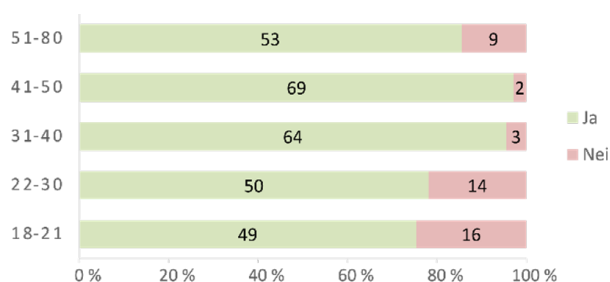


Figur 128 viser begrunnelser for at respondenter ikke velger å reise med buss.

### 6.1.3 Spørsmål om bruk av Tillerterminalen

Denne delen har spørsmål som dreier seg om Tillerterminalen. Alle respondenter må svare på om de kjenner til Tillerterminalen. De som kjenner til Tillerterminalen for så spørsmål om de har reist til eller fra kollektivknutepunktet. De som svarer ja, får spørsmål om hva som var formålet med reisen og hvilke reisemiddel de benyttet. De som nevner at de har reist med buss får spørsmål om hvilke busslinjer de har reist med og om de har byttet buss ved

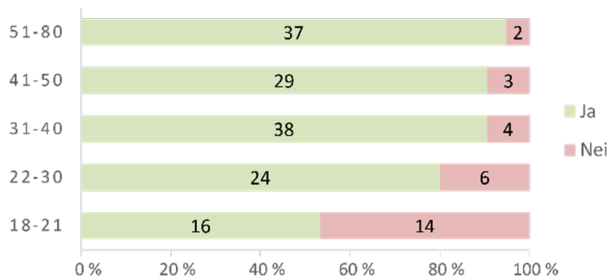
### Kvinner svarer på om de kjenner til Tillerterminalen



Figur 129 viser en oversikt over kvinner som svarer på om de kjenner til Tillerterminalen.

Tillerterminalen. Hvis de også svarer ja på sistnevnte får de spørsmål om hvilke buslinjer de byttet mellom. Alle som svarer at de har reist til eller fra Tillerterminalen med minst en av følgende reisemidler: buss, sykkel eller gange, får mulighet til å tegne inn sin vanligste gang- eller sykkelrute på et kart.

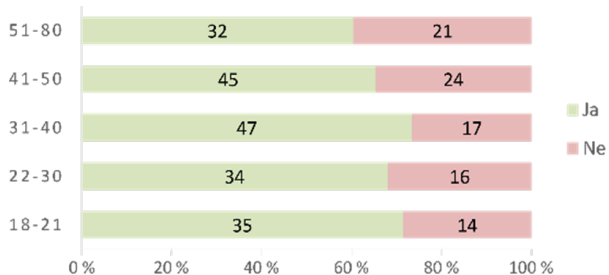
### Menn svarer på om de kjenner til Tillerterminalen



Figur 130 viser en oversikt over menn som svarer på om de kjenner til Tillerterminalen.

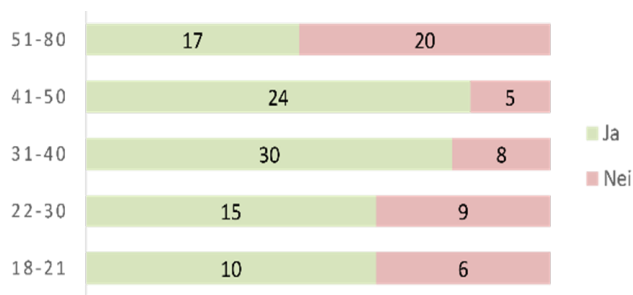
502 respondenter ble spurt om de kjenner til Tillerterminalen. Totalt svarer 429 av disse ja, mens 73 svarer nei. Fra figur 129 og 130 kan du se en oversikt over kvinner og menn som svarer på om de kjenner til Tillerterminalen. Det kommer frem en tendens blant de yngste, nemlig at ganske mange ikke kjenner til kollektivknutepunktet. For menn i alderen 18-21 år er det kun litt over halvparten som kjenner til Tillerterminalen.

### Kvinner svarer på om de har reist til eller fra Tillerterminalen



Figur 131 viser en oversikt over kvinner som svarer på om de har reist til eller fra Tillerterminalen.

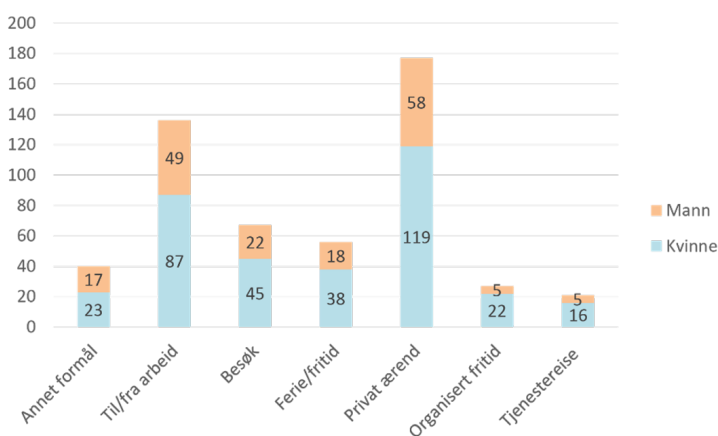
### Menn svarer på om de har reist til eller fra Tillerterminalen



Figur 132 viser en oversikt over menn som svarer på om de har reist til eller fra Tillerterminalen.

De 429 respondentene som kjente til Tillerterminalen ble videre spurt om de hadde reist til eller fra Tillerterminalen. Totalt svarte 289 ja på spørsmålet, mens 140 svarte nei. Som du kan se fra figur 131 og 132 er det omtrent en tredjedel av respondentene som ikke har reist til eller fra Tillerterminalen, enda de har hørt om kollektivknutepunktet. Andelen menn som ikke har reist til eller fra Tillerterminalen er høyere enn andelen kvinner. Det er flest respondenter i aldersgruppen 51-80 år blant både menn og kvinner som opplyser om at de ikke har reist til eller fra Tillerterminalen.

### Hva var formålet med reisen til eller fra Tillerterminalen?

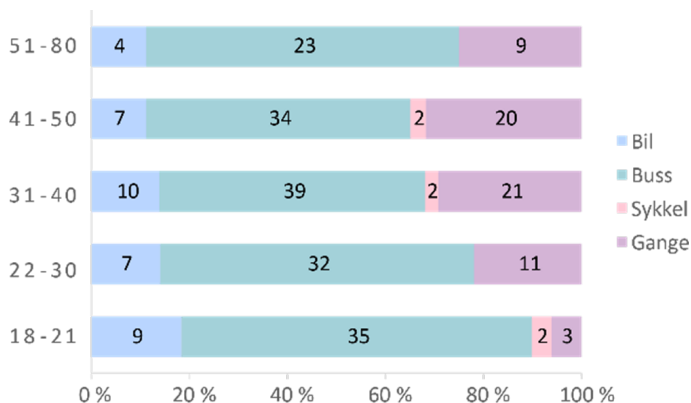


Figur 133 viser en oversikt over respondentenes formål med reiser til eller fra Tillerterminalen.

De 289 respondentene som hadde reist til eller fra Tillerterminalen ble så spurt om formålet med reisen og hvilket reisemiddel som ble benyttet. Det var syv mulige alternativer for reisemål, der respondentene kunne krysse av for alle som passet. Resultatet er vist på figur 133.

177 respondenter, 61 prosent, svarer at formålet ved deres reiser var private ærender som for eksempel innkjøp, og 136 respondenter, 47 prosent, svarer at deres formål var reiser til og fra arbeid, mens andre har benyttet Tillerterminalen for besøksreiser, ferie- og fritidsreiser, organiserte fritidsreiser og tjenestereiser m.m.

### Kvinner svarer på hvilke reisemidler de benyttet på sin reise til eller fra Tillerterminalen

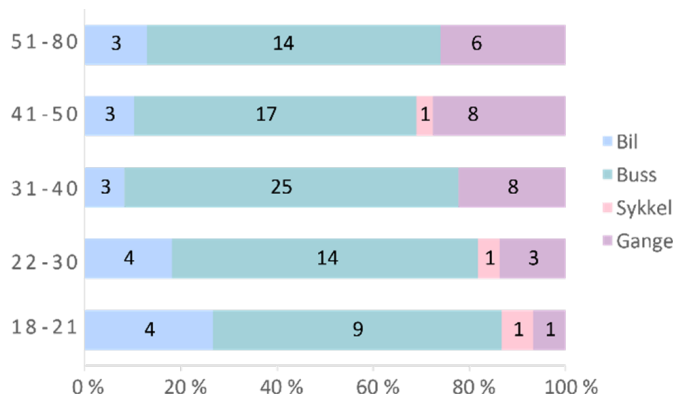


Figur 134 viser reisemiddelfordelingen for kvinner som har reist forbi Tillerterminalen.

Figur 134 viser antall ganger de ulike reisemidlene bil, buss, sykkel og gange har blitt nevnt av kvinner som deres reisemiddel på reiser til eller fra Tillerterminalen, mens figur 135 viser det samme for menn. Det mest brukte reisemiddelet er buss, der 242 respondenter som tilsvarer over 83 prosent, opplyser om at det er dette reisemiddelet de har brukt. Det minst brukte reisemiddelet er sykkel. Det er også noen som kjører personbil eller går til eller fra Tillerterminalen.

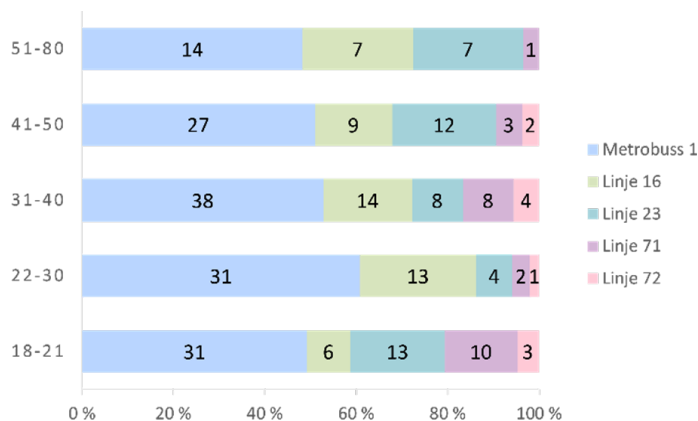
De 242 respondentene som har reist med buss til eller fra Tillerterminalen ble så spurt om hvilke busslinjer de benyttet

### Menn svarer på hvilke reisemidler de benyttet på sin reise til eller fra Tillerterminalen



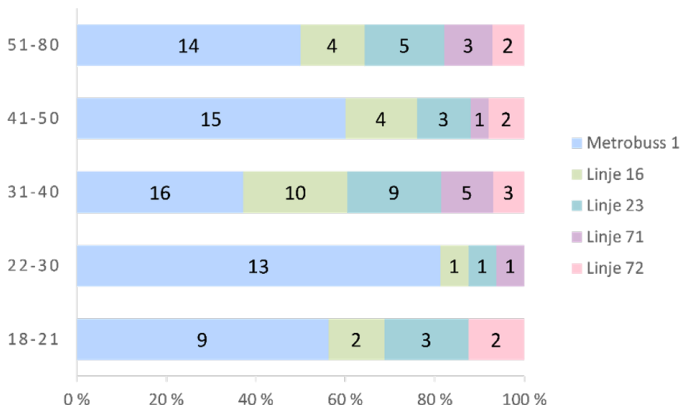
Figur 135 viser reisemiddelfordelingen for menn som har reist forbi Tillerterminalen.

### Kvinner svarer på hvilke busslinjer de benyttet



Figur 136 viser en oversikt over busslinjene benyttet av kvinnene som har reist til eller fra Tillerterminalen.

### Menn svarer på hvilke busslinjer de benyttet

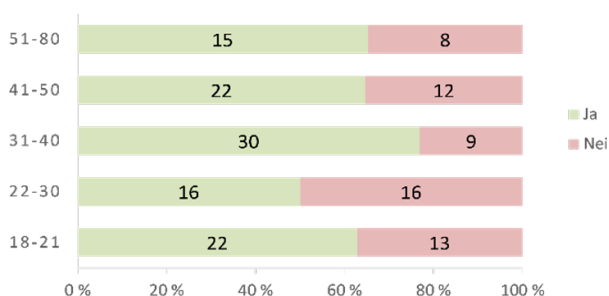


Figur 137 viser en oversikt over busslinjene benyttet av menn som har reist til eller fra Tillerterminalen.



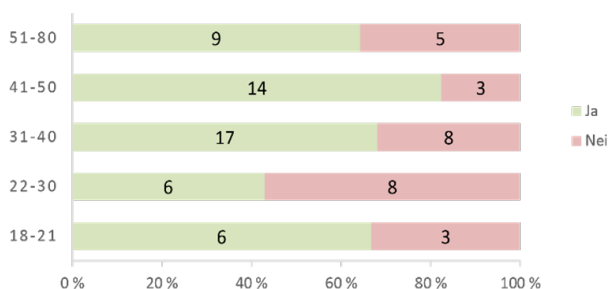
seg av. 208 respondenter, tilsvarende 86 prosent, svarer at de har benyttet metrobuslinje 1. Figur 136 viser antall ganger de ulike busslinjene ble nevnt av kvinner som besvarte spørsmålet, mens figur 137 viser det samme for menn. Her kommer det frem at linje 16 og linje 23 også er mye brukt. Faktisk opplyser 29 prosent av respondentene at de har benyttet linje 16, og 27 prosent at de har benyttet linje 23. Linje 71 og linje 72 er to busslinjer med sjeldnere avganger enn de andre. Diagrammene viser at veldig få respondenter har oppgitt at de benytter seg av disse busslinjene. Kun 14 prosent benytter seg av linje 71 og 8 prosent benytter seg av linje 72. Det kan også virke som om menn i alderen 22-30 år benytter matebuslinjene sjeldnere, enn andre aldersgrupper blant både kvinner og menn.

### Kvinner svarer på om de har byttet buss ved Tillerterminalen



Figur 138 viser en oversikt over kvinner som har byttet buss ved Tillerterminalen.

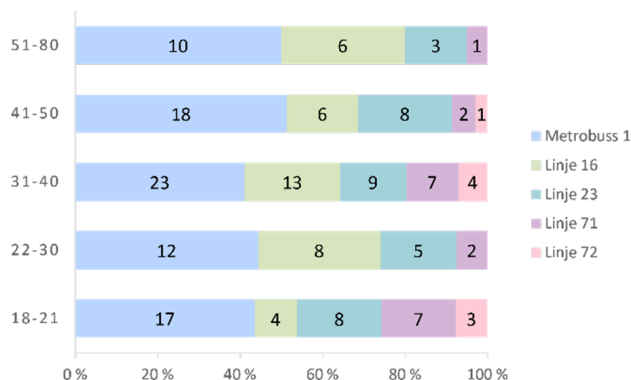
### Menn svarer på om de har byttet buss ved Tillerterminalen



Figur 139 viser en oversikt over menn som har byttet buss ved Tillerterminalen.

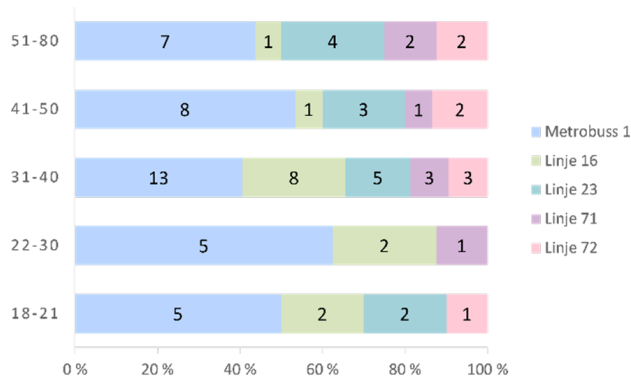
Alle som har oppgitt at de har reist til eller fra Tillerterminalen med buss blir også spurt om de har byttet buss ved Tillerterminalen. Av 242 respondenter svarer 157 at de har byttet buss ved kollektivknutepunktet, som tilsvarende 65 prosent. Figur 138 viser andelen kvinner som har byttet buss ved Tillerterminalen fordelt på de fem ulike aldersgruppene, mens figur 139 viser det samme for menn. I aldersgruppen 22-30 år er det kun halvparten av kvinnene og omtrent 40 prosent av mennene som har byttet buss ved kollektivknutepunktet. I alle andre aldersgrupper har mer enn 60 prosent svart at de har byttet buss ved Tillerterminalen.

### Kvinner svarer på hvilke busslinjer de har byttet mellom



Figur 140 viser hvilke busslinjer kvinnene har byttet mellom.

### Menn svarer på hvilke busslinjer de har byttet mellom



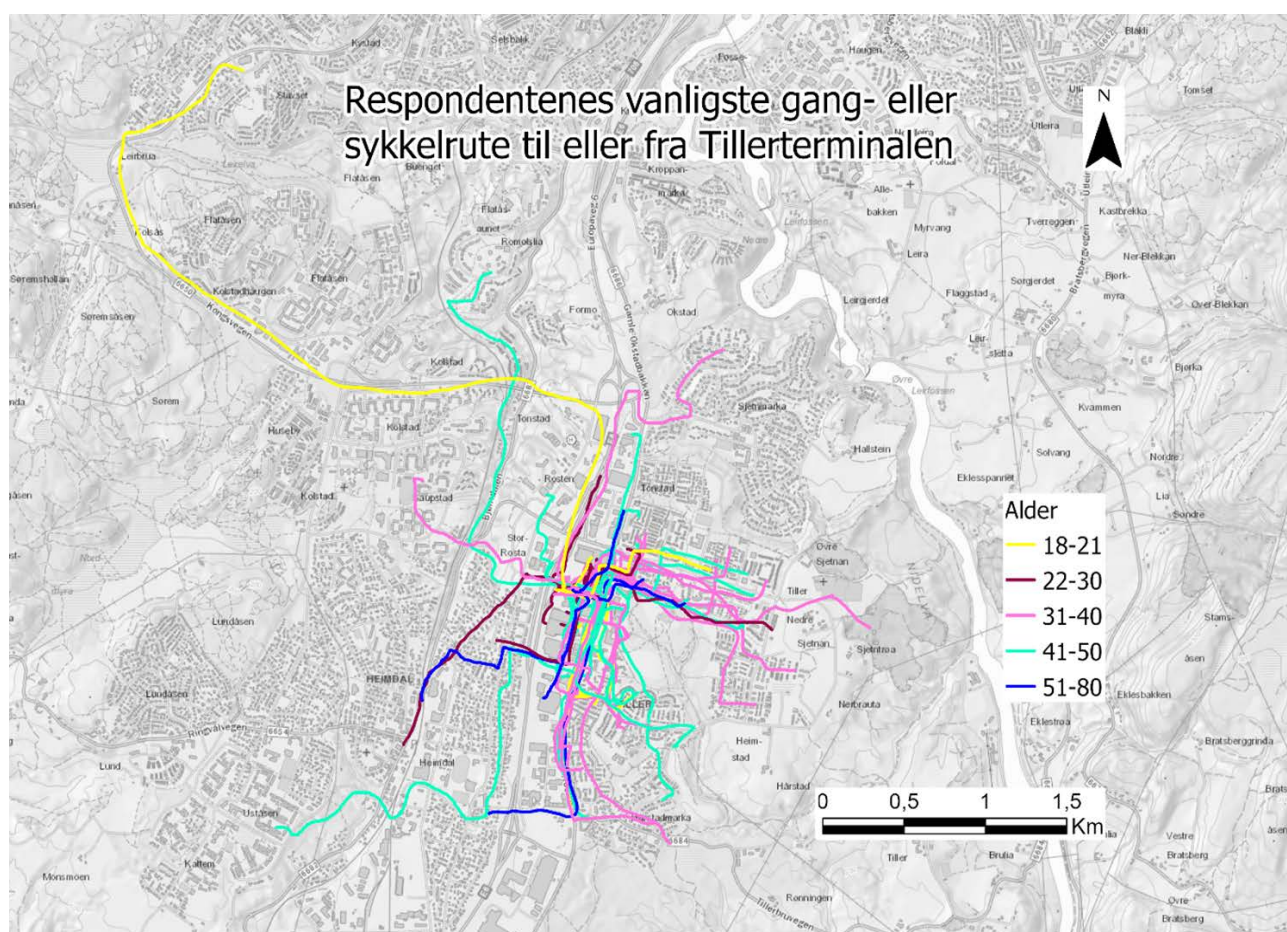
Figur 141 viser hvilke busslinjer menn har byttet mellom.

De 157 respondentene som svarte at de har byttet buss ved Tillerterminalen fikk videre spørsmål om hvilke busslinjer de har byttet mellom. Fra figur 140 kan du se antall ganger de ulike busslinjene ble nevnt av kvinner, mens figur 141 viser antall ganger de ulike busslinjene ble nevnt av menn. Det kommer frem at de aller fleste som bytter buss bytter mellom metrobuslinje 1 og linje 16 eller linje 23. 75 prosent av respondentene oppgir at metrobuslinje 1 er en busslinje de har byttet fra eller til ved Tillerterminalen, 32 prosent oppgir det samme for linje 16, 30 prosent for linje 23, 17 prosent for linje 71 og 10 prosent for linje 72.

I tillegg hvis vi sammenligner diagrammene fra figur 140 og 141 med figur 136 og 137 kan man se at antall ganger linje 71 og 72 er nevnt er tilnærmet lik. Det betyr at de fleste som reiser til og fra Tillerterminalen med disse busslinjene også bytter buss ved Tillerterminalen i løpet av sine reiser.

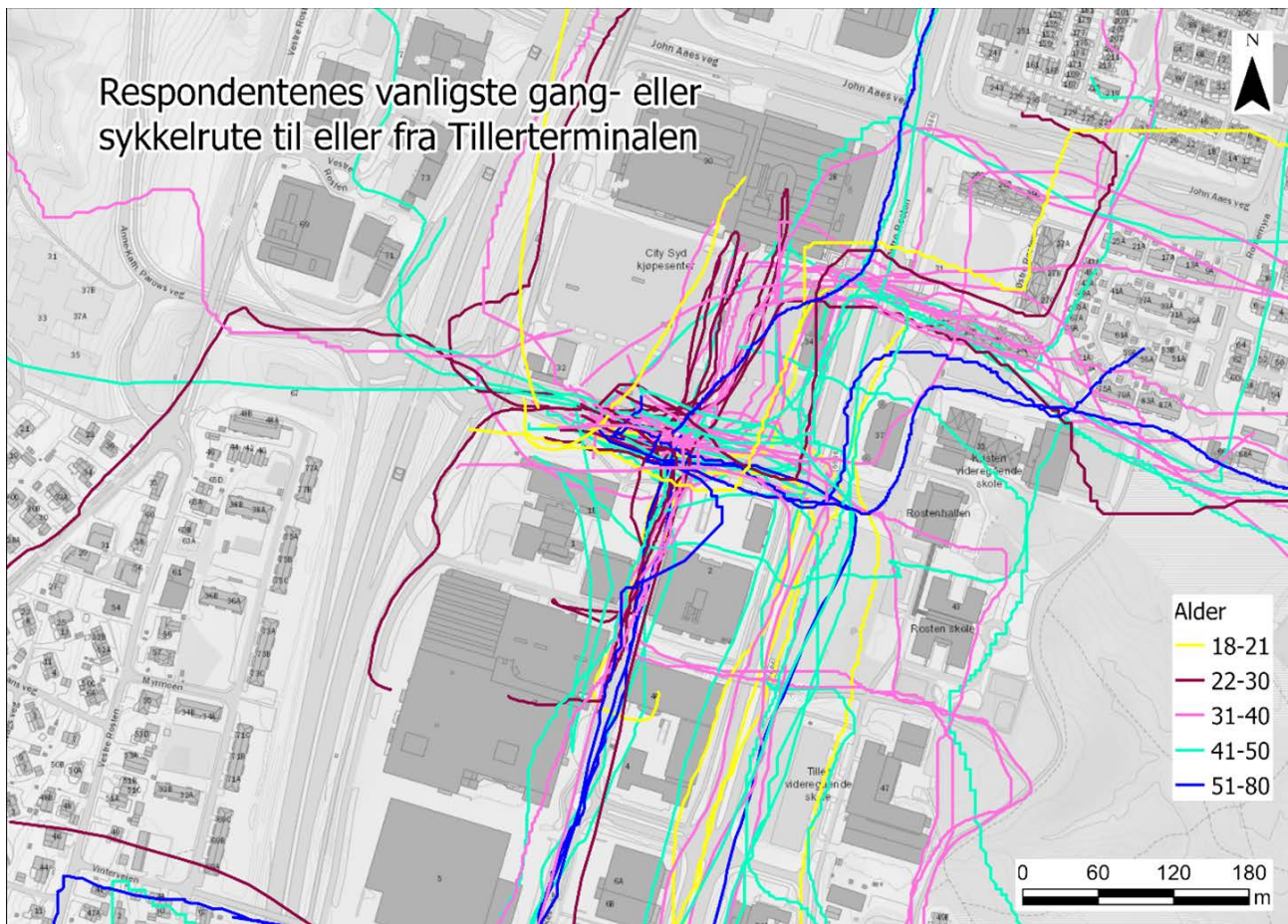
Det var kun 77 respondenter som la igjen sin vanligste gang- eller sykkelrute i spørreskjemaet. Som du kan se fra figur 142-143 er det flest respondenter i alderen 31-40 år og 41-50 år som har lagt igjen sine gang- eller sykkelruter, men alle aldersgrupper er representert i kartene.

Fra figur 143 kan du se at de aller fleste respondentene går eller sykler i østlig retning av Tillerterminalen.



Figur 142 viser et oversiktsbilde over respondentenes vanligste gangruter for de fem ulike aldersgruppene.





Figur 143 viser innzoomet bilde over respondentenes vanligste gang- eller sykkelrute til eller fra Tillerterminalen gruppert etter alder.

#### 6.1.4 Spørsmål for å kartlegge opplevelser med Tillerterminalen

Denne delen består av 15 påstander som respondentene har tatt stilling til. Tolv av disse ble besvart av alle som har reist til eller fra Tillerterminalen. Det er også to påstander som omhandler respondentenes vanligste gang- eller sykkelrute. De ble besvart av respondentene som har reist med minst en av følgende reisemidler: buss, sykkel eller gange til eller fra Tillerterminalen. En av påstandene omhandler ventetiden ved bussbytter. Den ble besvart av de som har gjennomført bussbytte ved Tillerterminalen. Svarene på spørsmålene er i denne delen delt inn etter følgende hovedkategorier tilgjengelighet, rutetilbud og fasiliteter ved Tillerterminalen. Det ble brukt en Likert-skala med fem alternativer for å måle respondentenes

holdninger til påstandene. De mulige svaralternativene er helt uenig, litt uenig, verken enig eller uenig, litt enig og helt enig.

289 respondenter svarer på påstanden om Tillerterminalens nærhet til destinasjoner i tabell 20, mens kun 276 respondenter svarer på de to andre påstandene om tilgjengelighet og trafiksikkerhet til holdeplassen med reisemidlene gange og sykkel.

Som beskrevet i tabell 20 er 57 respondenter helt enig i at Tillerterminalen har nærhet til destinasjoner de ønsker å nå, 56 er helt uenig, 87 er litt enig, og 39 er litt uenig i påstanden.

På spørsmålet om respondentene opplever det enkelt å gå eller sykle til eller fra Tillerterminalen til deres ønskede destinasjoner svarer 57 at de er helt enig, 55 at de



Tabell 20 viser respondentenes svar på påstander om Tillerterminalens tilgjengelighet.

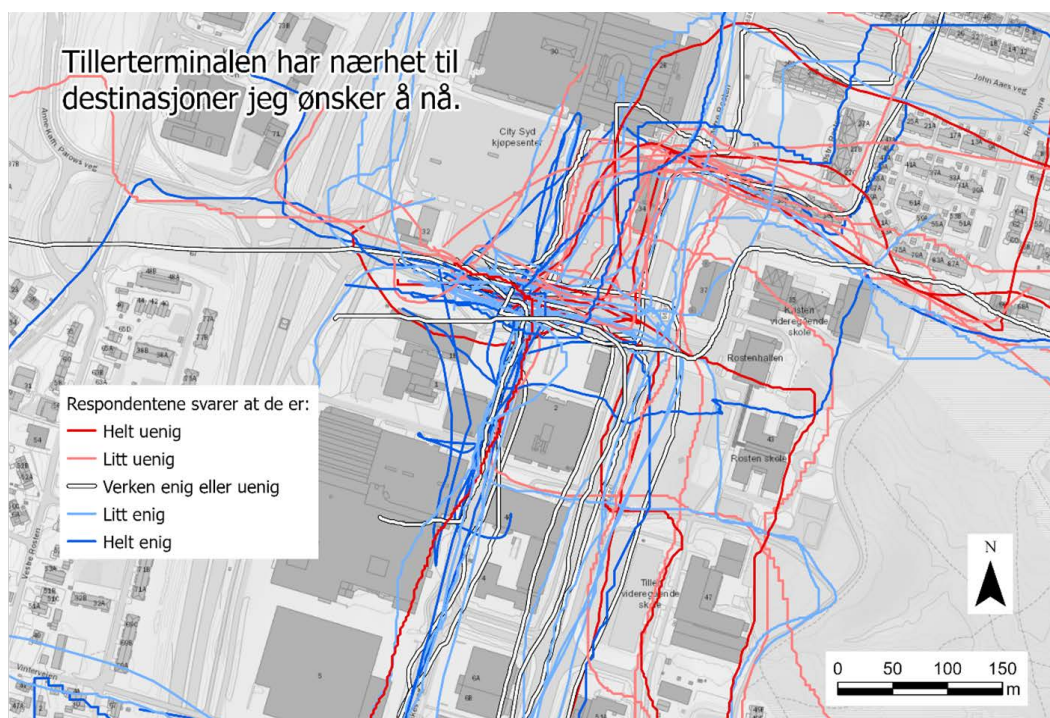
Påstand	Helt uenig	Litt uenig	Verken eller	Litt enig	Helt enig
Tillerterminalen har nærhet til destinasjoner jeg ønsker å nå.	19,38% 56	13,49% 39	17,30% 50	30,10% 87	19,72% 57
Jeg opplever det enkelt å gå/sykle fra Tillerterminalen til mine ønskede destinasjoner.	19,92% 55	16,30% 45	20,65% 57	22,46% 62	20,65% 57
Jeg opplever det trafiksikkert å gå/sykle fra Tillerterminalen til mine ønskede destinasjoner.	21,37% 59	15,30% 45	23,91% 66	20,29% 56	18,12% 50

helt uenig, 62 at de er litt enig og 45 at de er litt uenig.

Den siste påstanden omhandler trafiksikkerhet ved Tillerterminalen. Der spørsmålet er om respondentene opplever det trafiksikkert å gå eller sykle fra Tillerterminalen til deres ønskede destinasjoner. Det er det veldig jevnt mellom de som opplever det trafiksikkert, og de som ikke gjør det. 50 respondenter svarer at de er helt enig i at det er trafiksikkert, 56 er litt enig, 45 er litt uenig og 59 er helt uenig. Det som kan være litt urovekkende er at omtrent 21 prosent av respondentene er helt uenig i at det trafiksikkert å

gå eller sykle fra eller til Tillerterminalen. Hvis vi skiller mellom kjønnene svarer 40 prosent av kvinnene at de ikke opplever det trafiksikkert å gå eller sykle fra Tillerterminalen til sine ønskede destinasjoner, mens kun en tredjedel av mennene svarer det samme.

For å lettere forstå svarene fra tabell 20 kobles resultatene sammen med respondentenes vanligste gang- eller sykkelrute til eller fra kollektivknutepunktet. Det var kun 77 respondenter som la igjen sin vanligste gang- eller sykkelrute, så kartene bør sees i sammenheng med resultatene fra tabellen. Kartene kan likevel gi tendenser til problemområder innenfor studieområdet.



Figur 144 viser respondentenes svar på påstanden: «Tillerterminalen har nærhet til destinasjoner jeg ønsker å nå».

Figur 144 viser respondentenes svar på påstanden: «Tillerterminalen har nærhet til destinasjoner jeg ønsker å nå», og er koblet sammen med deres vanligste gang- eller sykkelrute fra Tillerterminalen. Du kan for eksempel se at mange som har sitt bevegelsesmønster i nordøstlig retning er litt uenig eller helt uenig i påstanden. Det samme gjelder for noen av respondentene som vanligvis beveger seg i sydøstlig retning. Dette er gang- og sykkelruter som ofte ender i boligområdet øst for studieområdet. Til sammenligning er mange litt enig eller helt enig i påstanden hvis de kun skal til City Syd eller de andre nærliggende handlemrådene langs Ivar Lykkes veg.

Hvis vi sammenligner figur 145 og 144 kommer det frem at flere respondenter er

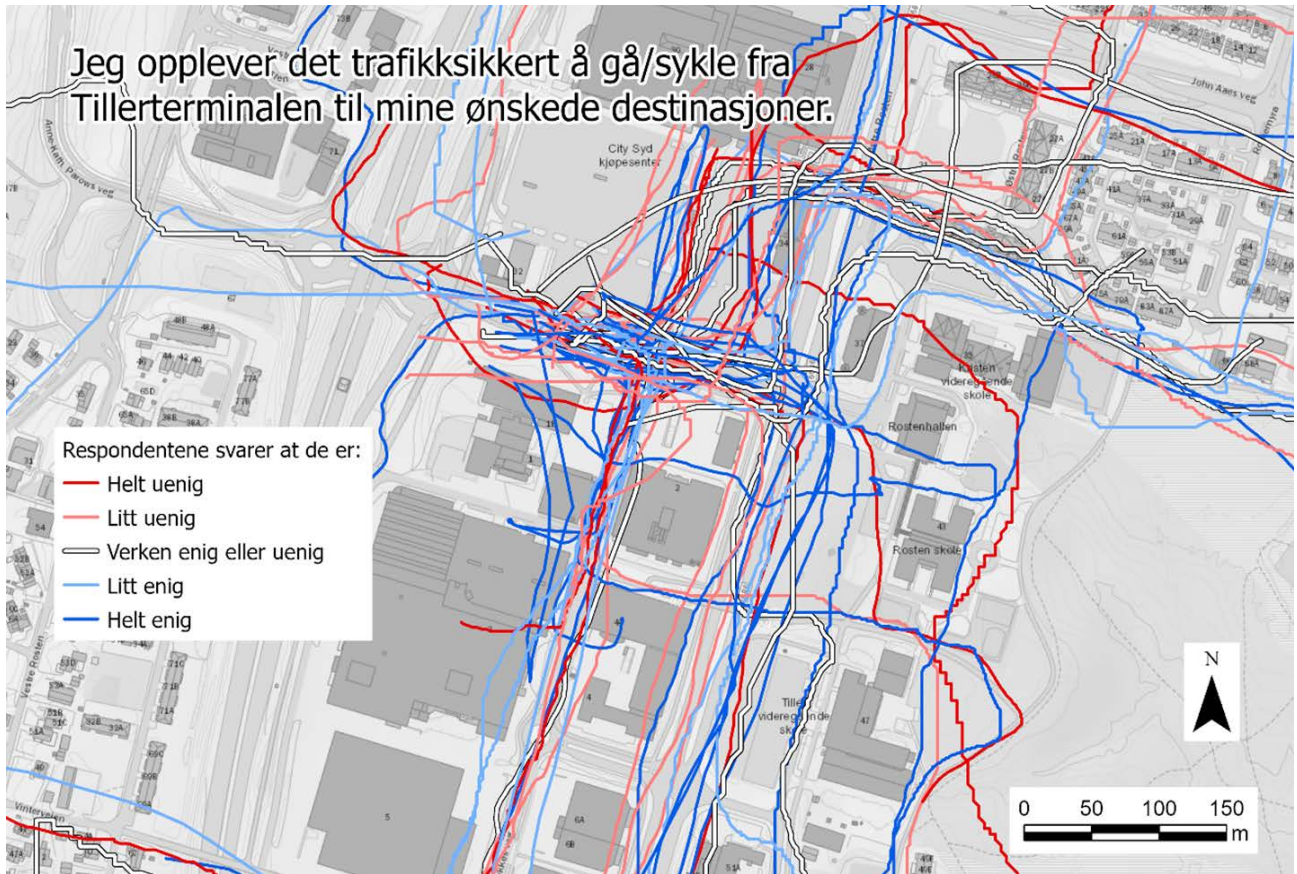
uenig i påstanden om at de opplever det enkelt å gå eller sykle fra Tillerterminalen til sine ønskede destinasjoner, enn det er som er uenig i at Tillerterminalen har nærhet til deres ønskede destinasjoner. Det er spesielt mange som reiser sørover langs Østre Rosten eller øst for studieområdet som ikke opplever det enkelt å gå eller sykle fra Tillerterminalen.

Som du kan se på figur 146 er det flere som opplever det trafikksikkert å gå eller sykle fra Tillerterminalen enn det er som er uenig i påstanden. Likevel kan det være interessant å se hvem det er som opplever det lite trafikksikkert å ferdes fra Tillerterminalen. Det skal beskrives ved hjelp av figur 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155 og 156.

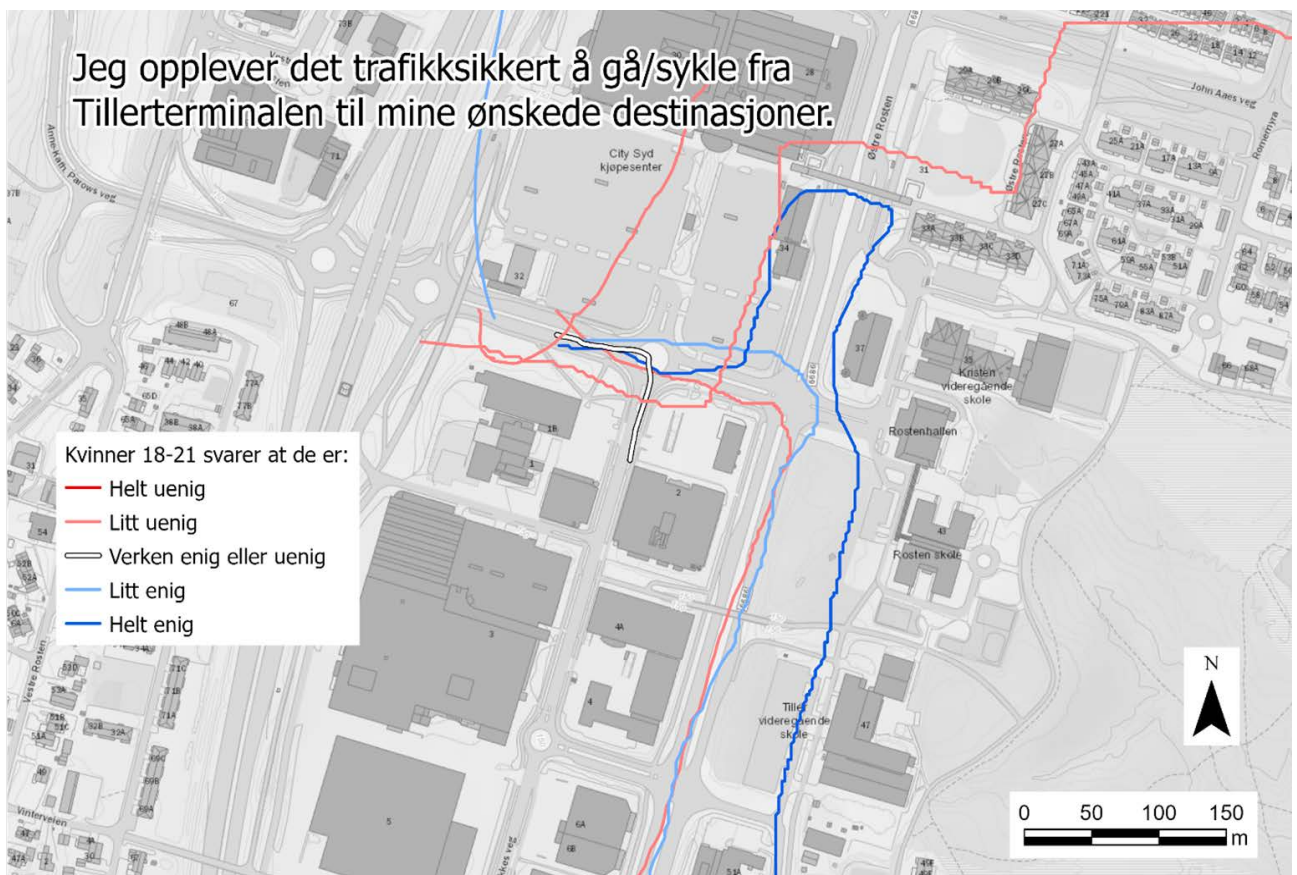


Figur 145 viser respondentenes svar på påstanden: «Jeg opplever det enkelt å gå/sykle fra Tillerterminalen til mine ønskede destinasjoner».





Figur 146 viser respondentenes svar på påstanden: «Jeg opplever det trafikksikkert å gå fra Tillerterminalen til mine ønskede destinasjoner».



Figur 147 viser kvinner i alderen 18-21 år som svarer på om de opplever det trafikksikkert å ferdes ved Tillerterminalen.



Figur 147 viser hva kvinner i alderen 18-21 år har svart på påstanden om de opplever det trafikksikkert å gå fra Tillerterminalen til deres ønskede destinasjoner, og svarene vises med deres tilhørende vanligste gang- eller sykkelrute. Du kan se at 2 er litt enig, 1 er helt enig, 1 er verken enig eller uenig og 3 er litt uenig i påstanden.

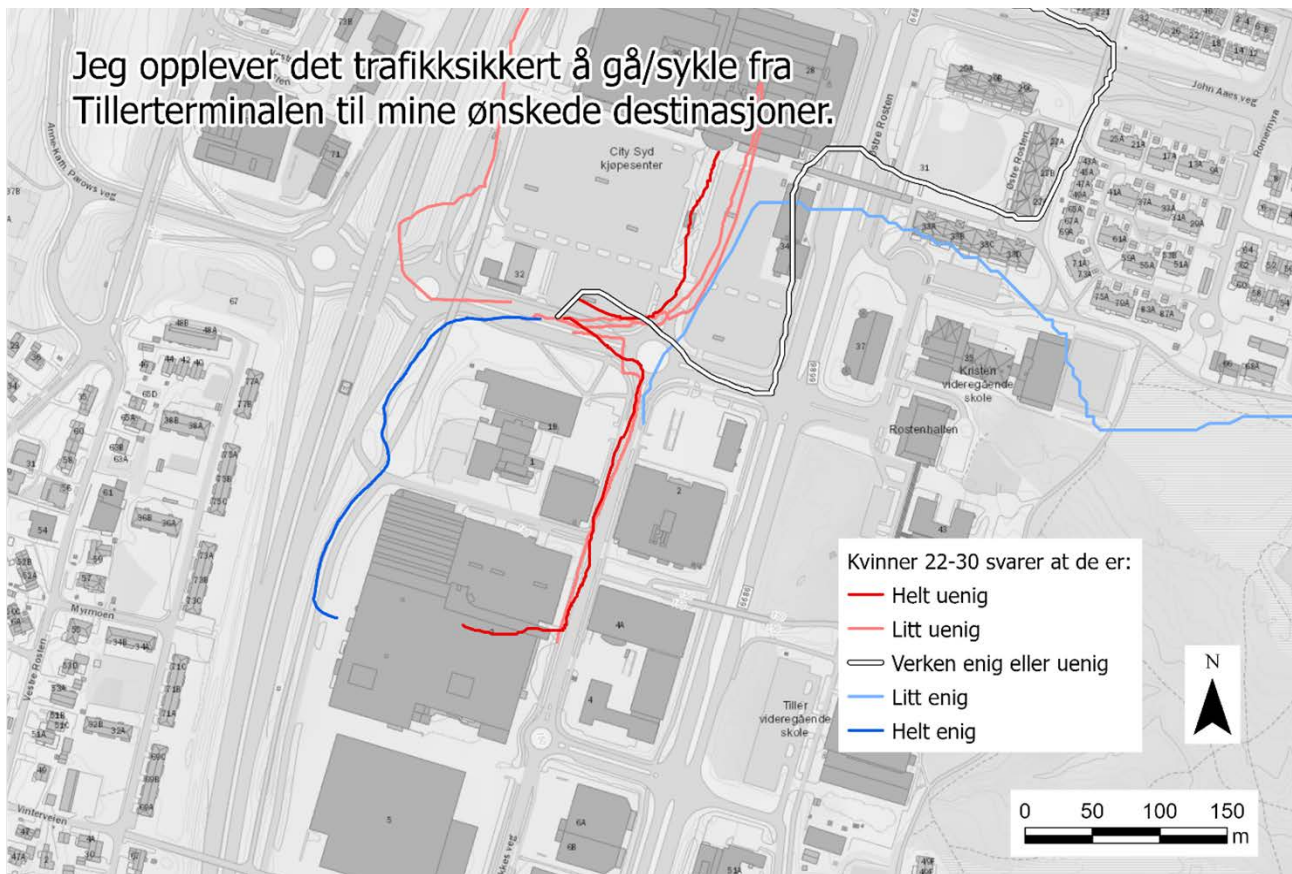
Figur 148 viser hva menn i alderen 18-21 år har svart på påstanden om de opplever det trafikksikkert å gå fra Tillerterminalen til deres ønskede destinasjoner, og svarene vises med deres tilhørende vanligste gang- eller sykkelrute. Du kan se at begge de to respondentene som har lagt igjen sine vanligste gang- eller sykkelruter er helt enig i påstanden.



Figur 148 viser menn i alderen 18-21 år som svarer på om de opplever det trafikksikkert å ferdes ved Tillerterminalen.

Figur 149 viser hva kvinner i alderen 22-30 år har svart på påstanden om de opplever det trafikksikkert å gå fra Tillerterminalen til deres ønskede destinasjoner, og svarene vises med deres tilhørende vanligste gang- eller sykkelrute. Du kan se at 1 er litt enig, 1 er helt enig, 1 er verken enig eller uenig, 4 er litt uenig og 2 er helt uenig i påstanden.

Figur 150 viser hva menn i alderen 22-30 år har svart på påstanden om de opplever det trafikksikkert å gå fra Tillerterminalen til deres ønskede destinasjoner, og svarene vises med deres tilhørende vanligste gang- eller sykkelrute. Du kan se at 2 er litt enig og 3 er helt enig i påstanden.



Figur 149 viser kvinner i alderen 22-30 år som svarer på om de opplever det trafikksikkert å ferdes ved Tillerterminalen.



Figur 150 viser menn i alderen 22-30 år som svarer på om de opplever det trafikksikkert å ferdes ved Tillerterminalen.



Figur 151 viser hva kvinner i alderen 31-40 år har svart på påstanden om de opplever det trafikksikkert å gå fra Tillerterminalen til deres ønskede destinasjoner, og svarene vises med deres tilhørende vanligste gang- eller sykkelrute. Du kan se at 2 er litt enig, 3 er verken enig eller uenig, 6 er litt uenig og 3 er helt uenig i påstanden.

Figur 152 viser hva menn i alderen 31-40 år har svart på påstanden om de opplever det trafikksikkert å gå fra Tillerterminalen til deres ønskede destinasjoner, og svarene vises med deres tilhørende vanligste gang- eller sykkelrute. Du kan se at 1 er litt enig, 4 er helt enig, 3 er verken enig eller uenig, 1 er litt uenig og 2 er helt uenig i påstanden.



Figur 151 viser kvinner i alderen 31-40 år som svarer på om de opplever det trafikksikkert å ferdes ved Tillerterminalen.

Figur 153 viser hva kvinner i alderen 41-50 år har svart på påstanden om de opplever det trafikksikkert å gå fra Tillerterminalen til deres ønskede destinasjoner, og svarene vises med deres tilhørende vanligste gang- eller sykkelrute. Du kan se at 2 er litt enig, 6 er helt enig, 2 er verken enig eller uenig, 2 er litt uenig og 2 er helt uenig i påstanden.

Figur 154 viser hva menn i alderen 41-50 år har svart på påstanden om de opplever det trafikksikkert å gå fra Tillerterminalen til deres ønskede destinasjoner, og svarene vises med deres tilhørende vanligste gang- eller sykkelrute. Du kan se at 5 er litt enig, 1 er helt enig, 1 er verken enig eller uenig og 1 er litt uenig i påstanden.



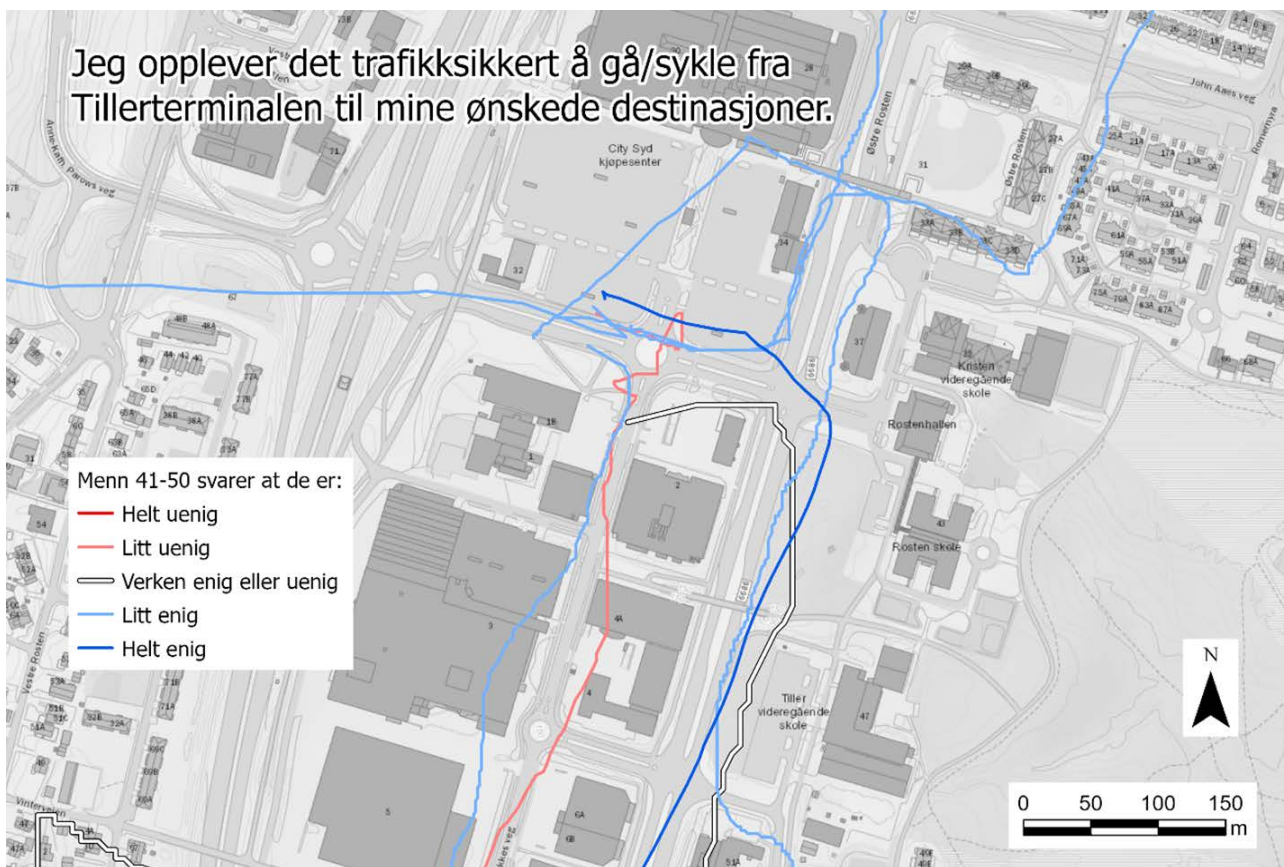


Figur 152 viser menn i alderen 31-40 år som svarer på om de opplever det trafikksikkert å ferdes ved Tillerterminalen.



Figur 153 viser kvinner i alderen 41-50 år som svarer på om de opplever det trafikksikkert å ferdes ved Tillerterminalen.





Figur 154 viser menn i alderen 41-50 år som svarer på om de opplever det trafikksikkert å ferdes ved Tillerterminalen.



Figur 155 viser kvinner i alderen 51-80 år som svarer på om de opplever det trafikksikkert å ferdes ved Tillerterminalen.

Figur 155 viser hva kvinner i alderen 51-80 år har svart på påstanden om de opplever det trafikksikkert å gå fra Tillerterminalen til deres ønskede destinasjoner, og svarene vises med deres tilhørende vanligste gang- eller sykkelrute. Du kan se at 3 er helt enig, 1 er verken enig eller uenig og 1 er litt uenig i påstanden.

Figur 156 viser hva menn i alderen 51-80 år har svart på påstanden om de opplever det trafikksikkert å gå fra Tillerterminalen til deres ønskede destinasjoner, og svarene vises med deres tilhørende vanligste gang- eller sykkelrute. Du kan se at 1 er litt enig, 1 er litt uenig og 1 er helt uenig i påstanden.



Figur 156 viser menn i alderen 51-80 år som svarer på om de opplever det trafikksikkert å ferdes ved Tillerterminalen.

I tabell 21 vises respondentenes svar på påstander om rutetilbudet ved Tillerterminalen. Her har 289 respondenter svart på alle påstander foruten påstanden om opplevd ventetid ved bytte av busser ved Tillerterminalen. Den påstanden svarte kun 157 respondenter på.

De aller fleste er enig i at Tillerterminalen har et godt rutetilbud med mange avganger i timen, og kun 23 prosent av respondenterne er uenige. På spørsmål om ventetiden ved bytte av busser ved Tillerterminalen

opplevs lav er nesten halvparten av respondentene uenig i påstanden. Det er også flere som er enige i at bussrutene til og fra Tillerterminalen oppleves direkte, enn det er som er uenig i påstanden. På spørsmål om bussene ved Tillerterminalen ankommer holdeplassen i rett tid i henhold til tilgjengelig sanntidsinformasjon og rute-tabell er flere enig, enn det er som er uenig i påstanden. Når det er sagt opplever flere at bussene kommer i rett tid i henhold til tilgjengelig sanntidsinformasjon, enn rute-tabell.



Tabell 21 viser respondentenes svar på påstander om Tillerterminalens rutetilbud.

Påstand	Helt uenig	Litt uenig	Verken eller	Litt enig	Helt enig
Tillerterminalen har et godt rutetilbud med mange avganger i timen.	11,76% 34	11,07% 32	28,37% 82	24,91% 72	23,88% 69
Ventetiden ved bytte av busser ved Tillerterminalen er lav.	24,20% 38	23,57% 37	22,93% 36	18,47% 29	10,83% 17
Bussrutene til og fra Tillerterminalen er direkte.	16,61% 48	18,34% 53	24,22% 70	22,49% 65	18,33% 53
Bussene ved Tillerterminalen kommer til rett tid i henhold til tilgjengelig sanntidsinformasjon.	8,30% 24	13,15% 38	36,68% 106	25,26% 73	16,61% 48
Bussene ved Tillerterminalen kommer til rett tid i henhold til rutetabellen.	10,03% 29	19,03% 55	35,99% 104	24,22% 70	10,73% 31

Tabell 22 viser respondentenes svar på påstander om Tillerterminalens fasiliteter.

Påstand	Helt uenig	Litt uenig	Verken eller	Litt enig	Helt enig
Jeg er fornøyd med informasjonen som finnes ved Tillerterminalen.	9,34% 27	6,92% 20	35,64% 103	26,30% 76	21,80% 63
Tillerterminalen har alltid minst en ledig sitteplass.	13,49% 39	15,22% 44	40,83% 118	19,03% 55	11,42% 33
Tillerterminalen har aldri helt fulle søppelkasser.	5,88% 17	12,46% 36	60,90% 176	9,34% 27	11,42% 33
Det er alltid ledig plass under Tillerterminalens leskur.	10,03% 29	13,84% 40	35,99% 104	26,64% 77	13,49% 39
Jeg opplever at Tillerterminalen har et tilstrekkelig stort venteareal.	7,27% 21	9,34% 27	30,80% 89	27,34% 79	25,26% 73
Tillerterminalen har fine omgivelser.	30,80% 89	17,30% 50	29,76% 86	15,57% 45	6,57% 19

Tabell 22 viser respondentenes svar på påstander om Tillerterminalens fasiliteter ved holdeplassene. Her har 289 respondenter svart på alle påstander. 92 flere er enig i at de er fornøyde med informasjonen som finnes ved Tillerterminalen, enn det er som er uenig i påstanden. 39 respondenter er helt uenig, 44 litt uenig, 55 litt enig og 33 er helt enig i at Tillerterminalen alltid har en ledig sitteplass. Noen flere er enig i påstanden om at Tillerterminalen aldri har fulle søppelkasser, enn det er som er uenig. Det er også flere som enig i påstanden om at det er ledig plass under Tillerterminalen leskur, enn det er som

er uenig. Over halvparten av respondentene er enig i at Tillerterminalen har et tilstrekkelig stort venteareal, og nesten halvparten av respondentene synes ikke at Tillerterminalen ikke har fine omgivelser.

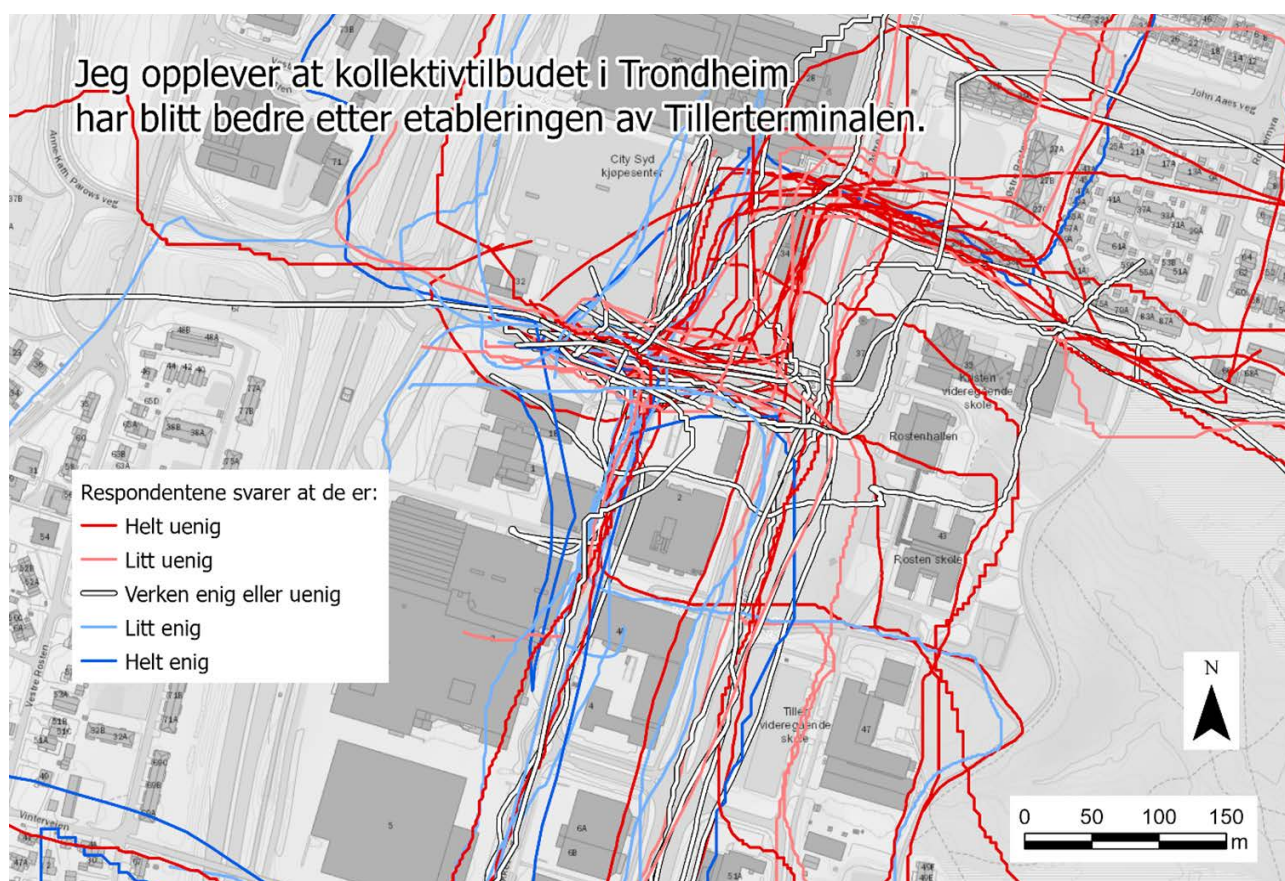
Tabell 23 viser 289 respondenters svar på påstanden: «Jeg opplever at kollektivtilbudet i Trondheim har blitt bedre etter etableringen av Tillerterminalen». Her svarer omtrent 38 prosent at de helt uenig og omtrent 12 prosent svarer de er litt uenig i påstanden. Kun 23 prosent av respondentene er litt enig eller helt enig i påstanden.

Figur 157 viser respondentenes svar på påstanden: «Jeg opplever at kollektivtilbudet i Trondheim har blitt bedre etter etableringen av Tillerterminalen» koblet med deres tilhørende vanligste gang- eller

sykkelrute. Særlig mange av respondentene som svarer at de er uenig i at Tillerterminalen har ført til et bedre kollektivtilbud kommer fra nordøst i modellen.

Tabell 23 viser respondentenes svar på påstanden: «Jeg opplever at kollektivtilbudet i Trondheim har blitt bedre etter etableringen av Tillerterminalen».

Påstand	Helt uenig	Litt uenig	Verken eller	Litt enig	Helt enig
Jeg opplever at kollektivtilbudet i Trondheim har blitt bedre etter etableringen av Tillerterminalen.	38,06%	12,11%	26,99%	11,42%	11,42%
	110	35	78	33	33



Figur 157 viser respondentenes svar på påstanden: «Jeg opplever at kollektivtilbudet i Trondheim har blitt bedre etter etableringen av Tillerterminalen» koblet sammen med deres vanligste gang- eller sykkelrute.

## 6.1.5 Avsluttende kommentarer

Respondentene er opptatt av er at de ønsker direkte busslinjer fra start til slutt på sine reiser. «Litt som det var før». Det gjelder både de som i dag vanligvis velger å reise med personbil istedenfor buss, og de som ikke har noe annet alternativ enn buss. Med de direkte linjene ved Tillerterminalen ønsker kollektivtrafikantene å oppnå kortere reisetid.

Andre ting som blir nevnt er hyppigere avganger, og tidligere avganger på de busslinjene som allerede går. Noen mener også at Tillerterminalen kunne vært nærmere et av de mange handlesentrene på Tiller. I dag er Tillerterminalen plassert midt i et stort handleområde, noe som gjør at det er langt å gå til butikker i alle retninger. Noen nevner at de ønsker et mer pålitelig busstilbud, og dersom avgangen ikke går i det hele tatt ønskes en varsling på sanntidsskjermen om dette.

Spørreundersøkelsen ble gjennomført i løpet av februar. Da hadde vintersesongen startet i Trondheim, og det kom derfor inn tilbakemeldinger på vintervedlikehold ved holdeplassene. Selv om metrobussholdeplassene har varmekabler som skal forhindre at snøen legger seg, var det såpass kaldt i vinter at varmekablene i stedet førte til isdannelse ved enkelte holdeplasser. Disse holdeplassene ønskes stødd for å unngå fotgjengerulykker. I tillegg er det andre holdeplasser med mindre servicetilbud enn Tillerterminalen i Trondheim som respondentene minner om at både trenger brøyting og strøing under vintersesongen.

De nye leskurene ved metrobussholdeplassene utformet av det belgiske selskapet Epsilon Cities får også kritikk, ettersom de skjermer dårlig for vær og vind. Respondentene ønsker i stedet bussholdeplasser utformet som venteværelser med varme. Spesielt gjelder det for holdeplasser beregnet for omstigning og bussbytte, der kollektivtrafikanter kan forvente å vente en stund.

Det kommer også ønsker om å kunne lese av fysiske billetter om bord i bussen, og ikke kun ved enkelte holdeplasser. Inneklima i bussene er også viktig. Kollektivtrafikanter ønsker nemlig at det ikke er for varmt eller for kaldt om bord på bussene. Eventuell støy som kommer av å bussenes drift bør også være lavest mulig. Klima og miljø nevnes også som viktig for noen kollektivtrafikanter, og fornybare drivstoffkilder er å foretrekke.

Noen kommenterer at setene om bord i metrobussene er for tette og gir liten beinplass for høye personer. Andre er mer opptatt av at setene er for lave, slik at det kan være vanskelig å reise seg etter endt busstur for eldre.

Spesielt for smittesituasjonen det siste året har mange kollektivtrafikanter nevnt renhold som en viktig faktor. Det nevnes at oftere innvendig rengjøring er ønskelig, samt tilgjengelig håndsprit om bord i bussene. I den forbindelse er det også mange som nevner at de ønsker bedre kapasitet om bord i bussene og ved venteplassene under leskurene, for å overholde nasjonale- og lokale avstandskrav ved trengselssituasjoner.

Mange synes også at det er litt dyrt å reise med buss i Trondheim. Særlig for studenter som kjøper engangsbillett. Her ønsker de en egen pris for studenter som er lavere enn for voksne. Det nevnes også at enkeltbilletter med ulik varighet hadde vært gunstig. De færreste reiser med buss i en og en halv time i strekk innenfor sone A i Trondheim, og med en avtale på turen blir en og en halv time litt for kort til å reise tilbake igjen på samme enkeltbillett.

Bilistene beskriver trafikksituasjonen på Tiller som så «håpløs» at det har formet hvor de handler. En respondent skriver at hun kun «bruker Tillertorget på grunn av tungvint inn- og utkjøring til City Syd».

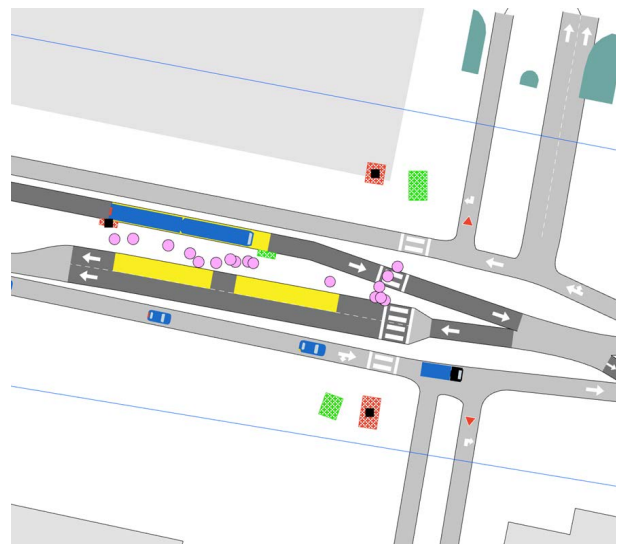


## 6.2 Trafikkmodell

### 6.2.1 Fotgjengere

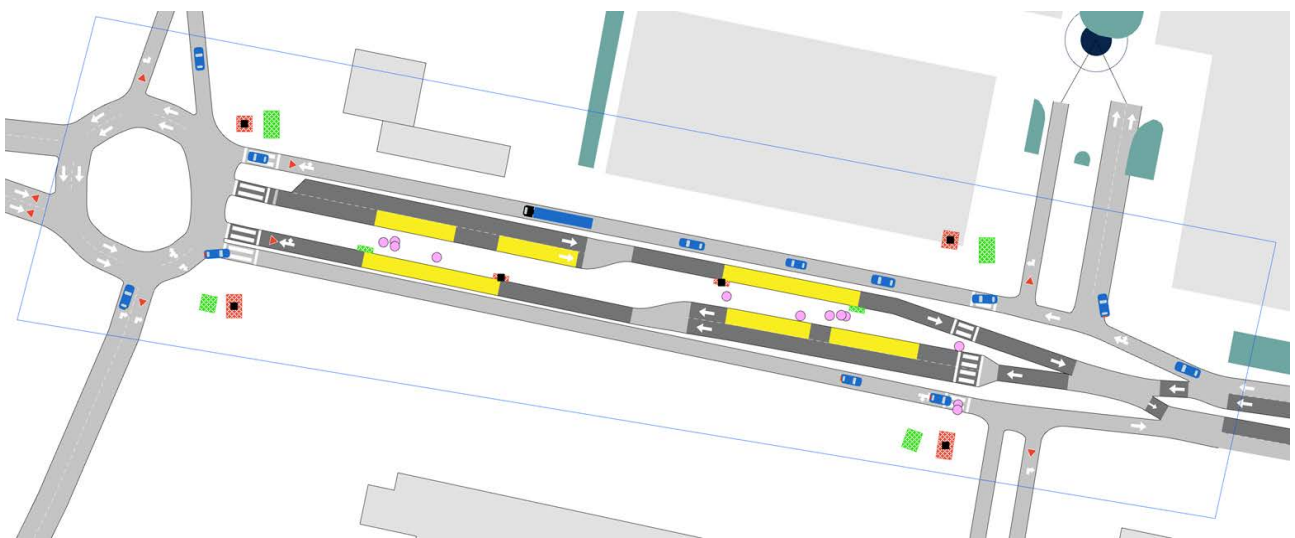
Figur 158 og 159 viser to trafikksituasjoner for kollektivtrafikanter i basisscenarioet i modellen. Figur 159 viser to kollektivtrafikanter som krysser Anne-Kath. Parows Veg øst for Tillerterminalen, og stopper motorisert trafikk. Ved hold-plassen ønsker de å vente i til en buss med ledig kapasitet tar de om bord. Du kan se at det er fem kollektivtrafikanter som venter ved Tillerterminalen 1 og fire kollektivtrafikanter som venter ved Tillerterminalen 2. Figur 158 viser en metrobuss som ankommer Tillerterminalen 1. Her går to kollektivtrafikanter om bord og sju kollektivtrafikanter av bussen. De som går av bussen krysser Anne-Kath. Parows Veg og går mot en sentroide som definerer en utgang i modellen.

Tabell 24 viser resultater for fotgjengerne i de tre ulike scenarioene. Som du kan se er det færrest gående i modellen i 2021, etterfulgt av 2030 og 2050. Her kommer det frem at økningen i antall kollektivtrafikanter per time er større enn fem prosent for 2030 og 13 prosent for 2050. Det er tilfellet enda jeg har justert OD-matrisene og avstigende kollektivtrafikanter til de ulike kollektivlinjene



Figur 158 viser kollektivtrafikanter, rosa prikker, som går fra metrobusslinje 1 og krysser Anne-Kath. Parows Veg ved gangfeltene.

med henholdsvis fem og 13 prosent økning. Fra tabellen kommer det frem at gangtiden i sekunder øker fra 2021 til 2030 med rundt fem sekunder og reduseres med rundt seks sekunder fra 2030 til 2050. Det kommer av at simuleringene er stokastiske og at gjennomsnittlig ganghastighet har økt med 0,2 km/t fra 2030 til 2050.



Figur 159 viser fotgjengere, rosa prikker, som venter ved bussholdeplassene på Tillerterminalen, og fotgjengere som krysser Anne-Kath. Parows Veg i gangfelt.

Tabell 24 viser hvor mange fotgjengere som har ankommet modellen i løpet av simuleringsperioden, hvor mange sekunder de har gått i gjennomsnitt og hvilken ganghastighet de har hatt. Standardavvik er også gitt for alle størrelser.

År	Gående/time	SD	Gangtid [sek]	SD	Hastighet [km/t]	SD
2021	101,7	42,4	74,5	1,8	2,5	0,1
2030	139,4	55,5	79,3	1,0	2,5	0,1
2050	148,1	59,9	73,3	3,0	2,7	0,2

Tabell 25 viser data for en gjennomsnittlig kollektivtrafikanter ved de tre modellerte scenariene. Her kan du se data for påstigninger, avstigninger og ventetid ved både Tillerterminalen 1 og Tillerterminalen 2.

År	Tillerterminalen 1			Tillerterminalen 2		
	Påstigende	Avstigende	Ventetid [sek]	Påstigende	Avstigende	Ventetid [sek]
2021	23,2	25,0	898,0	35,2	18,3	644,4
2030	34,7	25,7	565,2	47,0	32,0	713,7
2050	41,8	32,3	353,2	45,8	28,2	443,1

Nøkkeldata for kollektivtrafikk i simuleringen er vist fra tabell 25. Her kan du se antall av- og påstigninger ved Tillerterminalen, og gjennomsnittelig ventetid for påstigende kollektivtrafikanter for alle scenariene. For Tillerterminalen 1 kan du se at antall av- og påstigende kollektivtrafikanter øker i takt med simuleringsårene, men den samme tendensen gjelder ikke for Tillerterminalen 2.

Antall avstigende kollektivtrafikanter ved Tillerterminalen 1 øker i modellen med omtrent tre prosent fra 2021 til 2030 og 30 prosent fra 2021 til 2050. Påstigende kollektivtrafikanter ved samme holdeplass øker med omtrent 50 prosent fra 2021 til 2030 og 80 prosent fra 2021 til 2050.

Tillerterminalen 2 har økt antall av- og påstigninger fra 2021 til 2030, og redusert antall kollektivtrafikanter fra 2030 til 2050. Antall avstigende kollektivtrafikanter øker ved holdeplassen med omtrent 75 prosent fra 2021 til 2030 og 54 prosent fra 2021 til 2050. Samtidig øker antall påstigende kol-

lektivtrafikanter med 34 prosent fra 2021 til 2030 og 30 prosent fra 2021 til 2050.

Årsaken til at Tillerterminalen 2 ikke har jevn vekst i antall av- og påstigende kollektivtrafikanter kan komme av at standardavviket har ført til en økning i antall reisende i gjennomsnitt i 2030, og en liten nedgang i antall reisende i gjennomsnitt i 2050.

Totalt sett kan det virke som om antall av- og påstigninger øker uavhengig av trafikkveksten som er lagt inn i modellen for begge holdeplasser. Det gjør resultatene for fotgjengersimuleringen usikre.

Siden busslinjene er simulert med samme antall avganger og oppholdstid for alle scenariene, forventer vi lik eller lengre ventetid som følge av trafikkveksten. Derimot viser resultatene at ventetiden i gjennomsnitt, for en påstigende kollektivtrafikanter, har gått ned med økt simuleringsår.

## 6.2.2 Motoriserte kjøretøy

I denne delen vil jeg vise resultatkart for hvert scenario. Resultatkartene for motorisert trafikk viser simulert trafikkvolum, simulert forsinkelse, simulert hastighet og simulert tetthet i tråd med Aimsun-veilederens standardmaler for presentasjon av resultater (Asplan Viak, 2019).

Simulert trafikkvolum har enhet kjøretøy per time, og er gitt som «flow» i modellen.

Som vist på figur 160 er det minst trafikk på østlige tilfarter til kryss nr. 5 og kryss nr. 9. Bare litt over 20 busser benytter kollektivfeltet i Anne-Kath. Parows Veg i løpet av simuleringperioden på en time i basisscenarioet. Samtidig er det mest trafikk i modellen langs Anne-Kath. Parows Veg i østlig retning for annen motorisert trafikk. Her er det 730 kjøretøy per time som passerer. Andre steder med mellom 500 og 1.000 kjøretøy per time er nord for kryss nr. 3, sør for kryss nr. 5 og stedvis langs hele Anne-Kath. Parows Veg. En del av rundkjøringen i kryss nr. 3 har mellom 1.000 og 1.500 passerende kjøretøy per time. Resten av modellen har mellom 100 og 500 passerende kjøretøy per time.

For fremtidsscenarioet i 2030, vist på figur 161, kan det se ut som om situasjonen er nokså uendret fra basisscenarioet. De trafikkbelastede områdene fra 2021 er fremdeles utsatt i 2030, og det er ingen nye veglenker som har passert 500 kjøretøy per time og gått fra gul til oransje farge på kartet. Det som kommer frem derimot, er at utkjøringen fra øst til kryss nr. 5 har økt med rundt 20 kjøretøy per time og endret farge fra grønn til gul.

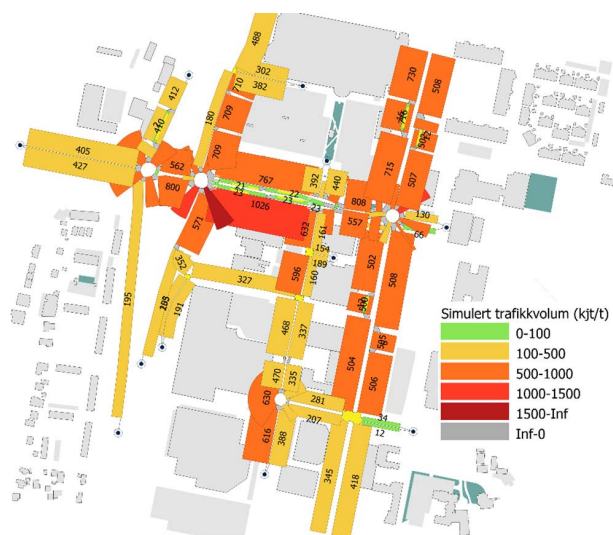
I 2050 er trafikksituasjonen en god del endret som vist på figur 162. Her kan vi se at store deler av Østre Rosten har fått økt trafikkvolum til mellom 500 og 1.000 kjøretøy per time. Det har også noen veglenker i Ivar Lykkes veg. Tilfarten fra sør mot kryss nr. 3 har også fått økt trafikkvolum. I Anne-Kath. Parows Veg ved Tillerterminalen fra vest har veglenken over



Figur 160 viser simulert trafikkvolum for basisscenarioet i kjøretøy per time.



Figur 161 viser simulert trafikkvolum gitt i kjøretøy per time for 2030.



Figur 162 viser simulert trafikkvolum gitt i kjøretøy per time for 2050.





ken mot nord mellom kryss nr. 3 og kryss nr. 1 og tilfarten fra sør mot kryss nr. 3. Disse har alle fått en økning på mellom 160 og 340 kjøretøy i 2050 sammenlignet med 2021.

Simulert forsinkelse har enhet sekunder, og er gitt som «delay time» dividert med «travel time» i modellen.

For basisscenarioet finnes de største forsinkelsene i nettverket i forkant av kryss, som du kan se på figur 165. Særlig oppstår det store forsinkelser før kryss nr. 3, kryss nr. 5 og kryss nr. 2. Tilfarten til kryss nr. 3 fra sør har en simulert forsinkelse på 78 sekunder, og det samme har tilfarten fra nord mot kryss nr. 2. Før kryss nr. 3 fra nord er forsinkelsen 62 sekunder. Andre veglenker som har betydelig forsinkelse er tilfartene ved kryss nr. 5. Fra vest er forsinkelsen 66 sekunder, fra øst er forsinkelsen 56 sekunder, fra nord er forsinkelsen 57 sekunder og fra sør er forsinkelsen 26 sekunder. Anne-Kath. Parows Veg fra øst har forsinkelse på 36 sekunder.

For scenario 1 i år 2030 kan du se samme tendenser som for basisscenarioet med store forsinkelser før kryss og særlig ved rundkjøringene. Fra figur 166 kan du se at de største forsinkelsene er på de samme stedene i 2030 og 2021, men har økt med opptil åtte sekunder fra basisscenarioet. Den største forsinkelsen i nettverket er på 86 sekunder, og finner sted i tilfarten mot kryss nr. 3 fra sør. Denne forsinkelsen er seks sekunder lengre enn alle andre forsinkelser i nettverket. Før kryss nr. 3 fra nord er forsinkelsen 65 sekunder. Tilfarten fra nord mot kryss nr. 2 har en forsinkelse på 80 sekunder. Andre veglenker som har betydelig forsinkelse er tilfartene ved kryss nr. 5. Fra vest er forsinkelsen 72 sekunder, fra øst og nord er forsinkelsen 61 sekunder og fra sør er forsinkelsen 29 sekunder. Anne-Kath. Parows Veg fra øst har forsinkelse på 44 sekunder.

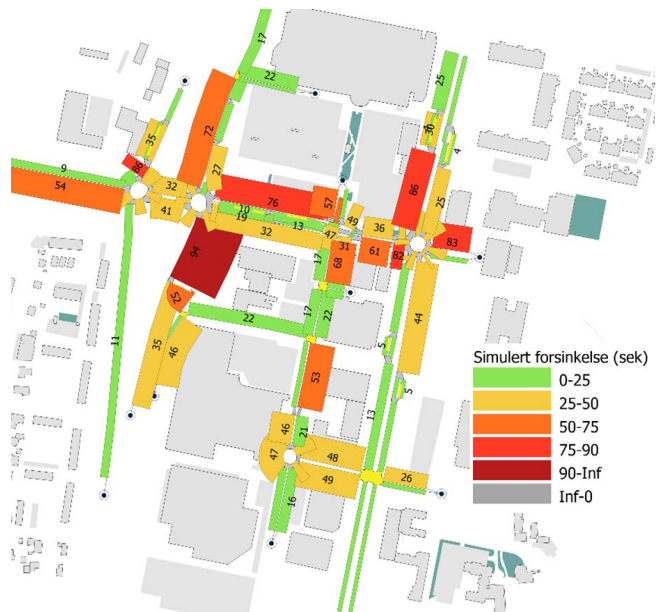
I 2050 viser figur 167 at vi kan forvente store forsinkelser før kryss, men også på steder som simuleringene fra 2030 og



Figur 165 viser simulert forsinkelse i sekunder for basisscenarioet.



Figur 166 viser simulert forsinkelse i sekunder for 2030.



Figur 167 viser simulert forsinkelse i sekunder for 2050.

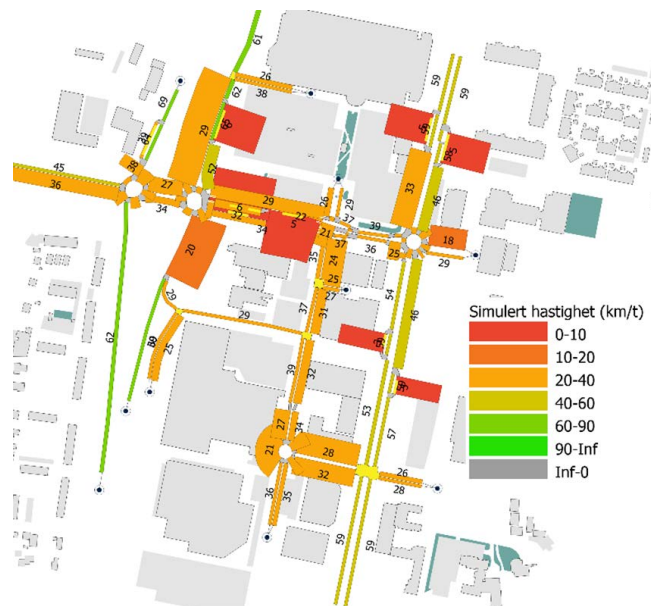


2021 ikke kunne forutse. Den største forsinkelsen i nettverket er på 94 sekunder og finner sted i tilfarten mot kryss nr. 3 fra sør. Før kryss nr. 3 fra nord er forsinkelsen 72 sekunder. Tilfarten fra nord mot kryss nr. 2 har en forsinkelse på 86 sekunder, mens tilfarten fra vest mot samme kryss har forsinkelse på 54 sekunder. Andre veglenker som har betydelig forsinkelse er tilfartene ved kryss nr. 5. Fra vest er forsinkelsen 82 sekunder, fra øst er forsinkelsen 83 sekunder, fra nord er forsinkelsen 86 sekunder og fra sør er forsinkelsen 44 sekunder. Anne-Kath. Parows Veg fra øst har forsinkelse på 76 sekunder. Vi ser også at to veglenker i Ivar Lykkes veg har fått økning i forsinkelse. Her har veglenka fra nord mot kryss nr. 7 en forsinkelse på 53 sekunder, mens veglenka fra nord mot kryss nr. 4 har en forsinkelse på 68 sekunder.

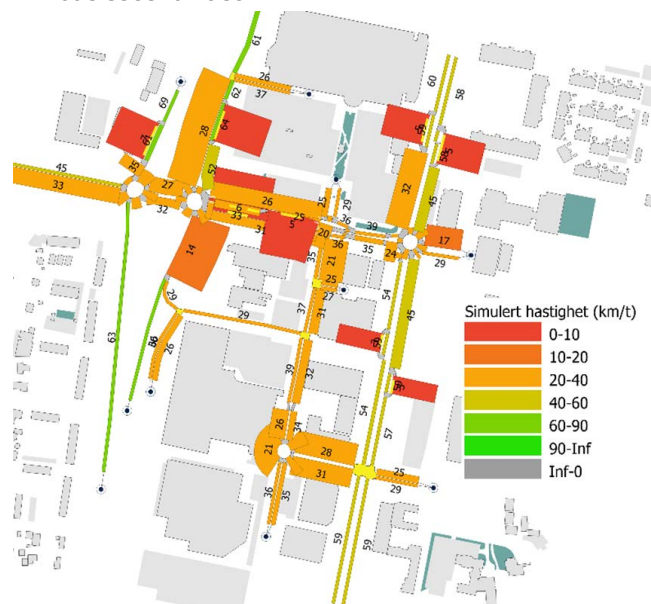
Simulert hastighet er vist i kartene som kilometer per time, og gitt som «speed» i modellen. Båndbredden i kartet er gitt som hastigheten, «speed», dividert med fartsgrensen, «speed limit». Stor differanse i fartsgrense og faktisk hastighet vil med andre ord føre til stor båndbredde. Ved bussholdeplasser, der busser stopper vil simulert hastighet fravike ganske mye fra fartsgrensen langs veglenka og båndbredden være stor.

Dersom man ser bort ifra de lave hastighetene ved holdeplassene, kan man også se at store båndbredder finnes før kryss der forsinkelsen er høy. Fra figur 168 kan du se at de aller fleste lenkene i modellen for basisscenarioet har simulert hastighet mellom 20 og 40 kilometer per time. Østre Rosten har simulert hastighet på mellom 40 og 60 kilometer per time, mens rampene for av- og påkjøring av E6 har simulert hastighet på mellom 60 og 90 kilometer per time.

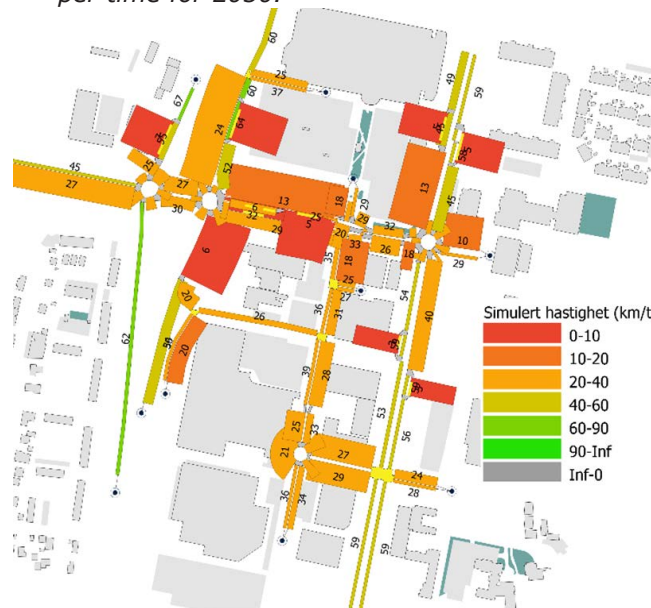
Ved framskrivning til 2030 viser figur 169 at det ikke er store forskjeller i simulert hastighet fra basisscenarioet. For store deler av nettverket er endringen i simulert hastighet ikke større enn tre kilometer per



Figur 168 viser hastighet i kilometer per time for basisscenarioet.



Figur 169 viser simulert hastighet i kilometer per time for 2030.



Figur 170 viser simulert hastighet i kilometer per time for 2050.



time, mens ved tilfart til kryss nr. 3 fra sør har den simulerte hastigheten i 2030 blitt redusert med seks kilometer per time sammenlignet med 2021.

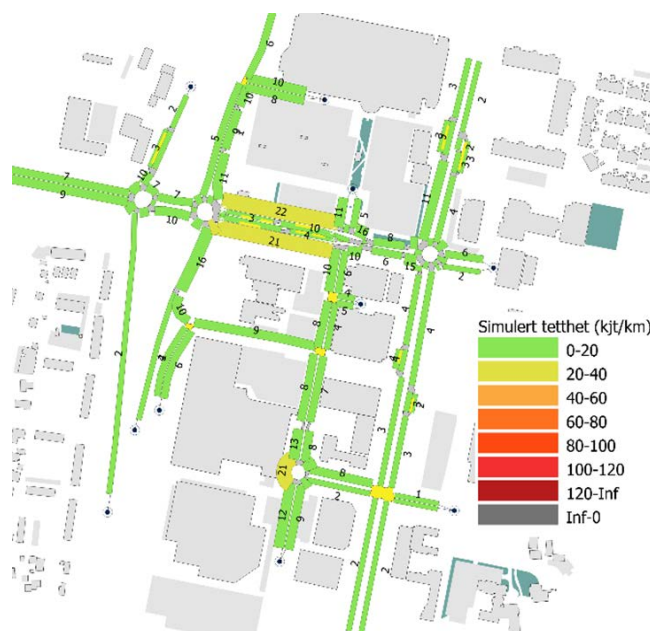
I 2050, som vist på figur 170, er den simulerte hastigheten ytterligere redusert i forhold til basisscenarioet. Du kan for eksempel se at hastigheten kun er seks kilometer per time ved tilfart til kryss nr. 3 fra sør i 2050. Det er en reduksjon på 14 kilometer per time fra 2021. Tilsvarende kan man se at hastigheten i Anne-Kath. Parows Veg mot vest er 13 kilometer per time. Det er en reduksjon på 16 kilometer per time sammenlignet med basisscenarioet. Andre steder i nettverket der hastigheten er redusert betraktelig, er tilfart til kryss nr. 5 fra nord. Her er simulert hastighet i 2050 13 kilometer per time mot 33 kilometer per time i 2021. I tillegg har enkelte deler av av- og påkjøringsrampene til E6 fått redusert hastighet til under 60 kilometer per time.

Simulert tetthet er gitt som kjøretøy per kilometer, og «density» i modellen.

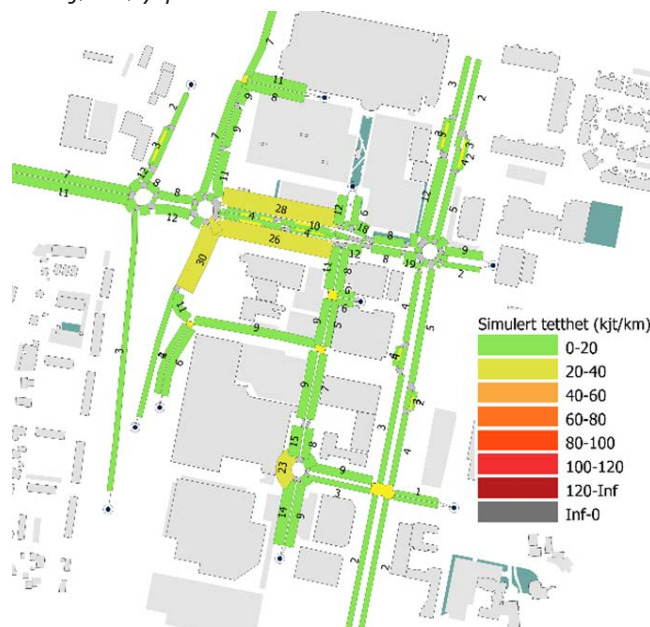
Simulert tetthet for 2021 kan man se fra figur 171. Her har Anne-Kath. Parows Veg høyest tetthet med litt over 20 kjøretøy per kilometer. I tillegg har en veglenke i kryss nr. 8 også simulert tetthet på litt over 20 kjøretøy per kilometer. Resten av nettverket har simulert tetthet på under 20 kjøretøy per kilometer.

Som vi kan se fra figur 172 er situasjonen tilnærmet uendret fra basisscenarioet til 2030. De veglenkene som hadde høyere tetthet enn andre i 2021, har fortsatt det i 2030. I tillegg har tilfarten mot kryss nr. 3 fra sør fått en økt tetthet på 30 kjøretøy per kilometer mot 16 kjøretøy per kilometer i 2021. Resten av nettverket har fremdeles tetthet på under 20 kjøretøy per kilometer.

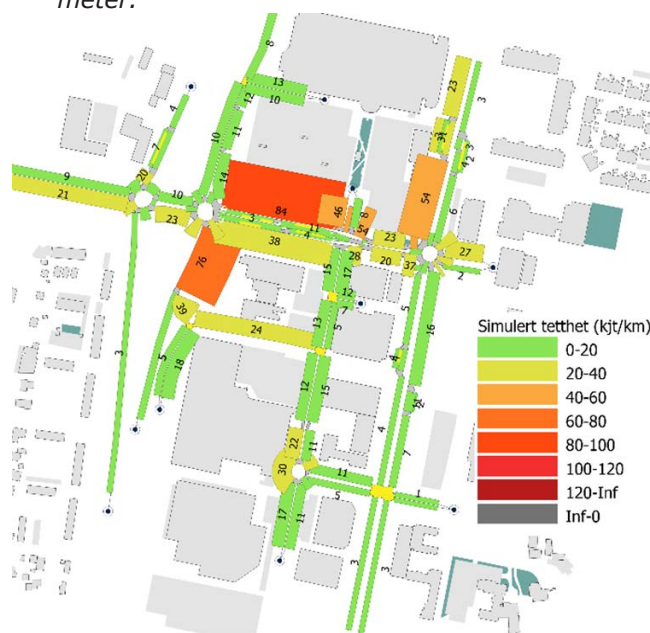
I 2050 har det vært en stor økning i simulert tetthet i noen deler av nettverket sammenlignet med basisscenarioet, som vist på figur 173. Den største simulerte tettheten



Figur 171 viser tetthet for basisscenarioet i kjøretøy per kilometer.



Figur 172 viser tetthet i 2030 i kjøretøy per kilometer.



Figur 173 viser tetthet for 2050 i kjøretøy per kilometer.

i nettverket kan sees i Anne-Kath. Parows Veg fra øst. Her er det 84 kjøretøy per kilometer. Tilfarten mot kryss nr. 3 har en tetthet på 76 kjøretøy per kilometer i 2050, og det er 54 kjøretøy per kilometer på tilfart fra nord mot kryss nr. 5. To av veglenkene som går mot kryss nr. 4 fra nord og øst har også tetthet på over 40 kjøretøy per kilometer. Resten av nettverket har en lavere tetthet enn 40 kjøretøy per kilometer.

I tabell 26 er det presentert resultat for antall svingebevegelser de ulike kjøretøygruppene har gått glipp av, bortkommende kjøretøy og virtuell kø. Bortkommende kjøretøy er kjøretøy som har gått glipp av en forhåndsdefinert svingebevegelse og som ikke lengre kan nå sin ønskede destinasjon. Virtuell kø er gitt som gjennomsnittlig antall kjøretøy i simuleringen som blir blokkert slik at de ikke kan ankomme modellen.

Som du kan se fra tabell 26 er det ingen bortkommende kjøretøy i modellen for noen scenarier. Derimot er det noen kjøretøy som ikke rekker svingebevegelsen de var tiltenkt. Som du kan se fra tabellen er det flere kjøretøy i fremskrevne scenarier som ikke rekker svingen enn ved basisscenarioet. Man kan også se at standardavvikene øker for alle år frem i tid for alle kjøretøygrupper, og det er flere lette kjøretøy enn tunge kjøretøy som ikke rekker svingen. Den virtuelle køen er lav for både basisscenarioet og fremskrevet scenario til 2030, mens for scenarioet i 2050 er det i gjennomsnitt rundt syv motoriserte kjøretøy som blir blokkert fra å ankomme modellen med standardavvik på 13,7 kjøretøy.

For å finne ut hvilke rutevalg som fører til U-sving i rundkjøringene øst og vest for Tillerterminalen i modellen gjennomfører jeg en koblingsanalyse. Den tar for seg

Tabell 26 viser «missed turns», «lost vehicles» og «virtual queue» fra modellen for alle simulerte scenarier.

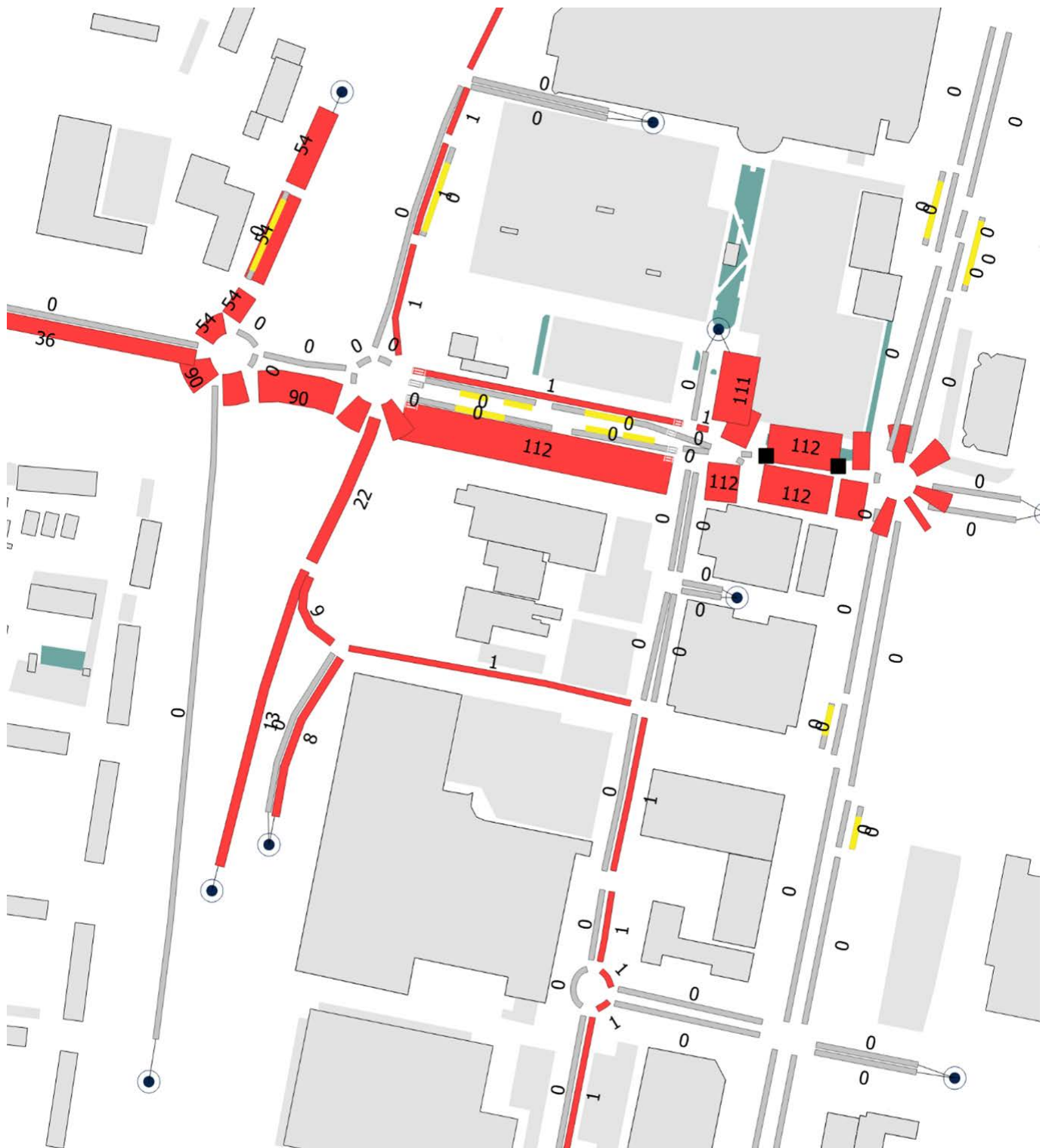
År	Antall svinger lette kjøretøy har gått glipp av	SD	Antall svinger tunge kjøretøy har gått glipp av	SD	Bortkommende kjøretøy	Virtuell kø	SD
2021	2,7	1,6	0,6	0,7	0	0,08	0,01
2030	5,7	1,8	0,9	1,3	0	0,11	0,01
2050	32,2	16,6	4,0	3,3	0	7,3	13,7

veglenken før og veglenken etter rundkjøringene som hvert enkelt kjøretøy må benytte for å gjennomføre en U-sving. I denne koblingsanalysen velger jeg å vise resultater for basisscenarioet, ettersom jeg er ute etter tendenser for rutevalg, og antall kjøretøy som gjennomfører U-sving i de ulike scenariene er ansett som mindre viktig.

Som du kan se fra figur 174 tar 112 kjøretøy en U-sving i kryss nr. 5. Mesteparten av denne trafikken kommer fra vest i studieområdet og fra de to avk-

jøringsrampene fra E6. Kun 9 kjøretøy kommer fra Ivar Lykkes veg sør i modellen. Kjøretøyene som foretar dette rutevalget, ønsker i all hovedsak å ankomme City Syd i kryss nr. 4. Et kjøretøy foretar et ulogisk rutevalg, og reiser gjennom kryss nr. 3 to ganger. Dette kjøretøyet må komme fra sør eller vest for kryss nr. 3, før det reiser østover i Anne-Kath. Parows Veg, tar en U-sving i kryss nr. 5, reiser tilbake til kryss nr. 3 og drar nordover.

Figur 175 viser at 98 kjøretøy foretar U-sving i første rundkjøring vest for

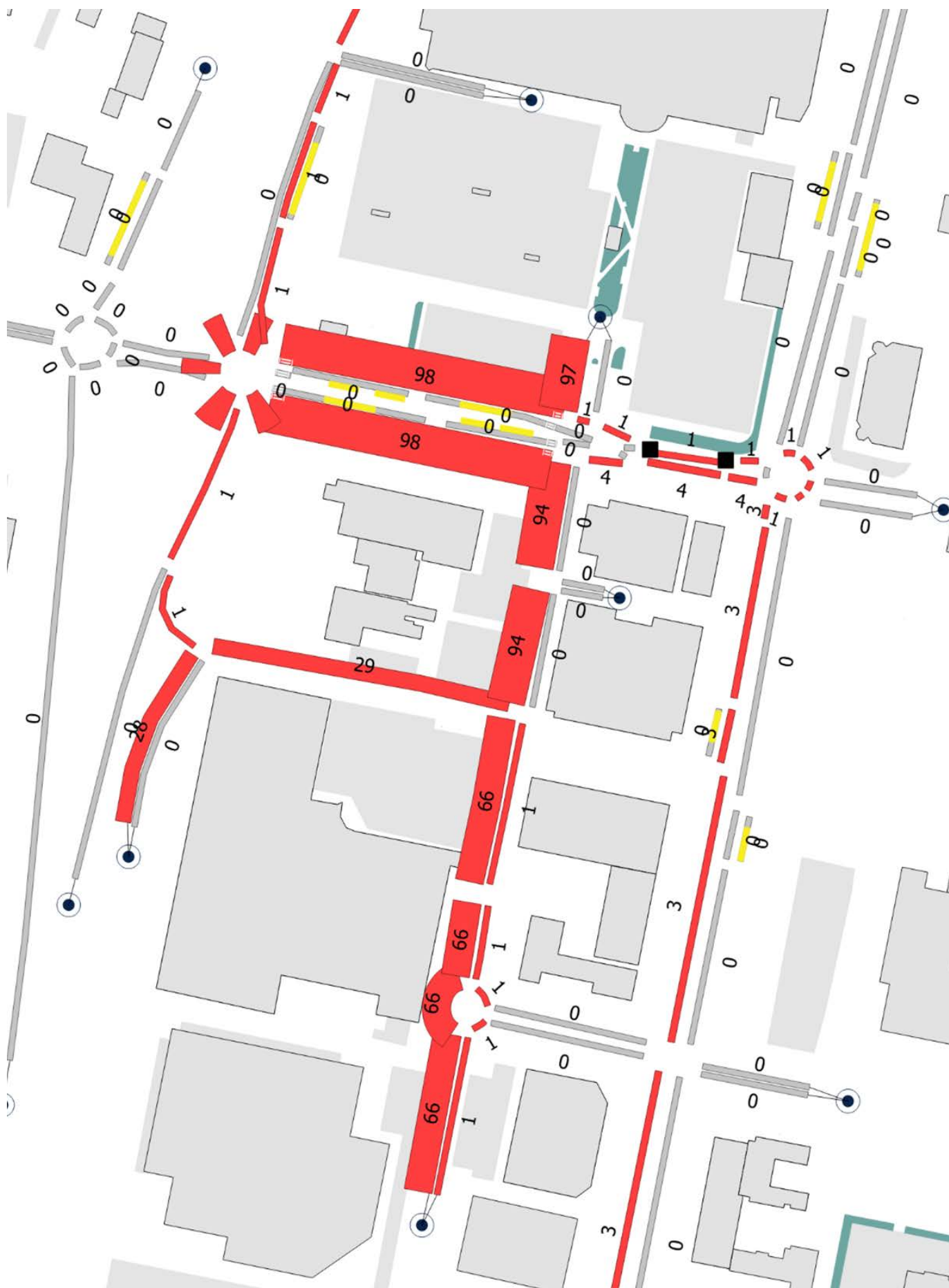


Figur 174 viser antall kjøretøy som tar U-sving i modellen i den nye rundkjøringen mellom Anne-Kath. Parows Veg og Østre Rosten.

Tillerterminalen i Anne-Kath. Parows Veg i løpet av simuleringsperioden i basisscenarioet. 97 av disse kommer fra City Syd og kryss nr. 4. Det som er felles for nesten alle kjøretøyene er at de ønsker å reise sørover i modellen. 94 av kjøretøyene benytter Ivar Lykkes Veg, mens tre kjøretøy benytter

Østre Rosten. To kjøretøy foretar ulogiske rutevalg, der det ene reiser nordover enda det foretok en U-sving i kryss nr. 3, og det andre kjøretøyet tar både en U-sving i kryss nr. 3 og i kryss nr. 5 før det reiser sørover.





Figur 175 viser antall kjøretøy som foretar U-sving i nærmeste rundkjøring vest for Tillerterminalen i Anne-Kath. Parows Veg.

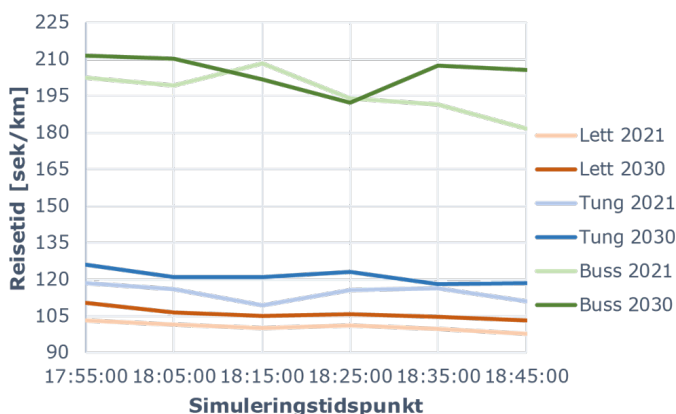
Figur 176 og 177 er begge reisetidsgrafer for de utførte simuleringene med busser, lette kjøretøy og tunge kjøretøy. Figur 176 sammenligner reisetiden for basisscenarioet i 2021 med scenarioet for 2030, mens figur 177 sammenligner reisetiden for basisscenarioet i 2021 med scenarioet for 2050.

Når jeg skulle sette opp en reisetidsgraf for bussers reisetid hadde jeg tre muligheter. Det første alternativet var kun å se på reisetiden til metrobusser, det andre alternativet var å se på alle busser utenom metrobusser og det tredje alternativet var å regne et gjennomsnitt mellom de to kjøretøytypene. Jeg valgte å se bort ifra alle andre busser enn metrobusser, fordi denne kategorien viser urealistisk høy reisetid midt i simuleringen. Det er blant annet, fordi linje 72 har lang reguleringstid ved Tillerterminalen på rundt 20 minutter ved dette tidspunktet. Dessuten har metrobusslinje 1 mange nok avganger slik at jeg kan få en oppdatert reisetid ved hvert timinuttersintervall.

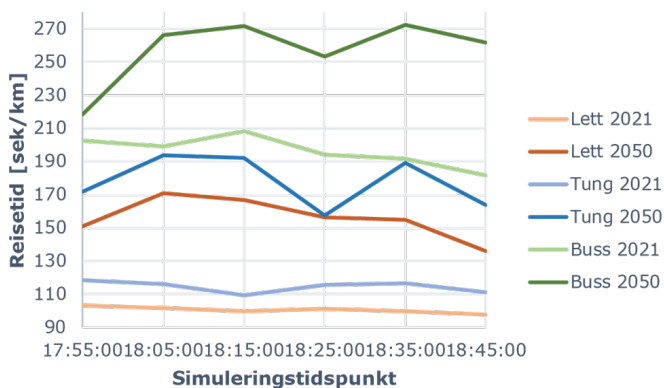
Fra figur 176 ser vi at det ikke er stor forskjell på basisscenarioet og scenario 1 for 2030 når det kommer til reisetid. Her er det maksimalt 30 sekunder per kilometer som skiller de ulike kjøretøygruppene i 2021 og 2030. For busser er forskjellen størst, etterfulgt av tunge og lette kjøretøy. Man kan også se fra grafen at reisetiden til busser nesten er dobbelt så høy som reisetiden til andre motoriserte kjøretøy.

Fra figur 177 kommer det frem at det er stor forskjell i reisetid mellom scenario 2 i 2050 og basisscenarioet i 2021 for alle kjøretøygrupper. Forskjellen i reisetid er størst for buss og tunge kjøretøy, med maksimal endret reisetid på omtrent 80 sekunder per kilometer. For lette kjøretøy er maksimal endret reisetid 75 sekunder per kilometer.

Maksimal reisetid for lette og tunge kjøretøy finner sted omtrent klokka 18:05 for simuleringen i 2050. Det er også to tidspunkter under simuleringen der bussers reisetid er maksimal under fremtidssce-



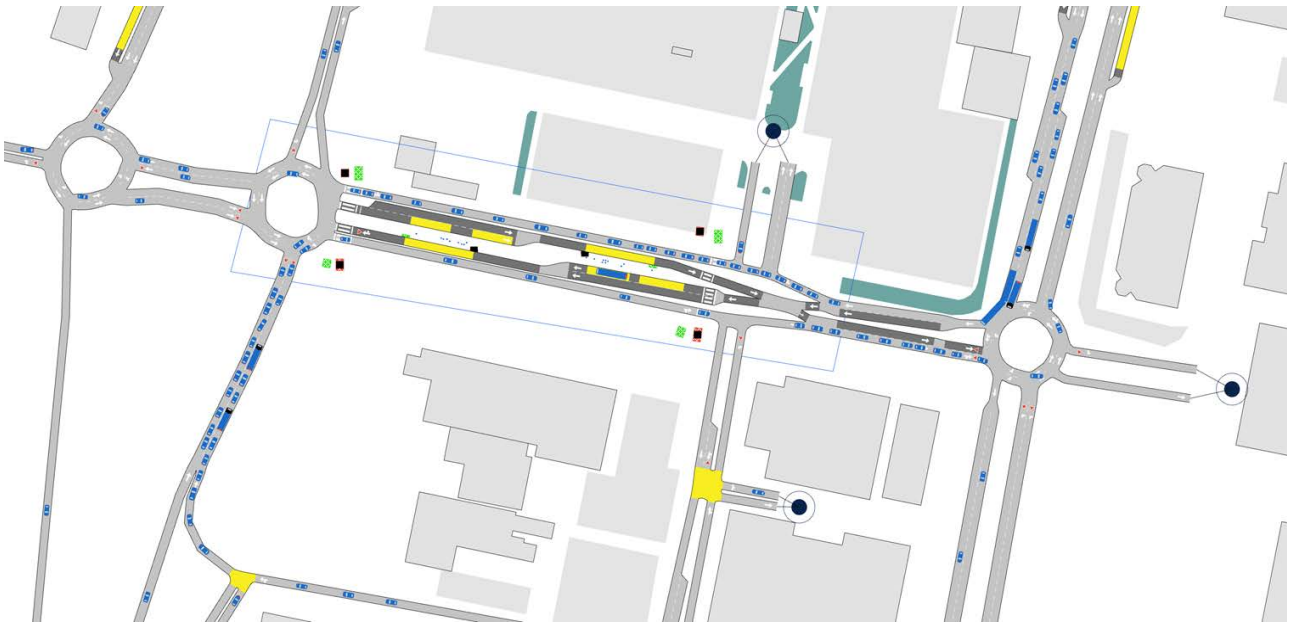
Figur 176 viser reisetid i sekunder per kilometer for lette kjøretøy, tunge kjøretøy og busser i basisscenarioet for 2021 og scenario 1 for 2030.



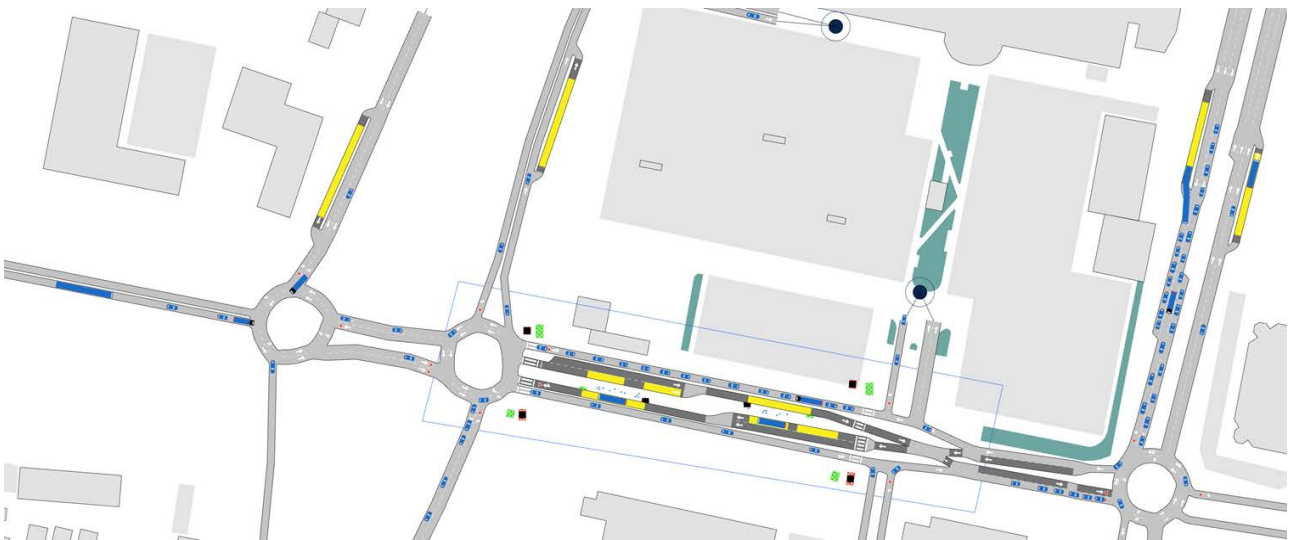
Figur 177 viser reisetid i sekunder per kilometer for lette kjøretøy, tunge kjøretøy og busser i basisscenarioet for 2021 og scenario 2 for 2050.

narioet i 2050. Det ene er klokka 18:15, mens den andre er 18:35. Busser og tunge kjøretøy har også en nedgang i reisetid klokka 18:25. For å få klarhet i hva som skyldes disse store endringene i reisetid så tar jeg en kikk på den animerte simuleringen for en av replikasjonene.

Som du kan se fra figur 178 er det noen områder med kødannelse klokka 18:05. De mest utsatte områdene er tilfarten til kryss nr. 3 fra sør og feltet mot vest i Anne-Kath. Parows Vegs for øvrig motorisert trafikk.



Figur 178 viser områder i modellen med høy trafikkbelastning for simuleringstidspunktet 18:05 i 2050.



Figur 179 viser områder i modellen med høy trafikkbelastning for simuleringstidspunktet 18:15 i 2050.

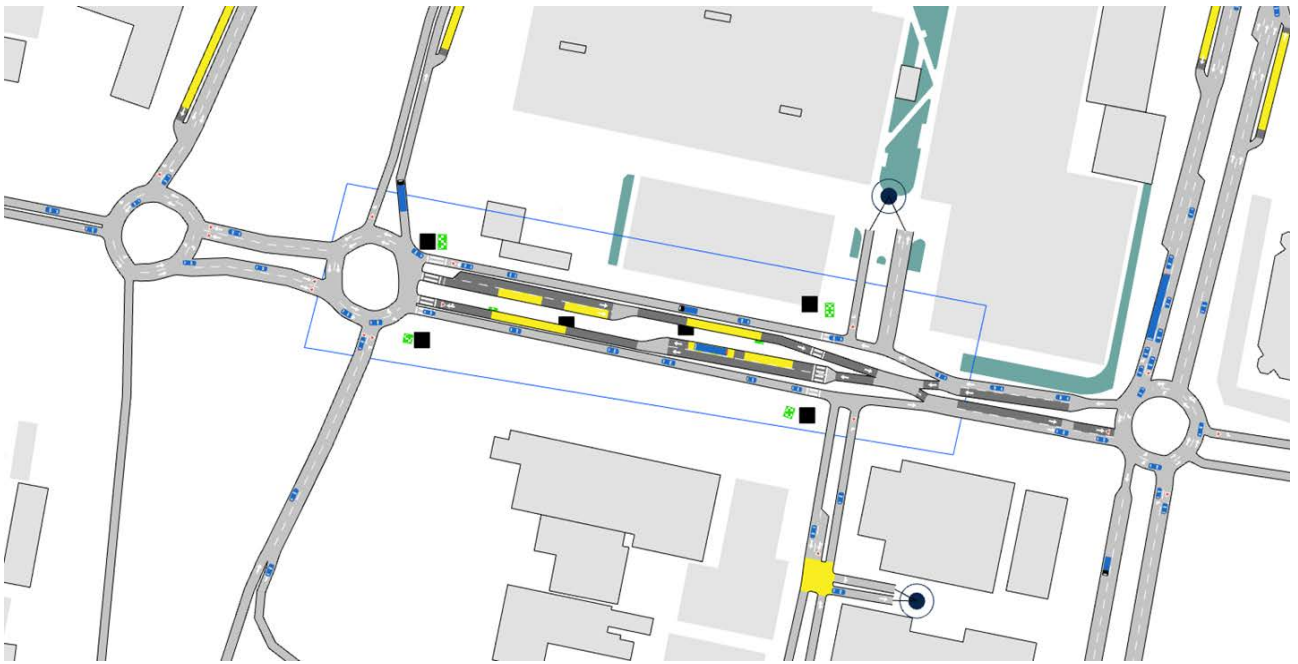
Klokka 18:15 hadde reisetidsgrafen et toppunkt for bussers reisetid i 2050, og som du kan se fra figur 179 kommer dette av høy trafikkmengde som forsinker metrobusen fra å kjøre ut av holdeplassen City Syd i retning mot Tillerterminalen 2. I motsatt retning virker det som om metrobusen har tilnærmet klar bane, og kan kjøre gjennom modellen uten store forsinkelser.

Der det tidligere var kødannelser klokka 18:15 viser figur 180 at de har løsnet opp klokka 18:25. Dette er nok det simulering-

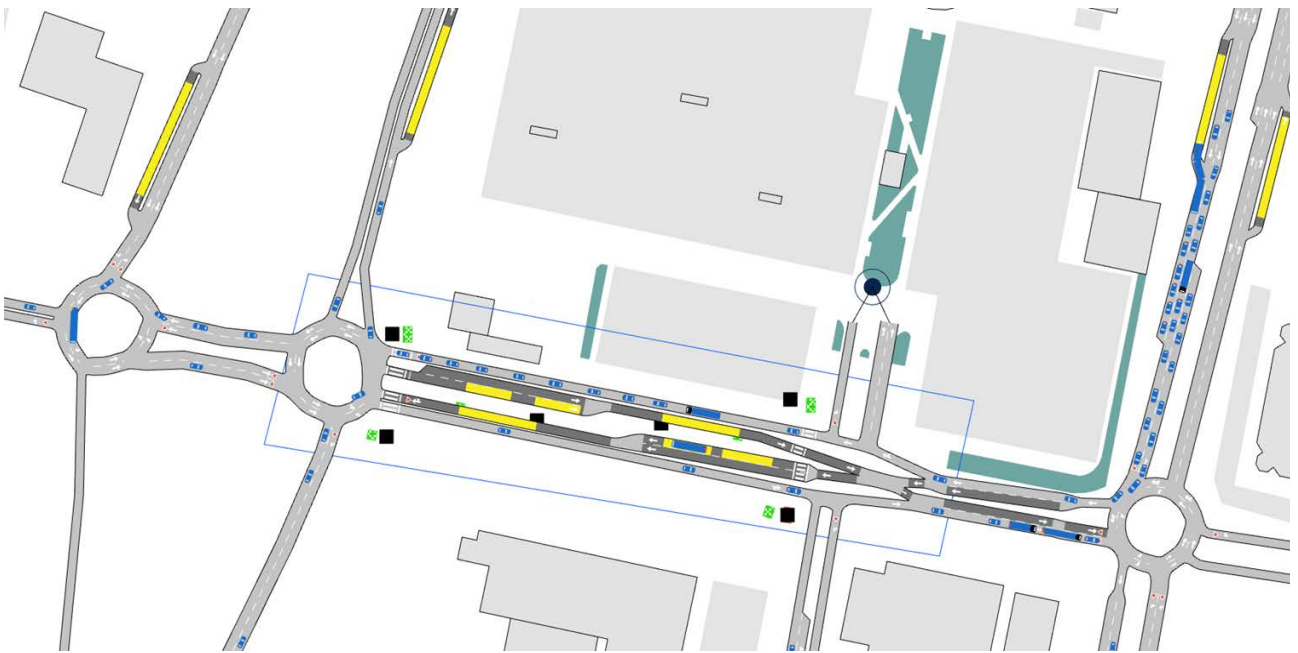
stidspunktet for scenario 2, der modellen har minst trafikk.

Figur 181 viser områder med høy trafikkbelastning for metrobussens andre toppunkt på reisetidsgrafen. Figur 181 har samme kødannelser som ble diskutert for figur 179, men nå er simuleringstidspunktet 18:35 istedenfor 18:15. Det tyder på at forsinkelsene metrobusen blir utsatt for i stor grad avhenger av kødannelsen mot kryss nr. 5 fra nord.





Figur 180 viser områder i modellen med høy trafikkbelastning for simuleringstidspunktet 18:25 i 2050.



Figur 181 viser områder i modellen med høy trafikkbelastning for simuleringstidspunktet 18:35 i 2050.





## 7. Diskusjon

### **Hvordan oppleves Tillerterminalen av de som bruker den?**

Gjennom å tilrettelegge et nytt rutetilbud i Trondheim med miljøvennlige busser, oppgradering av holdeplasser, flere kollektivgater på de viktigste bussrutene og leskur med nytt design har Trondheim kommune klart å skape ny identitet rundt kollektivtilbudet. De har vist at kollektivtransport er noe som satses på i byen, og gjennom tiltakene ønsker de å øke markedsandelen for kollektivtransport.

I løpet av masteroppgavearbeidet har jeg gjennomført en spørreundersøkelse om kollektivtransport i Trondheim og Tillerterminalen. Den ble besvart av 502 personer, der to tredjedeler var kvinner og en tredjedel var menn. En stor andel av respondentene var unge voksne. På grunn av skjevheter i utvalget kan man forvente usikre resultater. De som har svart på spørreundersøkelsen har også egen interesse av Trondheims kollektivtilbud og Tillerterminalen. Av respondentene var det totalt 94 prosent som svarte at de reiser med buss i Trondheim, 85 prosent kjenner til Tillerterminalen og 56 prosent har reist til eller fra kollektivknutepunktet.

Tillerterminalen er et kollektivknutepunkt som ifølge flertallet av respondentene har et tilstrekkelig stort venteeareal. En av fordelene med å bygge midstilt holdeplass er at ventende kollektivtrafikanter har et eget areal som ikke er i konflikt med mobiliteten til syklistene eller gående (Officials, 2016).

Fra spørreundersøkelsen kommer det frem at en stor andel av respondentene har reist til eller fra Tillerterminalen når de skal utføre private ærender, som for eksempel innkjøp, og for å komme seg til og fra jobb. På reiser til og fra Tillerterminalen er det buss og gange som er de dominerende reisemidlene. Linjene med høyest frekvens har også størst markedsandel. Det gjelder særlig metrobusslinje 1, busslinje 16 og busslinje 23. Kun litt over halvparten av de

som har reist til eller fra Tillerterminalen med buss, har også byttet buss ved kollektivknutepunktet. De samme busslinjene som hadde høy markedsandel på en tur, har også stor markedsandel ved bussbytte. At busslinjene med høyest frekvens har flest reisende kan bety at rutetilbudet er godt tilpasset til å tilfredsstille etterspørselen etter kollektivtransport på Tiller.

Tre faktorer skilte seg ut i spørreundersøkelsen som de viktigste for respondentene ved kollektivtilbudet i Trondheim. Disse var mange avganger, lav pris og direkte ruter. Det samsvarer greit med den uformelle undersøkelsen gjennomført av Adresseavisen, der flest mente hyppige avganger var det viktigste, etterfulgt av busser i rute og å unngå bussbytter (Adressa, 2017). Fra spørreundersøkelsen jeg har gjennomført er busser i henhold til rutetabell en mindre viktig faktor enn det som kommer frem av undersøkelsen til Adressa, samtidig er antall avganger og direkte ruter prioritert likt blant respondentene i de to undersøkelsene. Hovedårsaken til at undersøkelsene avviker fra hverandre kan avhenge av valgsettet, og i Adresseavisen var ikke pris et mulig alternativ.

En annen årsak til at busser i rute var beskrevet som viktig for mange i Adresseavisens undersøkelse i 2017 og mindre viktig i spørreundersøkelsen i denne masteroppgaven kan være, fordi folks prioriteringer har endret seg over tid. Det kan komme av at bussene i Trondheim har blitt mer pålitelige. Det vil si at forsinkede busser ikke lengre er noe stort problem. Dessuten kan ny teknologi som sanntidsskjermer bidra til å gjøre det mer akseptabelt å vente på en forsinket buss, siden du blir oppdatert fortløpende om hvor lenge du må vente.

Flertallet av respondentene mener busslinjene ved Tillerterminalen oppfattes som direkte, at Tillerterminalen har et godt rutetilbud med mange avganger i timen, men ikke at ventetiden ved bussbytte oppleves lav. Det er flere respondenter



som mener at Tillerterminalen har et godt rutetilbud med mange avganger i timen, enn det er som oppfatter rutene direkte.

Årsaken til at ventetiden ikke oppleves lav enda Tillerterminalen har mange avganger kan være, fordi ventetid generelt oppleves som en tidstyv og ulempe (Balcombe et al., 2004). Så uavhengig av lengden på ventetiden vil den nok oppleves lengre enn den er.

Dersom området holdeplassen befinner seg i oppleves som et fint område, vil det ikke være like krevende å verken foreta bytte eller være ventende ved plattformen (Guo og Wilson, 2011). Spørreundersøkelsen viser at omtrent halvparten av respondentene ikke opplever at Tillerterminalen har fine omgivelser. Noen mulige årsaker til at Tillerterminalen regnes å ha mindre fine omgivelser kan blant annet være, fordi den er utsatt for vegtrafikkstøy fra begge sider av venteplattformen og det finnes lite grønnstruktur og beplantning i umiddelbar nærhet (Trondheim kommune, 2017 og Trondheim kommune, 2020).

På spørsmål om å rangere syv ulike funksjoner ved kollektivholdeplasser i Trondheim var nesten halvparten av respondentene enig i at sanntidsskjermer er det viktigste. Det som videre ble rangert som nest viktigst er infotavler med ruteinformasjon, slik at man kan planlegge reisen sin når man ankommer holdeplassen eller i alle fall forsikre seg om at man velger riktig buss for å ankomme rett destinasjon (Balcombe et al., 2004). Leskur er også en av topp tre funksjoner som kollektivtrafikanter anser som viktige ved holdeplasser.

De fleste kollektivtrafikanter ved Tillerterminalen svarer at de er fornøyde med informasjonen som finnes ved hold-eplassen, og at bussene ankommer hold-eplassen i rett tid både i henhold til tilgjengelig sanntidsinformasjon og rutetabell. Av de to informasjonskildene opplever flere at bussene kommer i rett tid i henhold til sanntidsinformasjon enn rutetabell.

Tillerterminalen har også mange sitteseksjoner med benker i ulike høyder. På spørsmålet om det alltid er minst en ledig sitteplass er svarene veldig jevnt fordelt utover Likert-skalaen. Noe som kan tyde på at det varierer over døgnet og året om det er tilgjengelige sitteplasser. Det samme gjelder spørsmålet om søppelkassene ved Tillerterminalen aldri er fulle. På disse to spørsmålene svarer henholdsvis 40 og 60 prosent verken enig eller uenig. Det kan tyde på at dette ikke er informasjon som en kollektivtrafikanter til enhver tid vet. Hvis man ankommer holdeplassen samtidig med bussen man ønsker å reise med går reisende om bord uten å ofre servicetilbudet ved holdeplassen en tanke. Det er også flere som enige i påstanden om at det er ledig plass under Tillerterminalens leskur, enn det er som er uenig.

De nye leskurene med «fint design» blir kritisert for at de er fine å se på, men lite funksjonelle. Store glipper mellom vegg og tak, samt korte sidevegger i leskuret gjør at kollektivtrafikanter sjelden opplever følelsen av ly når det blåser, regner eller snør i Trondheim. Her burde planleggere kanskje se på om det er mulighet for å tette leskurene enda mer.

Respondentene er stort sett enig i at Tillerterminalen har nærhet til destinasjoner de ønsker å nå. Det samme resultatet er å oppdrive på spørsmålet om respondentene opplever det enkelt å gå eller sykle til eller fra Tillerterminalen til deres ønskede destinasjoner. Flere av respondentene er enige i at Tillerterminalen har nærhet til destinasjoner de ønsker å nå, enn det er som opplever at det er enkelt å komme seg til og fra Tillerterminalen. De som opplever det enklest å gå eller sykle fra Tillerterminalen til sine ønskede destinasjoner er også i stor grad de som reiser kortest.

De som synes Tillerterminalen ikke har nærhet til destinasjoner de ønsker å nå eller at det er enkelt å komme seg til kollektivknutepunktet, er særlig de som ønsker å reise til og fra sine boliger øst

for studieområdet. Utenfor rushtid er det to busslinjer som går gjennom Tillerringen som skal dekke etterspørselen etter kollektivtransport til boligområdet øst for studieområdet. Disse er linje 16 som går via Tillerterminalen og linje 45 som ikke går via Tillerterminalen, men i stedet stopper ved Tonstadkrysset. Tonstadkrysset har lignende funksjon som Tillerterminalen, og defineres som omstigningspunkt. Runden bussene kjører gjennom Tillerringen tar omtrent seks minutter (AtB, 2021).

Runden i Tillerringen ansees som en ganske lang omveg for de som bor i sydvestlig halvdel av Tillerringen. For dem ville en mer direkte rute vært å foretrekke gjennom Østre Rosten. Det oppleves også tungvint å bytte buss ved Tillerterminalen for kollektivtrafikanter som ønsker å dra mot Trondheim sentrum. Det er, fordi bussene faktisk må kjøre litt tilbake mot sør for å komme seg til Tillerterminalen. Da er nok busslinje 45 å foretrekke, ettersom bussen stopper ved et omstigningspunkt som i alle fall er i samme retning som byen.

Over 37 prosent av respondentene er uenig i at det er trafiksikkert å gå eller sykle fra Tillerterminalen til sine destinasjoner, mens 38 prosent er enig i påstanden. Her er det viktig å finne ut av hva som er årsaken til at mange respondenter ikke opplever reisen trafiksikker. Generelt svarte en høyere ande menn enn kvinner at de opplever reisen med gange eller sykkel fra Tillerterminalen til sine ønskede destinasjoner trafiksikker. Kartene viser at kvinner i alderen 31 til 40 år er de som opplever reisen til sine destinasjoner minst trafiksikker, mens menn fra 18 til 30 år mener sine gang- og sykkelruter er de mest trafiksikre.

Det ingen store forskjeller på rutevalgene til unge menn under 30 år og kvinner i alderen 31 til 40 år. Fra litteraturen vet vi at kvinner vanligvis opplever trafiksikkerheten som mindre god sammenlignet med menn (Foster et al., 2004 og Lam, 2001). Samtidig tar unge menn under 25 år størst risiko, og blir utsatt for flest ulykker i

trafikken. Det kan være et resultat av at de overestimerer sin egen trygghet (WHO, 2020).

En mulig årsak til at kvinner i alderen 31 til 40 år opplever området som minst trafiksikkert å ferdes i kan ha en sammenheng med om de har barn eller ikke. Aldersgruppen er nok den, der det er vanligst å ha barn som ønsker å leke selvstendig i nabolaget. Fra litteraturen vet vi at det er sammenheng mellom hvor store trafikkmengder som finnes i nærområdet og opplevd trygghet til foreldre (Lam, 2001). Tillerterminalen befinner seg i et bilbasert område med høy trafikkmengde, og kan dermed oppleves som mindre trafiksikkert.

Fra teorien vet vi at separasjon mellom trafikanter bidrar til å øke trafiksikkerheten i gata gjennom å minske konfliktpunkter, og denne effekten er ønsket i Anne-Kath. Parows Veg mellom busser og øvrige motorkjøretøy (Otero-Niño et al., 2019). Fra videoregistreringene kan man derimot se at løsningen ikke nødvendigvis gjør gata mer trafiksikker. Det ble blant annet observert kjøretøy som kjørte feil i krysningsområdet for busser med vilje for å sette av en bekjent ved holdeplassen. I Trondheim finnes det en egen ordning for dette kalt «Kiss and Ride». Det er en egen holdeplass med nærhet til kollektivknutepunktet, der bilister kan stoppe opp og ta seg god tid til å sette av en bekjent. Dette er nok ikke nødvendig å anlegge ved Tillerterminalen, ettersom det finnes store parkeringsplasser i umiddelbar nærhet til holdeplassen. Likevel tenker jeg at atferdsmønsteret, der bilister bryter trafikkregler, bygger opp under påstanden om at noen kollektivtrafikanter opplever høy risiko ved å krysse Anne-Kath. Parows Veg. Eventuelt skal de ha med seg tunge ting om bord i bussen som oppleves tungvint å transportere over korte avstander.

Det var også mange fotgjengere som krysset Anne-Kath. Parows Veg utenfor oppmerket gangfelt. Noe som kan tyde på at gangfeltene er plassert utenfor naturlig

gangmønster. Tillerterminalen er en lang holdeplass, og for mange rutevalg som fotgjenger vil bruk av etablerte gangfelt føre til omveger.

Totalt sett er halvparten av respondentene uenig i at kollektivtilbudet i Trondheim har blitt bedre etter etableringen av Tillerterminalen. Det er på tross av at mange opplever at Tillerterminalen har tilstrekkelig stort venteareal, at rutene som går fra holdeplassen er direkte, har høy frekvens, at bussene går i rute og at informasjonsmulighetene ved holdeplassen er gode.

Det som er gjennomgående i spørreundersøkelsen er at mange mener ruteomleggingen fra 2019 har gitt kollektivtrafikantene en ulempe. Busslinjene som tidligere var ordnet slik at kollektivtrafikantene kunne ta en direkte linje til sin destinasjon, er nå endret slik at de må foreta minst et bytte.

Et eksempel på dette er linje 46 som tidligere tok kollektivtrafikantene direkte fra City Syd til Pirbadet på omtrent 20 minutter med avganger gjennom hele dagen (AtB, 2017). Til sammenligning tar linje 23 deg direkte til Pirbadet fra Tillerterminalen på 49 minutter, og har ikke avganger gjennom hele dagen (AtB, 2021). Omleggingen av rutene har med andre ord gitt en dobling i reisetid på denne turen. Det finnes også en rekke andre alternativer med minst et bussbytte, der minimal reisetid fra Tillerterminalen til Pirbadet er på rundt en halv time (AtB, 2021).

Alt i alt mener kollektivtrafikantene at de har fått et dårligere rutetilbud når reisen tar både lengre tid og inkluderer bytte av busser.

## **Er det mulig å lage en realistisk mikrosimuleringsmodell for området ved Tillerterminalen i 2021?**

I denne masteroppgaven ble det brukt en operasjonell mikrosimuleringsmodell i Aimsun Next 20.0.2. Den hadde som hensikt å modellere trafikale effekter i studieområdet i dagens situasjon og fremtidig situasjon i 2030 og 2050. Framskrivningen av biltrafikk, tungbiltrafikk og kollektivtrafikk ble gjort i henhold til grunnprognoser for trafikkvekst (TØI, 2019).

Fra teorien vet vi at de operasjonelle modellene egner seg best for å estimere effekter kun ti år frem i tid (Tørset et al., 2012). Noe som betyr at både dagens situasjon og fremtidig situasjon i 2030 fint kan simuleres med modellen. Derimot blir resultatene fra scenariet som viser fremskrevet trafikk mot 2050 mer usikre.

Vi vet også at tidspunktet for trafikkregistreringene vil bidra til å underestimere de trafikale konsekvensene. Registreringene ble gjort i januar og februar, når trafikkmengdene er lavere enn normalt. I tillegg grunnet nasjonale og lokale påbud og anbefalinger under koronasitasjonen har registrert trafikk vært redusert med omtrent 20 prosent sammenlignet med en normalsituasjon (Statens vegvesen, 2014b og Statens vegvesen, 2021).

I scenarioet for 2030 har vi antatt trafikkvekst for personbil på 13 prosent, 20 prosent for godstransport og 5 prosent for kollektivtransport. Med andre ord vil nok scenarioet for 2030 egentlig representere en normalsituasjon. I scenarioet for 2050 ble det antatt trafikkvekst fra grunnprognosene for personbil på 37 prosent, 56 prosent for godstransport og 13 prosent for kollektivtransport, sammenlignet med basisåret 2021. Hvis vi tenker at fremtidsscenarioet for 2030 representerer en normalsituasjon vil scenarioet for 2050 kun ha ført til 24 prosent trafikkvekst for personbil, 36 prosent for godstransport og åtte prosent for kollektivtransport (TØI, 2019).



Grunnen til at scenarioet for 2050 er medtatt i simuleringen er for å se hvordan studieområdet tåler trafikkvekst. Tillerterminalen stod ferdig før koronapandemien startet, og derfor vil det ha liten betydning å kun simulere et scenario med trafikkmengde lik den som ble observert i fjor vinter. Samtidig er det fint at tallene for trafikkvekst har forankring i forventet økt transportetterspørsel fra strategiske transportmodeller.

Trafikkprognosene for Trondheim baserer seg også på en situasjon, der man ikke innfører tiltak som kan påvirke transportetterspørselen. Denne antagelsen passer dårlig for en storby som Trondheim, der man har inngått byvekstavtaler med mål om nullvekst i personbiltransport (Samferdselsdepartementet, 2020). Det vil i stedet være nærliggende at kommunen iverksetter tiltak som bidrar til økt persontransport med gange, sykkel og kollektiv, og som samtidig begrenser bruk av personbil. Av denne grunn vil nok beregningene for trafikkvekst for lette kjøretøy være høyere i framskrivningen, sammenlignet med realiteten.

Modellert kollektivtrafikk preges av at videoregistreringene fant sted i en lavtidsperiode, der det var omtrent 20 busser som passerte Tillerterminalen i timen. Holdeplassen er dimensjonert for 50 busser per time (Adressa, 2020b). Det gjør at jeg ikke har fått evaluert hvordan Tillerterminalen virker når det er trengsel blant kollektivreisende. Med 50 avganger fra Tillerterminalen vil nok flere busser benytte seg av reguleringsområdet bak på holdeplassen enn det jeg observerte. Antall av- og påstigninger i mikrosimuleringsmodellen var nok også færre enn det ville vært i en rushtidssituasjon.

Alle kollektivlinjene som passerte Tillerterminalen ble lagt inn i modellen med kjøremønster slik de ble observert gjennom videoregistreringene, og det ble gitt tidspunkt for avganger basert på registrert frekvens.

Oppholdstiden ved Tillerterminalen ble beregnet som gjennomsnittlig registrert oppholdstid med tilhørende standardavvik. For de resterende holdeplassene antas en gjennomsnittlig oppholdstid med standardavvik for alle busslinjer. Disse dataene er gode, men avvik kan forekomme, ettersom det kan være vanskelig å se på video når bussene står helt i ro. Et par sekunder feil observert oppholdstid vil utgjøre 11 prosent på en registrert oppholdstid på 18 sekunder. Med andre ord er marginene små med tanke på kvalitet for registreringene. For bussene som ikke passerte Tillerterminalen ble rutenummer ikke registrert. Det ble derfor antatt ruter basert på bussenes registrerte svingebevegelser i studieområdet ni kryss. I tillegg ble det gjort en antagelse om at bussene stopper på alle holdeplassene de passerte på ruten.

Med andre ord er det større usikkerhet for busslinjene som ikke passerer Tillerterminalen, ettersom det er færre registrerte størrelser som er puttet inn i modellen. Dessuten vet man ikke sikkert om bussene som kjører gjennom studieområdet er i rute eller ikke. Dersom de ikke er i rute, ville de ikke stoppet ved bussholdplassene. Det er uansett få busslinjer med få avganger innenfor studieområdet i simuleringsperioden som ikke passerer Tillerterminalen, og det vil derfor ikke ha store konsekvenser for modellen om antagelsene for disse busslinjene ikke stemmer helt.

Det er kun området rundt Tillerterminalen som modelleres med fotgjengere. Data for fotgjengere som krysser Anne-Kath. Parows Veg i gangfelt til og fra Tillerterminalen har jeg fått tilgang på gjennom Anders Lie-Nielsen. Kvaliteten på dataene er vanskelig å angi, men jeg har tiltro til at den er god nok til å bli brukt i min modell.

Registrerte antall av- og påstigninger ved Tillerterminalen 2 har god kvalitet. Ofte gikk det ikke så mange kollektivtrafikanter av og på bussene ved holdeplassen samtidig, og kameraposisjonen var nær nok til at jeg kunne få god oversikt over situasjonen

til enhver tid. Derimot ved Tillerterminalen 1, som hadde lengre avstand mellom kamera og holdeplass, er kvaliteten for av- og påstigninger litt dårligere. Det kommer av at registreringene er gjort på kveldstid, på litt lengre avstand og at kollektivpassasjerene ved holdeplassen ofte gikk i klynger ved av- og påstigning.

I simuleringen var målet å representere de registrerte dataene på en realistisk måte for hver busslinje. Det mest kompliserte var å få antallet fotgjengere i OD-matrisen til å samsvare med antall påstigninger for hver busslinje. Grunnen til det var at antall påstigninger for hver busslinje hadde et standardavvik, men det hadde ikke OD-matrisen. Avstigende kollektivtrafikanter var lettere å simulere, ettersom antallet kun ble definert direkte for hver kollektivlinje med tilhørende standardavvik. Jeg brukte også andeler fra fotgjengertellingene til å beskrive hvor kollektivtrafikanter kommer fra og skal til.

For fremtidsscenarioene ble gjennomsnittlig antall av- og påstigninger justert for hver busslinje, og ikke standardavviket. OD-matrisen for fotgjengere ble også gitt vekst. Standardavviket gjorde at antall kollektivtrafikanter som går om bord i buskene er ulikt fra avgang til avgang og fra simulering til simulering. Man kan derfor i liten grad i resultatene se direkte sammenheng mellom trafikkvekst i kollektivtransport og modellerte av- og påstigninger. Dersom jeg hadde satt registrert standardavvik for påstigende kollektivtrafikanter til hver busslinje lik null ville tallene fra OD-matrisen stemt bedre overens med tallene for hver busslinje. Man ville også sett økende tendenser for antall av- og påstigende i takt med trafikkveksten.

Det var heller ingen sammenheng mellom ventetid ved Tillerterminalen og antall av- og påstigende i modellen. Ventetiden burde enten være uendret eller litt lengre, ettersom antall kollektivtrafikanter som benyttet seg av busslinjene økte.

Noe av årsaken til at fotgjengermodellen var vanskelig å benytte for å modellere kollektivtrafikk realistisk er, fordi den er ganske ny og fremdeles har noen feil og mangler i brukergrensesnittet. Jeg opplever også at fotgjengermodellen som innlemmet i den nye Aimsun-versjonen i all hovedsak har som hensikt å se på hvilke effekter fotgjengere har på øvrig motorisert trafikk.

Før fotgjengermodellen var tilgjengelig i Aimsun kunne det være vanlig å legge inn fotgjengere som kjøretøy med lav hastighet i simuleringsmodeller for å få en mer realistisk forsinkelse i bygater med betydelig mange fotgjengere. Fotgjengermodellen i Aimsun Next 20.0.2 gjør dette enklere. Enn så lenge er det lite informasjon å hente om teorien som ligger bak fotgjengermodellen i manualen til programvaren, men det kommer nok etter hvert.

Kvaliteten på lette kjøretøy sine svingeandeler fra videoregistreringene er nokså god. Likevel kan jeg ha telt feil ved noen svingebevegelser i noen kryss. Det har vært spesielt utfordrende å telle svingebevegelser i rundkjøringene med to felt, mens de vikepliktsregulerte kryssene var de letteste å registrere.

OD-matrisen er estimert ut fra svingeandeler i hvert av de ni kryssene i studieområdet. Dette var ikke helt enkelt, ettersom en nokså høy andel lette kjøretøy foretok U-sving i to av kryssene i modellen. Utfordringen med at mange kjøretøy tar U-sving i et kryss oppstår når kryssene er plassert ganske sentralt i studieområdet, og har omkringliggende kryss. Det vil da være vanskelig å holde oversikt over hvor kjøretøyene kommer fra og skal til. Fra resultatene kom det også frem noen få ulogiske rutevalg som ikke samsvarer med virkeligheten. Det er, fordi modellen er stokastisk og har tillatt U-svinger i noen kryss.

I simuleringsmodellen er sentroiden S8 lagt til for å få realistiske trafikkstrømmer i nettverket. Uten denne sentroiden ville det ikke vært trafikk nord i Ivar Lykkes veg. Det kommer av at det er mer tidseffektivt

å reise via Østre Rosten for å komme seg fra sør i modellen til nord og motsatt. Det vil også være tidsbesparende å reise mot vest i kryss nr. 7 for å komme seg til sentroidene nordvest i modellen.

Siden tallene i OD-matrisen både baserer seg på svingeandeler for ulike registreringsdager og et kryss som ikke er registrert, vil tallene i modellen avvike litt fra virkeligheten. Noen tall vil heller ikke passe helt sammen. I tillegg burde det blitt samlet inn enda ett datasett for kalibrering av modellen for å få enda bedre samsvar mellom modellert og simulert kjøreatferd. Dette steget ble rett og slett i hoppet over for mikrosimuleringsmodellen, noe som også kan bidra til at tallene avviker fra virkeligheten. I stedet gikk mye tid til validering av modellen.

Gjennom videoregistreringene kom det frem at veldig få reiste med tunge kjøretøy på registreringstidspunktet. Under en prosent tunge kjøretøy ble registrert, og derfor ble en tungbilandel fra Vegkart brukt for å inkludere lastebiler i modellen. OD-matrisen for lette kjøretøy ble duplisert og multiplisert med tungbilandelen, og kjøretøyet ble endret fra personbil til lastebil. Forenklingen gir at tunge kjøretøy foretar samme rutevalg som lette kjøretøy, men det trenger ikke å være tilfellet i virkeligheten.

Gjennom simuleringene kan man se at kjente flaskehalsar og rutevalg kommer frem av modellen. Det betyr at selv om mange ting kunne vært registrert og implementert annerledes får modellen frem trafikkale konsekvenser som følge av tilretteleggingen av Tillerterminalen. Modellen var ikke like god på å simulere kollektivtrafikk, men det var heller ikke i kollektivfeltene ved Tillerterminalen i Anne-Kath. Parows Veg at problemområdene for trafikkavviklingen fant sted. Med andre ord er modellen god nok for formålet.

## **Hvilken innvirkning har tilrettelegging av Tillerterminalen på trafikk i området?**

Trondheim kommune kjente til effektene av reallokering av gateareal. Nemlig at når man tar areal fra en trafikantergruppe og gir det til en annen vil trafikantene som får mer areal få bedre fremkommelighet, mens trafikantergrupper som mister deler av sitt areal får dårligere fremkommelighet og mer forsinkelse (Nguyen-Phuoc et al., 2020). I Anne-Kath. Parows Veg ble det tilrettelagt to egne felt for kollektivtrafikk for å nå målet om å bedre fremkommeligheten for busstransport på Tiller (Trøndelag fylkeskommune, 2018).

Planleggere har prøvd å samle altfor mange konflikterende formål i Anne-Kath. Parows Veg (Marshall, 2004). Her er det høy trafikkmengde fra E6 som møter handleområder, skoler og barnehager, samt et kollektivknutepunkt. Det fører til køer og forsinkelser i området på Tiller.

Fra modellen kan du se at et av stedene med lavest forsinkelse er i kollektivfeltene gjennom Anne-Kath. Parows Veg. Her er det omtrent 20 avganger i hver retning for alle scenarier ved Tillerterminalen, og forsinkelsen er tilnærmet lik oppholdstiden til bussene. Det ser heller ikke ut som om økningen i antall reisende kollektivtrafikanter påvirker fremkommeligheten til bussene.

Reisetidsgrafene fra modellen bekrefter noen av respondentenes oppfatning fra spørreundersøkelsen om at kollektivtransport er et saktegående fremkomstmiddel. Faktisk bruker bussene omtrent 100 sekunder per kilometer lengre tid på å reise gjennom modellen enn både lette og tunge kjøretøy for alle scenarier. Det er, fordi mange holdeplasser i studieområdet er utformet som busslommer, slik at bussene må bruke tid på å senke farten og kjøre av vegen, for så å øke farten og vente på nødvendig tidsluke for å kjøre videre langs hovedvegnettet. Samtidig har bussene oppholdstid ved holdeplassene, der de står



fullstendig i ro.

Siden reisetiden for kollektivtransporten er høyere enn annen trafikk vil det være hensiktsmessig å bedre fremkommeligheten til bussene for å påvirke reisemiddelvalget til innbyggerne i Trondheim, men som du kan se fra resultatene er reisetiden for kollektivtransport omtrent like mye høyere enn andre motoriserte kjøretøy i modellen for alle scenarier. Prioriteringen av kollektivtransport ved hjelp av kollektivfelt i Anne-Kath. Parows Veg har med andre ord liten betydning for bussenes fremkommelighet i studieområdet som helhet, ettersom det ikke er langs denne strekningen de største forsinkelsene finner sted.

Stedet der bussene blir forsinket er i all hovedsak langs Østre Rosten nord for kryss nr. 5. Her ønsker bussene etter opphold ved holdeplassen City Syd å kjøre ut på Østre Rosten, men blir forsinket av andre motoriserte kjøretøy. Distriktsrutene som passerer avkjøringsrampene fra E6 innenfor studieområdet er også utsatt for store forsinkelser på grunn av kødannelse i nettverket. Med økt simuleringsår og trafikkvekst vil forsinkelsene som man ser for buss øke i områdene der bussene deler areal med øvrige motoriserte kjøretøy. I tillegg kom det frem av resultatene at tilfarten fra vest mot kryss nr. 2 vil være utsatt for store forsinkelser i 2050.

Reisetiden til både lette og tunge kjøretøy øker i takt med simuleringsårene. Generelt finnes de største trafikkmengdene i modellen sted langs Anne-Kath. Parows Veg, nordlig del av Østre Rosten mot kryss nr. 5, utkjøring av City Syd fra kryss nr. 1 og tilfart fra nord mot kryss nr. 3. Anne-Kath. Parows Veg fra vest ved Tillerterminalen har større trafikkvolum enn Anne-Kath. Parows Veg fra øst.

De største trafikkmengdene i modellen har ikke nødvendigvis en direkte sammenheng med størrelsen på forsinkelsen langs veglenka. Eksempelvis reiser flest kjøretøy langs Anne-Kath. Parows Veg, men de største forsinkelsene oppstår ved tilfartene

til rundkjøringene langs Anne-Kath. Parows Veg.

Den aller største forsinkelsen i modellen vil være å finne i tilfarten til kryss nr. 3 fra sør, etterfulgt av tilfarten til kryss nr. 2 fra nord og tilfartene fra vest, øst og nord til kryss nr. 5. Alle disse veglenkene har forsinkelse på rundt et minutt i basisscenarioet, men disse blir gradvis økt i scenarioet for 2030 og 2050. Dette er et resultat som samsvarer godt med tidligere analyse (Rambøll, 2018).

Anne-Kath. Parows Veg er en veglenke som i basisscenarioet har relativt lav forsinkelse, men som øker raskt i takt med trafikkveksten. I 2030 viser mikrosimuleringsmodellen en økning på åtte sekunder og 40 sekunder i 2050 sammenlignet med situasjonen fra 2021.

Noe av årsaken til at Anne-Kath. Parows Veg er spesielt utsatt for forsinkelse med økt trafikkmengde i modellen er, fordi en rekke rutevalg avhenger av denne vegen. I kryss nr. 4 er noen rutevalg ikke lengre mulig på grunn av anlagt krysningsområde for busser midt i Anne-Kath. Parows Veg, der det originalt var en rundkjøring som muliggjorde full mobilitet. For eksempel er det kun mulig å kjøre til høyre, dersom du kommer fra Ivar Lykkes veg eller utkjøringen til Citys Syd mot kryss nr. 4, og kommer du fra Anne-Kath. Parows Veg mot kryss nr. 4 kan du kun kjøre rett frem eller til høyre.

Denne gateomleggingen fører til at mange av kjøretøyenes rutevalg inneholder en U-sving i nærmeste rundkjøring øst eller vest for Tillerterminalen. Modellen viser at de som foretar U-sving i rundkjøringene på hver side av Tillerterminalen er i stor grad de som ønsker å krysse Anne-Kath. Parows Veg for å komme seg fra City Syd til Ivar Lykkes veg. Noen kommer fra vest i studieområdet og har tenkt seg til City Syd, mens andre kommer fra City Syd og ønsker å reise sydover i modellen mot Ivar Lykkes veg og Østre Rosten.

Kjøretøyene som kommer fra vest, kunne kjørt mer direkte til City Syd om de hadde brukt innkjøringen ved kryss nr. 1 istedenfor innkjøringen ved kryss nr. 4. Det registrerte kjøremønsteret for dette rutevalget kan nok i stor grad bli eliminert når trafikantene blir mer kjent i området på Tiller etter ombyggingen av vegnettet.

De som kommer fra City Syd, uavhengig av utkjøring, og ønsker å reise sørover i modellen gjennom Ivar Lykkes veg eller Østre Rosten har ikke noe annet bedre rutevalg enn det de foretar i modellen. Dette rutevalget innebærer gjennomkjøring av minst en av de to trafikkbelastede rundkjøringene.

Disse store forsinkelsene kan på sikt føre til at bilister opplever det «håpløst» å kjøre

i handleområdet på Tiller, og en effekt vi kjenner fra teorien tilsier at det er en sammenheng mellom reduksjon i gateareal og reduksjon i trafikkmengde (Nguyen-Phuoc et al., 2020).

Med andre ord kan denne prioriteringen av kollektivtransport på sikt føre til at færre kjører bil på Tiller. Det hadde vært som å slå to fluer i samme smekk hvis man både kunne prioritere kollektivtrafikk og samtidig få redusert personbiltransporten (Samferdselsdepartementet, 2020).

Kun tiden vil vise hvordan transportetterspørselen blir endret på Tiller, og verken planleggere eller sjåfører av motoriserte kjøretøy ønsker at trafikkavviklingen blir som vist på figur 182. Bildet er tatt på en lørdags morgen i november 2020.



Figur 182 viser et bilde tatt på gang- og sykkelbrua over Anne-Kath. Parows Veg. Her ser du en lang kø mot kryss nr. 3 fra avkjøringsrampa til E6. (Foto: Tonje Lysø).





1469  
1639

Obs

Foto: Tonje Lysø.



## 8. Konklusjon

Utformingen av Tillerterminalen er den første av sitt slag i Trondheim, og det er derfor viktig å observere både trafikale effekter som følge av løsningen og befolkningens holdninger til kollektivprioriteringen. Holdeplassen skulle være konkurransedyktig med bil for å nå nullvekstmålet, og begrense klimagassutslipp, støv og støv.

Tillerterminalen er et høykvalitets kollektivtilbud med mange servicefunksjoner. Den har billettautomat og validator, sittebenker, ståbenker, leskur og tilstrekkelig stort venteareal. I tillegg har den busslinjer som kommer i tide i henhold til sanntidsinformasjon og rutetabell.

Fra mikrosimuleringen fant vi at busser hadde god fremkommelighet gjennom Anne-Kath. Parows Veg, der de hadde kollektivprioritering i eget tilrettelagt felt. Den viste også at andre steder i nettverket er bussene mer utsatt for forsinkelser, ettersom de deler gateareal med andre motoriserte kjøretøy. Et av problemområdene for buss var å komme seg fra holdeplassen City Syd til Tillerterminalen. Langs veglenken i Østre Rosten kunne det tidvis være mye kø, og ettersom tre felt skulle bli til ett felt før rundkjøringen mellom Østre Rosten og Anne-Kath. Parows Veg oppstod det forsinkelser.

Bilister mener at Tillerterminalen forhindrer deres mobilitet, og gjør det vanskelig å ankomme kjøpesenteret City Syd. Den oppfatningen stemmer godt med resultatene fra mikrosimuleringen, ettersom det er bilister som får de største forsinkelsene i transportnettverket. Rundkjøringene øst og vest for Tillerterminalen er spesielt utsatt for trengsel.

Kapasiteten i Anne-Kath. Parows Veg er halvert for bilister, til fordel for omtrent 20 busser per time som passerer holdeplassen utenom rushtid. Dersom kollektivfeltene og krysningsområdet for busser ikke ble tilrettelagt i denne gaten ville trafikkavviklin-

gen totalt sett vært bedre. Samtidig ville ikke busser hatt like god fremkommelighet som de har idag.

Hvem man skal planlegge gatearealet for er en avveining gjort av politikere og planleggere. Tendenser man ser i mange store byer er at man ønsker å skape ulemper for reisende med personbil og fordeler for kollektivtrafikanter, for å påvirke transportteterspørselen. Det er gjort i Anne-Kath. Parows Veg, og tilretteleggingen for kollektivtransport var så dyr at det neppe er noe som kommer til å bli tilbakeført slik det var.

Plasseringen av holdeplassen er omdiskutert. Kollektivreisende mener det er for langt å gå fra Tillerterminalen til sine ønskede destinasjoner, ettersom de er avhengig av å krysse store parkeringsplasser. Det er sånn holdeplassen oppleves nå, men Tillerterminalen er bygd med et fremtidsperspektiv. I fremtiden vil gangavstandene bli kortere når parkeringsplassene er lagt under bakken og mange tusen kvadratmeter blir frigjort for byutvikling. Da vil opplevd trafiksikkerhet bli bedret, ettersom gatene får mindre trafikk. Det vil også oppleves triveligere å vente på bussen i et område der parkeringsplasser er byttet ut med blant annet bebyggelse og grøntområder.

Busstransport er ansett som et fleksibelt kollektivsystem, der rutene lett kan endres. Det ønsker sjelden brukerne av kollektivservicen, ettersom de blant annet er bosatt og har sine fritidsaktiviteter tilpasset kollektivnettet. Med andre ord når planleggerne la om rutetilbudet i 2019 var det mange som opplevde at de fikk et dårligere tilbud for busstransport, enn det de hadde fra før. Noen turer fikk både lengre reisetid og inkluderte bussbytter.

Noen respondenter fra spørreundersøkelsen mente de ville slutte å kjøre buss og gå til innkjøp av ny bil som følge av ruteomleggingen. Reisemiddelvalg er begrenset av valgsettet, og noen har ikke andre alternativer enn kollektivtransport på lengre turer. Årsakene til det kan for eksempel være at

den reisende er svaksynt eller for ung til å ta sertifikat, eller at økonomien ikke strekker til for innkjøp av bil. Derfor har planleggere og politikere i kommunen og fylkeskommunen et ansvar for å tilrettelegge et attraktivt og tilgjengelig kollektivtilbud for folk flest.

Spørreundersøkelsen som ble gjennomført har bidratt til å skape interesse for kollektivknutepunktet, ettersom noen respondenter ikke hadde hørt om Tillerterminalen og andre aldri hadde reist dit selv. Så når koronapandemien er over kan det tenkes at flere velger å reise til den første midtstilte kollektivholdeplassen med midtstilt plattform i Trondheim.



Figur 183 viser Tillerterminalen på en novemberdag med morgensol (Foto: Tonje Lysø).





Foto: Tonje Lysø.



## 9. Veggen videre

I denne masteroppgaven har undersøkelsene jeg har benyttet i all hovedsak bestått av en spørreundersøkelse rettet mot kollektivtrafikanter og en simuleringmodell for et avgrenset studieområde på Tiller.

Gjennom spørreundersøkelsen fikk jeg vite mye om respondentenes preferanser for kollektivtransport i Trondheim, men det spørreundersøkelsen i mindre grad fanger opp var perspektivene til bilister og sjåfører av tunge kjøretøy. Det er noe som kan forskes videre på. Man kan også prøve å få særlig flere menn og eldre til å svare på undersøkelsen for å få et mer representativt utvalg. Videre bør også årsakene til at mange kollektivtrafikanter opplever området på Tiller som lite trafiksikkert kartlegges.

Aimsun-modellen har blitt brukt til å finne ut hvilke rutevalg som har oppstått som følge av bygging av Tillerterminalen, og hvordan trafikksituasjonen vil endre seg over tid som følge av trafikkvekst. Modellen kan også bli brukt til andre analyser i fremtiden, og noen eksempler vil bli nevnt i denne delen.

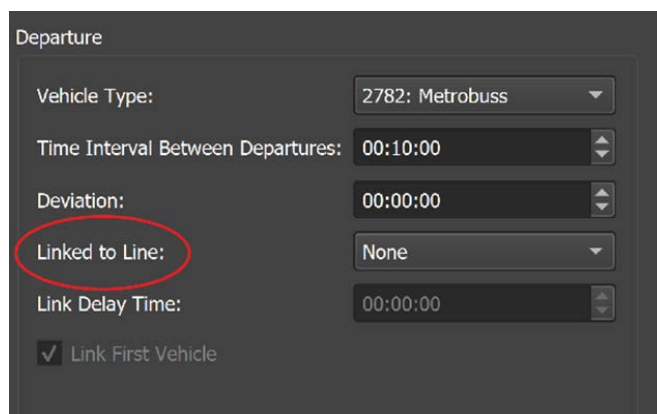
Hvis avgangstidene til bussene ved Tillerterminalen ble registrert, kunne disse sammenlignes med sanntidsdata og rutetabell for kollektivlinjene. Med disse dataene vil påliteligheten til kollektivtilbudet være målbar. Man kunne også simulert kollektivlinjer med standardavvik i tillegg til avgangstid for å få en mer realistisk modell, ettersom bussers ankomsttid varierer fra avgang til avgang.

Et annet mulig bruksområde til modellen kan for eksempel være å se hvordan reisetiden til kollektivtrafikanter endres ved synkroniserte linjer. Her kan man variere hvilke linjer som er synkroniserte, og på den måten finne den mest tidseffektive rutetabellen for flest mulig kollektivtrafikanter. Som du kan se fra figur 184 finnes det en nedtrekksmeny for hver enkelt busslin-

je, der du kan angi en annen busslinje den skal synkroniseres mot. På denne måten kan kollektivtrafikanter minske sin gjennomsnittlige ventetid ved omstigning.

Det går også an å utvide både studieområdet og fotgjengermodellen. Studieområdet kan utvides til å gjelde flere kryssområder slik at man kan observere flere rutevalg i modellen, mens fotgjengerområdet kan utvides til å gjelde flere holdeplasser. Det går også an å implementere fotgjengertrafikk ved gangfelt som ikke leder til noen bussholdeplass. Det kan være nyttig, ettersom gangfelt som krysses av fotgjengere oppleves som en «tidstyv» for motoriserte kjøretøy. Dette kommer ikke så godt frem i modellen, ettersom jeg har modellert relativt få kollektivtrafikanter.

Hvis flere elementer i modellen inkluderes burde man også gjøre flere registreringer for eventuelle kryss, gangfelt eller holdeplasser. Grunnen til det er at du ønsker å få resultater med rot i virkeligheten. Slike utvidelser og registreringer er tidkrevende, og derfor er denne masteroppgaven blitt begrenset slik den er.



Departure	
Vehicle Type:	2782: Metrobuss
Time Interval Between Departures:	00:10:00
Deviation:	00:00:00
Linked to Line:	None
Link Delay Time:	00:00:00
<input checked="" type="checkbox"/> Link First Vehicle	

Figur 184 viser at man kan angi synkronisering mellom busslinjer i modellen.

# Referanser

1. Adressa. 2020a. Frykter alvorlige ulykker, men godkjenner likevel krysstiltak ved City Syd. Hentet fra: <https://www.adressa.no/pluss/nyheter/2020/01/29/Frykter-alvorlige-ulykker-men-godkjenner-likevel-krysstiltak-ved-City-Syd-20939226.ece> (07.05.2021).
2. Adressa. 2020b. Over 50 busser i timen gjennom rundkjøring bygget for anleggstrafikk. Hentet fra: <https://www.adressa.no/pluss/nyheter/2020/02/03/Over-50-busser-i-timen-gjennom-rundkj%C3%B8ring-bygget-for-anleggstrafikk-20788255.ece> (31.01.2021).
3. Adressa. 2019. Dansk skrekkrappport om ombygging av lyskryss skremmer Vegdirektoratet. Hentet fra: <https://www.adressa.no/pluss/nyheter/2019/10/30/Dansk-skrekkrappport-om-ombygging-av-lyskryss-skremmer-Vegdirektoratet-20214079.ece?rs2259081620376775290&t=1> (07.05.2021).
4. Adressa. 2018. Fornøyd med løsningen på Lade, overrasket over Sentervegenvalg. Hentet fra: <https://www.adressa.no/pluss/2018/11/28/Forn%C3%B8yd-med-l%C3%B8sningen-p%C3%A5-Lade-overrasket-over-Sentervegenvalg-17937364.ece> (07.05.2021).
5. Adressa. 2017. 11 ting du trenger å vite om superbuss. Hentet fra: <https://www.adressa.no/nyheter/trondheim/2017/02/23/11-ting-du-trenger-%C3%A5-vite-om-superbuss-14296664.ece> (31.01.2021).
6. Aimsun. 2020a. Move Brilliantly. Hentet fra: <https://www.aimsun.com/about-aimsun/> (31.03.2021).
7. Aimsun. 2020b. Aimsun Next 20 User's Manual.
8. Aimsun. 2020c. Your Personal Mobility Modeling Lab. Hentet fra: <https://www.aimsun.com/aimsun-next/> (31.03.2021).
9. ASHFAQ, M., GU, Z., WALLER, S. T. & SABERI, M. 2021. Comparing Dynamic User Equilibrium and Noniterative Stochastic Route Choice in a Simulation-Based Dynamic Traffic Assignment Model: Practical Considerations for Large-Scale Networks. *Journal of Advanced Transportation*, 2021, 6667335.
10. Asplan Viak. 2019. Veileder for Aimsun. Delkapitler til veilederen. Versjon 03.
11. AtB. 2021. Reiseplanlegger. Hentet fra: <https://www.atb.no/reiseplanlegger/> (13.05.2021).
12. AtB. 2019a. Bussene som settes i trafikk. Hentet fra: <https://www.atb.no/nye-og-moderne-busser/bussene-som-settes-i-trafikk-article13026-1700.html> (06.11.2020).
13. AtB. 2019b. Buss og trikk, Trondheimsområdet. Hentet fra: <https://www.atb.no/buss-trikk-trondheimsområdet/> (09.11.2020).
14. AtB. 2019c. Linjer og kart. Hentet fra: <https://www.atb.no/2019/linjer/> (06.11.2020).
15. AtB. 2017. Pirbadet - Brattøra - Trondheim sentrum (P1) - Tiller - Sandmoen. Hentet fra: [https://9t2.atb.no/getfile.php/Filer/Rutetabeller/Host2017/AtB\\_rute\\_46.pdf](https://9t2.atb.no/getfile.php/Filer/Rutetabeller/Host2017/AtB_rute_46.pdf) (13.05.2021).
16. BALCOMBE, R., MACKETT, R., PAULLEY, N., PRESTON, J., SHIRES, J., TITHERIDGE, H., WARDMAN, M. & WHITE, P. 2004. The demand for public transport: a practical guide.
17. BRECHAN, I. 2006. Psykologiske faktorer ved reisemiddelvalg. TØI rapport, 830, 2006.

18. BURGHOUT, W. 2004. A note on the number of replication runs in stochastic traffic simulation models.
19. Bussmagasinet. 2018. Metrobusser fra Van Hool til Trondheim. Hentet fra: <https://bussmagasinet.no/metrobusser-van-hool-trondheim/> (06.11.2020).
20. Carlos M. Lima Azevedo. 2020. Queues-42187 - Transport System Analysis: Performance and Operations.
21. CASCETTA, E. 2013. Transportation systems engineering: theory and methods, Springer Science & Business Media.
22. CEDER, A. & TAL, O. 2001. Designing synchronization into bus timetables. *Transportation Research Record*, 1760, 28-33.
23. Clear Channel. 2020. Om Clear Channel. Hentet fra: <https://www.clearchannel.no/om-clear-channel/> (18.05.2021).
24. CURRIE, G. 2005. The demand performance of bus rapid transit. *Journal of public transportation*, 8, 3.
25. DIAKAKI, C., PAPAGEORGIOU, M., DINOPOULOU, V., PAPAMICHAIL, I. & GARYFALIA, M. 2015. State-of-the-art and -practice review of public transport priority strategies. *IET Intelligent Transport Systems*, 9, 391-406.
26. Eivind Farstad. TØI-rapport 1677/2018. *Transportytelser i Norge 1946-2017*.
27. Epsilon Cities. 2020a. Epsilon Cities Our path to growth. Hentet fra: <https://www.epsiloncities.com/en/about/> (18.05.2021).
28. Epsilon Cities. 2020b. RBL Utrecht, NL. Hentet fra: <https://www.epsiloncities.com/en/cases/rbl-utrecht-the-netherlands/> (18.05.2021).
29. Epsilon Cities. 2020c. Cases Key cases. Hentet fra: <https://www.epsiloncities.com/en/cases/> (18.05.2021).
30. Euroskilt. 2021. Skilt 906 Hindermarkering. Hentet fra: <https://euroskilt.no/products/skilt-906-hindermarkering> (30.03.2021).
31. FAN, Y., GUTHRIE, A. & LEVINSON, D. 2016. Perception of waiting time at transit stops and stations.
32. FEARNLEY, N., JOHNSON, E. & BERGE, S. H. 2020. Patterns of E-Scooter Use in Combination with Public Transport. *Transport Findings*.
33. FOSTER, C., HILLSDON, M. & THOROGOOD, M. 2004. Environmental perceptions and walking in English adults. *Journal of Epidemiology & Community Health*, 58, 924-928.
34. FUJII, S. & GÄRLING, T. 2003. Application of attitude theory for improved predictive accuracy of stated preference methods in travel demand analysis. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 37, 389-402.
35. GoPro. 2020. HERO8 Black. Hentet fra: <https://gopro.com/en/us/shop/cameras/hero8-black/CHDHX-801-master.html> (23.11.2020).
36. Government of South Australia. 2019. Metropolitan Adelaide Traffic Simulation and Assessment Model(MATSAM) Traffic Simulation Model Development Guidelines Aimsun Next. Hentet fra: [https://www.dpti.sa.gov.au/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0009/532098/AIMSUN\\_Model\\_Development\\_Manual\\_V8\\_190219.pdf](https://www.dpti.sa.gov.au/__data/assets/pdf_file/0009/532098/AIMSUN_Model_Development_Manual_V8_190219.pdf) (06.04.2021).
37. GUO, Z. & WILSON, N. H. 2011. Assessing the cost of transfer inconvenience in public transport systems: A case study of the London Underground. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 45, 91-104.



38. HJORTHOL, R., ENGBRETSSEN, Ø. & UTENG, T. P. 2014. Den nasjonale reisevaneundersøkelsen 2013/14: nøkkelrapport, Transportøkonomisk institutt.
39. IBARRA-ROJAS, O. J. & RIOS-SOLIS, Y. A. 2012. Synchronization of bus timetabling. *Transportation Research Part B: Methodological*, 46, 599-614.
40. JACOBSEN, P. L. 2015. Safety in numbers: more walkers and bicyclists, safer walking and bicycling. *Injury prevention*, 21, 271-275.
41. Jan Vestre. 2021. Hva mener DU om Tillerterminalen? Hentet fra: <https://bydelsnytt.no/2021/02/11/bra-eller-darlig-nakk-du-si-din-mening-om-tillerterminalen/> (25.02.2021).
42. KNOOP, V. 2017. Introduction to Traffic Flow Theory: An introduction with exercises.
43. KOCKELMAN, K. M. & KALMANJE, S. 2005. Credit-based congestion pricing: a policy proposal and the public's response. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 39, 671-690.
44. KOPPELMAN, F. S. & BHAT, C. 2006. A self instructing course in mode choice modeling: multinomial and nested logit models.
45. LAM, L. T. 2001. Parental risk perceptions of childhood pedestrian road safety. *Journal of Safety Research*, 32, 465-478.
46. LARSON, R. C. & ODoni, A. R. 1981. *Urban operations research*.
47. Lovdata. 1986. Trafikkreglene. Hentet fra: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/1986-03-21-747> (30.03.2021).
48. McLaren Traffic Engineering. 2017. TRAFFIC AND PARKING IMPACT ASSESSMENT OF SHOPPING CENTRE DEVELOPMENT AT 1 MACQUARIEDALE ROAD, APPIN. Hentet fra: <https://www.wollondilly.nsw.gov.au/assets/Uploads/Traffic-and-Parking-Impact-Assessment-DD11.2018.00000033.001.PDF> (30.03.2021).
49. Miljødirektoratet. 2014. Planlegging av grønnstruktur i byer og tettsteder. Hentet fra: <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/M100/M100.pdf> (18.05.2021).
50. Miljøpakken. 2020. METROBUSS Prosjekteringsanvisning for stasjoner. Hentet fra: [https://www.trondheim.kommune.no/globalassets/10-bilder-og-filer/10-byutvikling/kommunalteknikk/veg/metrobuss/metrobuss\\_prosjekteringsanvisning\\_20.12.2020.pdf](https://www.trondheim.kommune.no/globalassets/10-bilder-og-filer/10-byutvikling/kommunalteknikk/veg/metrobuss/metrobuss_prosjekteringsanvisning_20.12.2020.pdf) (18.05.2021).
51. Miljøpakken. 2019. Stasjoner for Metrobuss. Hentet fra: <https://miljopakken.no/storeprosjekter/stasjoner-metrobuss> (06.11.2020).
52. Miljøpakken. 2017. SUPERBUSS Prosjekteringsanvisning for stasjoner UTKAST. Hentet fra: <https://miljopakken.no/wp-content/uploads/2017/02/Sak-3-17b-Vedlegg-2-Prosjekteringsanvisning-superbuss.pdf> (18.05.2021).
53. Ministry of Works and Transport. 2003. Traffic Data Collection and Analysis. Hentet fra: [https://www.vegvesen.no/\\_attachment/336339/binary/585485](https://www.vegvesen.no/_attachment/336339/binary/585485) (30.03.2021).
54. Multiconsult. 2018. RAPPORT Forprosjekt Metrobuss – Tiller knutepunkt 2.
55. Multiconsult. 2019a. Tegningsnr. C170 av Tiller knutepunkt.
56. Multiconsult. 2019b. Tegningsnr. J170 av holdeplassen Tillerterminalen 1.
57. Multiconsult. 2019c. Tegningsnr. J170 av holdeplassen Tillerterminalen 2.
58. NGUYEN-PHUOC, D. Q., YOUNG, W., CURRIE, G. & DE GRUYTER, C. 2020. Traffic congestion relief associated with public transport: state-of-the-art. *Public Transport*, 12, 455-481.

59. NGUYEN-PHUOC, D. Q., YOUNG, W., CURRIE, G. & DE GRUYTER, C. 2020. Traffic congestion relief associated with public transport: state-of-the-art. *Public Transport*, 12, 455-481.
60. NIELSEN, G. & LANGE, T. 2005. HiTrans Best Practice Guide No. 2, Public Transport: Planning the Networks. Interreg IIIB project: HiTrans-Development of principles and strategies for introducing high quality public transport in medium sized cities and regions.
61. Norsk Trafikksikring AS. 2021. 508.1 FOR BUSS. Hentet fra: <https://norsk-trafikksikring.no/salg/opplysningskilt/508-1-for-buss/> (20.03.2021).
62. OFFICIALS, N. A. O. C. T. 2016. Transit Street Design Guide, Island Press.
63. OTERO-NIÑO, J. D., HEREDIA-CASTIBLANCO, J. D., FONSECA-AGUDELO, P. D., CABRERA-PINZÓN, S., GÓMEZ-MOSQUERA, A., LÓPEZ-BUITRAGO, L. D., SANDOVAL-ÁVILA, F. J., OSPINA-SERRANO, M. Á., GONZÁLEZ-MENDOZA, J. A., LYONS-BARRERA, L. & BULLA-CRUZ, L. A. 2019. Road safety assessment in preferential bus lanes through field analysis and microsimulation of traffic conflicts. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, 87-100.
64. O'FALLON, C. & SULLIVAN, C. Understanding and managing weekend traffic congestion. at 26th ATRF Conference, 2003.
65. Rambøll. 2018. KAPASITETSBEREGNINGER METROBUSS SENTERVEGEN.
66. Regjeringen. 2020. Belønningsordningen, bymiljøavtaler og byvekstavtaler. Hentet fra: <https://www.regjeringen.no/no/tema/transport-og-kommunikasjon/kollektivtransport/belonningsordningen-bymiljoavtaler-og-byvekstavtaler/id2571977/> (01.11.2020).
67. RICH, J. 2015. Transport models—from theory to practise. Department of Transport, Technical University of Denmark.
68. Ruter. 2007. Materiellbeskrivelse Vedlegg 2. Hentet fra: [https://ruter.no/globalassets/kollektivanbud/bus-sanbud/2007-busstjenester-sentrum/2007\\_2-materiellbeskrivelse.pdf?id=2294](https://ruter.no/globalassets/kollektivanbud/bus-sanbud/2007-busstjenester-sentrum/2007_2-materiellbeskrivelse.pdf?id=2294) (06.11.2020).
69. Samferdselsdepartementet. (2020). Videreutviklet nullvekstmål fastsatt. Hentet fra: <https://kommunikasjon.ntb.no/pressemedling/videreutviklet-nullvekstmal-fastsatt?publisherId=8768166&releaseId=17886828> (01.11.2020).
70. SCHMIDT, L. 2014. Kompakt by, bokvalitet og sosial bærekraft.
71. SHEFFI, Y. 1984. Urban Transportation Networks: Equilibrium Analysis With Mathematical Programming Methods.
72. Statens vegvesen. 2021. Daglig endring i trafikk i de største byområdene Uke 1 - 8, 2021. Hentet fra: [https://www.vegvesen.no/\\_attachment/3126124/binary/1391814?fast\\_title=Daglig+trafikkutvikling+i+de+store+byene+uke+1-8.pdf](https://www.vegvesen.no/_attachment/3126124/binary/1391814?fast_title=Daglig+trafikkutvikling+i+de+store+byene+uke+1-8.pdf) (18.05.2021).
73. Statens vegvesen. 2020a. Byvekstavtaler. Hentet fra: <https://www.vegvesen.no/fag/fokusomrader/by/byvekstavtaler> (01.11.2020).
74. Statens vegvesen. 2020b. Nasjonal transportplan 2022-2033 Oppdrag nr. 8 – Trafikksikkerhet. Hentet fra: <https://www.regjeringen.no/contentassets/d35ed1922b80481490b622fd-6c14a35e/2-statens-vegvesen---hovedrapport---oppdrag-8.pdf> (13.05.2021).
75. Statens vegvesen. 2019a. Ulike trafikantgruppers samspill på Ring 2 i Oslo: Hvordan løsninger for sykkel, gående og kollektivtransport påvirker atferd. Hentet fra: <http://hdl.handle.net/11250/2634730> (30.10.2020).

76. Statens vegvesen. 2019b. Veg- og gateutforming. Hentet fra: [https://www.vegvesen.no/\\_attachment/61414](https://www.vegvesen.no/_attachment/61414) (01.11.2020).
77. Statens vegvesen. 2018a. Byutredninger Oppsummering av hovedresultater for åtte byområder. Hentet fra: <http://hdl.handle.net/11250/2508236> (01.11.2020).
78. Statens vegvesen. 2018b. Trafikkskilt Vegoppmerking og trafikklyssignaler. Hentet fra: [https://www.vegvesen.no/\\_attachment/1089676/binary/1257792?-fast\\_title=Trafikkskilt%2C+veioppmerking+og+trafikklyssignaler.pdf](https://www.vegvesen.no/_attachment/1089676/binary/1257792?-fast_title=Trafikkskilt%2C+veioppmerking+og+trafikklyssignaler.pdf) (29.03.2021).
79. Statens vegvesen. 2015. Håndbok N302 Vegoppmerking Tekniske bestemmelser og retningslinjer for anvendelse og utforming. Hentet fra: [https://www.vegvesen.no/\\_attachment/69741](https://www.vegvesen.no/_attachment/69741) (30.03.2021).
80. Statens vegvesen. 2014a. Kollektivhåndboka Tilrettelegging for kollektivtrafikk på veg og gate. Hentet fra: [https://www.vegvesen.no/\\_attachment/61485/binary/1010376](https://www.vegvesen.no/_attachment/61485/binary/1010376) (15.05.2021).
81. Statens vegvesen. 2014b. Veileder i trafikkdata. Hentet fra: [https://www.vegvesen.no/\\_attachment/256135/binary/997080](https://www.vegvesen.no/_attachment/256135/binary/997080) (18.05.2021).
82. Statens vegvesen. 2014c. Håndbok N303 Trafikksignalanlegg.
83. Statens vegvesen. 2014d. Trafikkberegninger. Hentet fra: [https://www.vegvesen.no/\\_attachment/61445/binary/964059](https://www.vegvesen.no/_attachment/61445/binary/964059) (05.06.2021).
84. Statistisk sentralbyrå. 2020. Bilparken 01960: Kjøretøygrupper 1950 – 2019. Hentet fra: <https://www.ssb.no/statbank/table/01960/> (16.11.2020).
85. TEAM, B. P. 2006. Accessible bus stop design guidance. Transport for London, London, United Kingdom.
86. THUNE LARSEN, H., et al. 2014. Marginale eksterne kostander ved vegtrafikk med korrigerte ulykkeskostnader. Transportøkonomisk Institutt.
87. Tiltak. 2019. Bruk av modellverktøy til transportanalyse. Hentet fra: <https://www.tiltak.no/0-overordnede-virkemidler/0-4-kunnskap-og-verktoey-som-hjelpemidler/bruk-av-modellverktoy-til-transportanalyse/> (10.05.2021).
88. Trafitec. 2012. Sikkerhedseffekter af rundkørsler. Hentet fra: [https://www.trafitec.dk/sites/default/files/publications/sikkerhedseffekter%20af%20rundkørsler\\_rapport\\_opdateret%20version.pdf](https://www.trafitec.dk/sites/default/files/publications/sikkerhedseffekter%20af%20rundkørsler_rapport_opdateret%20version.pdf) (07.05.2021).
89. Transportøkonomisk institutt (TØI). 2019. rapport 1718/2019 Framtidens transportbehov Framskrivninger for person- og godstransport 2018-2050. Hentet fra: [https://www.vegvesen.no/\\_attachment/2873194/binary/1354564?fast\\_title=-Framskrivning+for+person-+og+godstransport+2018-2050.pdf](https://www.vegvesen.no/_attachment/2873194/binary/1354564?fast_title=-Framskrivning+for+person-+og+godstransport+2018-2050.pdf) (28.04.2021).
90. Trondheim kommune. 2021. Marka og grønne områder. Hentet fra: <https://kart5.nois.no/trondheim/Content/Main.aspx?layout=trondheim&time=637564112520475498&vwr=asv> (12.05.2021).
91. Trondheim kommune. 2018. Detaljregulering av Sentervegen, metrobuss strekningstiltak, offentlig ettersyn. Hentet fra: [https://www.trondheim.kommune.no/globalassets/10-bilder-og-filer/10-byutvikling/byplankontoret/1b\\_off-ettersyn/2018/sentervegen-metrobuss-strekningstiltak-detaljregulering-r20180038/planbeskrivelse.pdf](https://www.trondheim.kommune.no/globalassets/10-bilder-og-filer/10-byutvikling/byplankontoret/1b_off-ettersyn/2018/sentervegen-metrobuss-strekningstiltak-detaljregulering-r20180038/planbeskrivelse.pdf) (30.10.2020).
92. Trondheim kommune. 2017. Støysonekart for Veg døgn. Hentet fra: <https://kart5.nois.no/trondheim/Content/Main.aspx?layout=trondheim&time=637564112520475498&vwr=asv> (12.05.2021).



93. Trondheim kommune v/byplankontoret. 2019. Vedlegg til Byutviklingsstrategi for Trondheim mot 2050. Potensial for miljøvennlig transportmiddelvalg - en metode. Boligområder med potensial for gange, sykling og kollektivtrafikk.

94. Trøndelag fylkeskommune. 2018. Løsning for MetroBuss på Tiller til 2019.

95. TØI. 2017. Vikepliktregulering i kryss. Hentet fra: <https://www.tshandbok.no/del-2/3-trafikkregulering/doc656/> (25.05.2021).

96. TØRSET, T., MELAND, S., TOMAS, L., HAUG, T. & NORHEIM, B. 2012. Verktøy til transportanalyser i by. SINTEF rapport A, 23560.

97. Vegkart. 2021. Datalaget holdeplassutrustning med datterobjektene leskur, utemøbler, trafikklorne og sanntidsinformasjon. Hentet fra: <https://vegkart.atlas.vegvesen.no/> (30.03.2021).

98. Verdens helseorganisasjon (WHO). 2020. Road traffic injuries. Hentet fra: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries> (14.05.2021).

99. WAHL, R., TVEIT, Ø. & HAUGEN, T. 2006. Fremkommelighet-mål og metoder. SINTEF-rapport STF50 A, 6034.

100. WANG, Y., GUO, J., CEDER, A., CURRIE, G., DONG, W. & YUAN, H. 2014. Waiting for public transport services: Queueing analysis with balking and renegeing behaviors of impatient passengers. Transportation Research Part B: Methodological, 63, 53-76.

# Vedlegg 1 - Spørreundersøkelsen

## En kartlegging av holdninger til kollektivtrafikken i Trondheim



Denne spørreundersøkelsen er en del av et masteroppgavearbeid våren 2021 ved sivilingeniørutdanningen bygg- og miljøteknikk ved NTNU i Trondheim.

[Next](#)

Page 1 of 6

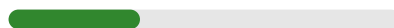


## En kartlegging av holdninger til kollektivtrafikken i Trondheim

Denne spørreundersøkelsen skal kartlegge hva innbyggerne i Trondheim kommune tenker om deres tilgjengelige busstilbud. I første del vil du bli spurt om alder og kjønn som er nødvendig for å vurdere om resultatene fra spørreundersøkelsen er basert på et representativt utvalg. Neste del handler om kollektivtransport i Trondheim, før spørreundersøkelsen går mer i dybden på kollektivknutepunktet "Tillerterminalen" i Trondheim sør. Alle svar vil bli behandlet anonymt.

**Alder:\***

**Kjønn:\***

 Kvinne Mann

## En kartlegging av holdninger til kollektivtrafikken i Trondheim

### Kollektivtransport i Trondheim

Reiser du noen gang med buss i Trondheim?\*

Ja

Nei

Hva er viktig for deg når du velger å reise med buss i Trondheim?\*

Trykk på et hvilket som helst alternativ for å komme i gang.

Det vil dukke opp en rangering fra 1 til 7, der 1 er mest viktig og 7 er minst viktig.

Dra alternativene opp eller ned etter ønsket rangering.

NB! På mobil kan du kun dra alternativene med ikonet til høyre.



Lav pris



Mange avganger i timen



Lav ventetid ved bytte av buss



Direkte ruter



Komfort om bord i bussen



Tilgjengelige holdeplasser med nærhet til ønskede destinasjoner



At bussen kommer i henhold til rutetabellen

Reset

## Hva er viktig for deg ved Trondheims bussholdeplasser?\*

Trykk på et hvilket som helst alternativ for å komme i gang.

Det vil dukke opp en rangering fra 1 til 7, der 1 er mest viktig og 7 er minst viktig.

Dra alternativene opp eller ned etter ønsket rangering.

NB! På mobil kan du kun dra alternativene med ikonet til høyre.



Fine omgivelser



Oppslagstavler med informasjon om rutetilbudet ved holdeplassene



Sanntidsskjermer som viser hvor lenge det er til din avgang



Nærhet til handleområder



Brede venteområder med god plass for venting



Busstur



Søppelkasser

Reset

Er det andre faktorer du tenker er viktige når du reiser med buss i Trondheim? I så fall hvilke?



## Hvorfor velger du ikke å reise med buss i Trondheim?\*

Merk av de påstandene som passer for deg.

Kollektive transportmidler går ikke når jeg trenger dem

Stadig forsinkelser

Kjenner ikke rutetidene

For få avganger

Enklere å bruke bil

For dyrt

For langt til arbeidsplassen

Enklere å sykle

Enklere å gå

Tar for lang tid

Trangt om plassen/få sitteplasser

For langt til nærmeste holdeplass

Vet ikke hvor rutene går

Annet

Hvilke andre årsaker er det til at du ikke velger å reise med buss i Trondheim?\*

Back

Next



Page 3 of 6

## En kartlegging av holdninger til kollektivtrafikken i Trondheim

### Tillerterminalen

Kjenner du til Tillerterminalen?\*

Ja

Nei

Har du reist til eller fra Tillerterminalen?\*

Ja

Nei



## Hva har formålet vært ved dine reiser til eller fra Tillerterminalen? \*

Her kan du velge flere alternativer.

Til/fra arbeid

Tjenestereise

Privat ærend som for eksempel innkjøp

Organisert fritid

Ferie/fritid

Besøk

Annet formål

## Hvilke reisemidler benyttet du til eller fra Tillerterminalen?\*

Her kan du velge flere alternativer.

Bil

Buss

Sykkel

Gange

Taxi

## Hvilke bussruter benytter du deg av som går forbi Tillerterminalen? \*

Her kan du velge flere alternativer.

Metrobuss 1

Linje 16

Linje 23

Linje 45

Linje 71

Linje 72

**Har du byttet fra en buss til en annen og vært ventende ved Tillerterminalen?\***

Ja

Nei

**Hvilke busslinjer var dette ?\***

Her kan du velge flere alternativer.

Metrobuss 1

Linje 16

Linje 23

Linje 45

Linje 71

Linje 72



## Hva er din vanligste gang-/sykkelrute til eller fra Tillerterminalen?

Klikk på tegnesymbolet for å starte tegning.

(Du finner det nest øverst i høyre hjørne på datamaskin og nede i venstre hjørne på mobil.)

Dersom du ikke er fornøyd kan du klikke på søppelkassen og tegne på nytt.

Kartverket, Geovekst, kommuner - Geodata AS | Kartverket, Geovekst og kommuner - Ge... Powered by Esri

! No geometry captured yet.

Back

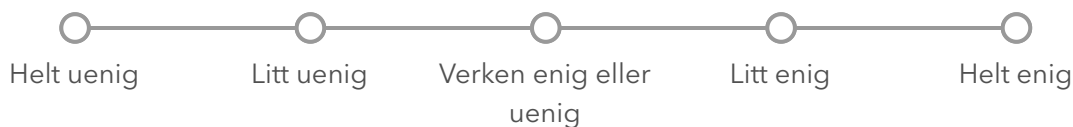
Next

Page 4 of 6

## En kartlegging av holdninger til kollektivtrafikken i Trondheim

Hvor enig er du i følgende påstander:

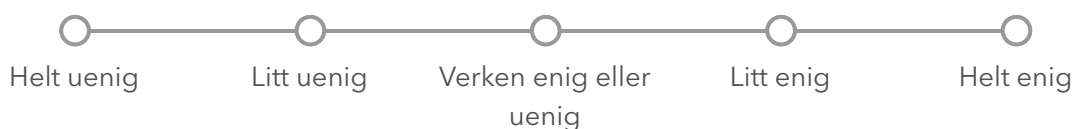
Jeg opplever det enkelt å gå/sykle fra Tillerterminalen til mine ønskede destinasjoner.\*



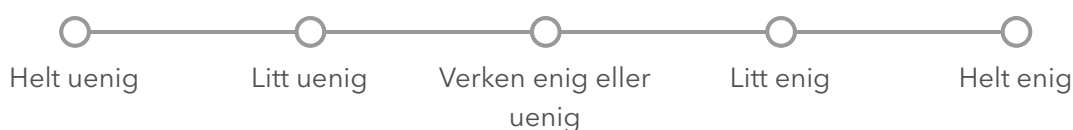
Jeg opplever det trafiksikkert å gå/sykle fra Tillerterminalen til mine ønskede destinasjoner.\*



Tillerterminalen har et godt rutetilbud med mange avganger i timen.\*



Ventetiden ved bytte av busser ved Tillerterminalen er lav.\*



Bussrutene til og fra Tillerterminalen er direkte.\*



Tillerterminalen har nærhet til destinasjoner jeg ønsker å nå.\*



**Bussene ved Tillerterminalen kommer til rett tid i henhold til tilgjengelig sanntidsinformasjon.\***



**Bussene ved Tillerterminalen kommer til rett tid i henhold til rutetabellen.\***



**Jeg er fornøyd med informasjonen som finnes ved Tillerterminalen.\***



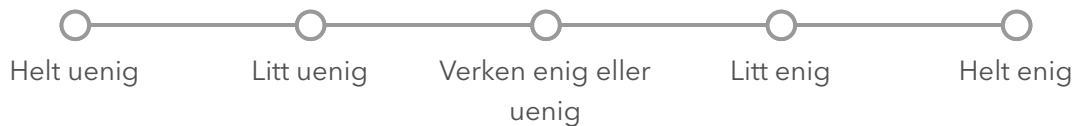
**Tillerterminalen har fine omgivelser.\***



**Tillerterminalen har alltid minst en ledig sitteplass.\***



**Tillerterminalen har aldri helt fulle søppelkasser.\***





**Det er alltid ledig plass under Tillerterminalens busstur.\***



**Jeg opplever at Tillerterminalen har et tilstrekkelig stort venteareal.\***



**Jeg opplever at kollektivtilbudet i Trondheim har blitt bedre etter etableringen av Tillerterminalen.\***



Back

Next



Page 5 of 6

## En kartlegging av holdninger til kollektivtrafikken i Trondheim

### Avsluttende kommentarer

Har du noen andre kommentarer?

**Legg igjen E-postadressen din for å være med i trekningen av et månedskort på Trondheims kollektivtransport.**

E-postadressen vil kun benyttes til å trekke en premievinner, og kobles ikke opp mot svarene dine.

Back

Submit

Page 6 of 6

