

Vilde Bredholt Jørgensen

Effekter av kantstopp for annen trafikk

Masteroppgave i Bygg- og miljøteknikk

Veileder: Arvid Aakre

Juni 2020

Vilde Bredholt Jørgensen

Effekter av kantstopp for annen trafikk

Masteroppgave i Bygg- og miljøteknikk
Veileder: Arvid Aakre
Juni 2020

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt for bygg- og miljøteknikk



Kunnskap for en bedre verden

FORORD

Denne avsluttende masteroppgaven er skrevet av Vilde Bredholt Jørgensen ved Institutt for bygg- og miljøteknikk ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, NTNU. Den er utarbeidet i løpet av vårsemesteret 2020, tilsvarer 30 studiepoeng og utgjør emnet TBA4945, masteroppgave for hovedprofil transport.

Oppgaven omhandler studering av effektene av at busser stopper på holdeplass i kjørebanelen. Dette gjennomføres med ved bruk av modeller i Excel, i tillegg til observasjoner og intervjuer. Temaet ligger under faggruppen Veg, transport og geomatikk. Forskningsspørsmålene ble utarbeidet i forbindelse med prosjektoppgaven som ble gjennomført høsten 2019. Masteroppgaven består av to hoveddeler; en vitenskapelig artikkel og et tilleggsdokument.

Det oppsto utfordringer under arbeidet med denne oppgaven som følge av Covid 19. Videoopptak og ytterligere observasjoner kunne ikke gjennomføres som planlagt på grunn av unormal trafiksituasjon. Bussrutene ble endret, biltrafikken gikk ned og folk ble oppfordret til å ikke ta buss. Videoopptak skulle blant annet gi inndata til modellen i form av gjennomsnittlige stoppetider, samt registreringer av kølengder. De registrerte kølengdene skulle dermed sammenliknes med resultater fra modellen, og avgjøre om modellen var egnet til å estimere faktiske kølengder og forsinkelser. Dette førte til at Excel-modelleringen som metode ble gjennomført på en annen måte, der antatte vanlige stoppetider ble sammenliknet for å vise effektene av kantstopp på annen trafikk. I tillegg fikk også de andre metodene en større rolle i oppgaven på bakgrunn av dette. Selve strukturen i oppgaven ble også endret.

De fleste intervjuene ble gjennomført med videosamtaler eller mailkorrespondanse. Det opplevdes som litt mer utfordrende enn å sitte overfor hverandre i samme rom. Blant annet kunne kvaliteten på lyden være dårlig, og det kan ha vært gått glipp av potensielt viktige detaljer ved bruk av mail.

Min egen arbeidssituasjon ble også påvirket av restriksjonene som følge av viruset. Å jobbe i stua er heller ikke det samme som å jobbe på lesesal på universitetet, og ved å jobbe hjemmefra mistet jeg gode diskusjoner med medstudenter.

Jeg vil gjerne takke min veileder Arvid Aakre ved Institutt for Bygg- og miljøteknikk for gode innspill og veiledning gjennom denne prosessen.

Trondheim, juni 2020

SAMMENDRAG

Kantstopp har i løpet av de siste årene fått økt oppmerksomhet og økt bruk, i sammenheng med samfunnets økte fokus på bærekraftig og miljøvennlig transport. Med nullvekstmålet setter Stortinget mål for hvordan fremtidig areal- og transportløsninger skal utformes. Til tross for økt befolkningsvekst skal ikke personbiltrafikken øke. Veksten i persontransporten skal derimot tas med kollektivtransport, sykkel og gange. Kantstopp er en holdeplassestype der bussen stopper i kjørebanelen og lar øvrig trafikk bli ventende bak. Det er et godt tiltak for økt bruk av kollektivtransport, da fremkommeligheten til kollektivkjøretøy settes foran personbilens. I Trondheim ble det anlagt flere kantstopp i forbindelse med rutestruktureringen og metrobussene i 2019. Dette er et av Trondheims viktigste tiltak for å nå nullvekstmålet. Kantstoppene har blitt ulikt motatt i befolkningen, og det stilles derfor spørsmål om hvor godt undersøkt effektene av kantstoppene har vært før de ble bygd. Dette legger grunnlaget for denne oppgaven, der forskningsspørsmålene er som følger:

- Hvilke fordeler har bussen som stopper på kantstopp?
- Hvordan blir annen trafikk påvirket av kantstopp?
- Hvordan kan andre busser påvirkes av kantstopp?
- Hvordan påvirkes trafikksikkerhet og miljø ved kantstopp?

Som grunnlag for oppgaven er det sett på eksisterende krav og anbefalinger for holdeplassutforming i veger og gater, samt gjennomført en litteraturstudie om kantstopp og dets tilhørende elementers påvirkning på fremkommelighet, trafikksikkerhet og miljø. For å besvare forskningsspørsmålene ble det benyttet tre ulike metoder; observasjon, modellering i Excel og intervjuer. Observasjoner fra metrobusser og ulike kantstopp ble brukt til å kartlegge ulike utforminger av kantstopp, samt studere faktorer og forhold som kan avgjøre hvor effektive, trafikksikre og miljøvennlige kantstoppene og bussens stopp på kantstoppene er. Høsten 2019, i forbindelse med prosjektoppgaven, ble de tre metrobusslinjene tatt begge retninger flere ganger og på utvalgte kantstopp ble det gjort observasjoner over lengre tid. Våren 2020 ble i tillegg andre utvalgte kantstopp observert, flere av disse ble valgt ut ifra innspill fra intervjuer. Modellering av både ett og to kantstopp i Excel har som hensikt å vurdere fremkommeligheten ved kantstopp for annen trafikk. Dette ble modellert ut ifra ulike stoppetider, trafikkmengder og bussfrekvenser. Intervjuer ble gjennomført med kollektivplanleggere, bussoperatører, en trafikksikkerhetsaktør og flere utrykningsetater, og ga dermed ulike perspektiver på kantstopps effekter på fremkommelighet, trafikksikkerhet og miljø.

Kantstopp gir ifølge intervjuer bussen tidsbesparelser på inn- og utkjøring av holdeplassen. Fra alle benyttede metoder kommer det tydelig frem at kantstopp vil medføre forsinkelser for annen trafikk, deriblant andre busser. Disse forsinkelsene øker med økende stoppetider, trafikkmengde, bussfrekvens og antall stopp etter hverandre. Forsinkelsene er av ulik betydning, da noen trafikanter er mer sensitive for forsinkelser enn andre. Dette bør tas hensyn til ved utforming av kantstoppet.

Ifølge intervjuer og kunnskap fra litteraturstudiet får også trafiksikkerhet og miljø både fordeler og ulemper som følge av busser på kantstopp. Kantstopp gjør at ventende busspassasjerer står nærmere vegen, og utgjør en risiko for at det skjer en ulykke. Derimot vil det være lavere hastigheter på strekninger med kantstopp enn busslomme, som reduserer alvorlighetsgraden dersom det forekommer en ulykke. Med tanke på miljøet vil kantstopp medføre økte utslipp for involverte kjøretøy i køen, men på sikt medføre reduserte utslipp i form av færre kjøretøy på vegene.

SUMMARY

Curbside bus stops have in the recent years gained increased attention and increased use, in conjunction with society's increased focus on sustainable and environmentally friendly transport. With the zero growth target, the Norwegian parliament sets targets for future land and transport solutions. Despite increased population growth, passenger car traffic should not increase. Growth in passenger transport, however, must be taken by public transport, bicycle and walking. Curbside stop is a type of bus stop where the bus stops directly in the driving lane and then lets other traffic wait behind. This is a solution to increase the use of public transport, as the accessibility of public transport vehicles is placed in front of the accessibility of the passenger car. In Trondheim, several curbside stops have been implemented in connection with the new route structure and the metro buses in 2019. This is one of Trondheim's most important methods to achieve the zero growth target. The curbside bus stops have been received variously in the population, and therefore questions are asked about how well the effects of curbside stops have been examined before they were built. This lays the foundation for this thesis, where the research questions are as follows:

- What are the benefits of the bus stopping at curbside bus stops?
- How is other traffic affected by curbside bus stops?
- How can other buses be affected by curbside bus stops?
- How is traffic safety and environment affected by curbside stops?

As a basis for the thesis, existing requirements and recommendations for the design of bus stops in roads and streets have been considered, as well as a literature study on curbside bus stops and their associated elements' impact on accessibility, traffic safety and the environment. Three different methods were used to answer the research questions; observation, modeling in Excel and interviews. Observations from metro buses and different curbside bus stops were used to map different designs of curbside bus stops, as well as study factors and conditions that can determine how efficient and safe the curbside bus stops and the bus's stops on the curbside bus stops are. In the fall of 2019, in connection with the project assignment, the three metro bus lines were taken both ways several times and at selected curbside stops, observations were made over longer periods of time. In the spring of 2020, other selected curbside stops were also observed, several of these selected from input from the interviews that were made. Modeling of both one and two curbside bus stops in Excel was intended to assess the traffic flow at curbside bus stops for other traffic. This was modeled on the basis of various stopping times, traffic volumes and bus frequencies. Interviews were conducted with public transport planners, bus operators, a traffic safety operator

and several emergency agencies, thus giving different perspectives on the effects of curbside bus stops on traffic flow, traffic safety and the environment.

According to interviews, the curbside bus stop gives the bus time savings on entering and exiting the bus stop. From all the methods used, it is clear that curbside bus stops will cause delays for other traffic, including other buses. These delays increase with increasing number of stops, traffic volume, bus frequency and number of stops in succession. The delays are of varying importance, as some road users are more sensitive to delays than others. This should be taken into account when designing the curbside bus stop.

Traffic safety and the environment have both advantages and disadvantages as a result of buses at curbside bus stops, according to interviews and knowledge from the literature study. Curbside bus stops mean that waiting bus passengers are closer to the road and pose a greater risk of an accident than at platforms further away. On the other hand, there will be lower speeds on roads with curbside bus stops than bus bays, which will reduce the severity if an accident occurs. In view of the environment, curbside bus stops will result in increased emissions for involved vehicles in the queue, but will in the long term result in reduced emissions in the form of fewer vehicles on the roads.

OPPGAVERENS OPPBYGNING

Denne masteroppgaven omhandler hvordan kantstopp for buss påvirker annen trafikk, og er delt inn i to hoveddeler: én vitenskapelig artikkel og ett tilleggsdokument. Den vitenskapelige artikkelen inneholder en introduksjon, en litteraturstudie, en beskrivelse av de viktigste metodene som ble benyttet til å besvare oppgaven, de viktigste resultatene og diskusjon rundt disse, samt konklusjon og videre anbefalinger. Tilleggsdokumentet inneholder de samme punktene, men går mer i dybden på flere områder ettersom denne består av arbeidet som ligger bak den vitenskapelige artikkelen. Det vil altså være en mer utfyllende litteraturstudie, grundigere beskrivelser av metoder og gjennomføringen, samt flere resultater i tilleggsdokumentet. Den vitenskapelige artikkelen er likevel utformet slik at den er lesbar uavhengig fra tilleggsdokumentet, men ved å lese tilleggsdokumentet vil artikkelen også være egnet for lesere uten grunnleggende kunnskap om emnet.

Følgende dokumenter er vedlagt på slutten av oppgaven:

- A Masteravtale
- B Consequences of the Covid 19 Pandemic
- C Intervjuer

En Excel-modell er vedlagt innleveringen i Inspira.

INNHALDSFORTEGNELSE

Forord	i
Sammendrag	ii
Summary	iv
Oppgavens oppbygning	vi
Innholdsfortegnelse	viii
I Scientific article	1
1 Introduction	3
1.1 Background	3
1.2 Research questions	4
1.3 Paper Structure	5
2 State of the Art	5
2.1 Traffic Flow	5
2.2 Traffic Safety	7
2.3 Environment	9
3 Methodology	11
3.1 Observations	11
3.2 Excel modeling	12
3.2.1 Shock wave theory	12
3.2.2 Queueing theory	15
3.3 Interviews	15
4 Results	16
4.1 Bus at curbside bus stop	16
4.1.1 Observations	16
4.1.2 Interviews	16
4.2 Other traffic behind bus at curbside bus stop	16
4.2.1 Observations	16
4.2.2 Modeling	17
4.2.3 Interviews	18
4.3 Other buses behind bus at curbside bus stop	19
4.3.1 Observations	19

4.3.2	Modeling	19
4.3.3	Interviews	19
4.4	Traffic Safety	20
4.4.1	Observations	20
4.4.2	Interviews	20
4.5	Environment	21
4.5.1	Observations	21
4.5.2	Interviews	21
5	Discussion	22
6	Conclusion	23
6.1	Answers to research questions	23
6.2	Further research	24
7	Acknowledgements	24
	References	24
II	Tilleggsdokument	29
1	Introduksjon	30
1.1	Bakgrunn	30
1.2	Forskningsspørsmål	34
1.3	Analysemetoder	35
2	Krav og prinsipper	37
2.1	Definisjoner på holdeplassutforming	37
2.1.1	Busslomme	37
2.1.2	Kantstopp	38
2.2	Krav for valg av holdeplassestype fra Statens vegvesen	38
2.2.1	I gater	38
2.2.2	I veger	39
2.3	Krav til utforming av kantstopp	40
2.3.1	Plassering	41
2.3.2	Plattform og ventereal	41
2.4	Ulike utforminger av kantstopp	41
2.4.1	Kantstopp med utlagt plattform	42
2.4.2	Timeglasstopp	42
2.4.3	Kantstopp i gater med parkering	43
2.4.4	Kantstopp med delende trafikkøy	43

2.4.5	Kantstopp med gang- og sykkelveg	43
2.4.6	Kantstopp med sykkelfelt	44
2.4.7	Kantstopp med sykkel ført bak plattform	44
2.4.8	Kantstopp med to oppstillingsplasser og sykkel ført bak plattform	44
2.4.9	Kantstopp uten fortau	45
2.4.10	Holdeplasser i kombinasjon med snuplass	45
3	Litteratur	47
3.1	Regjeringens mål for transportpolitikken	47
3.2	Metrobussprosjektet som miljøtiltak	48
3.2.1	Bus Rapid Transit - BRT	48
3.2.2	Holdeplassutforming	49
3.3	Beskrivelser av tiltak	50
3.3.1	Holdeplassforhold	50
3.3.2	Trafikkregulering	53
3.3.3	Vegutstyr	54
3.3.4	Tekniske løsninger	55
3.4	Fremkommelighet	56
3.4.1	Fremkommelighet for buss	56
3.4.2	Effekter av tiltak på fremkommelighet	57
3.5	Trafikksikkerhet	67
3.5.1	Trafikkulykker	67
3.5.2	Effekter av tiltak på trafikksikkerhet	70
3.6	Miljø	77
3.6.1	Effekter av tiltak på miljø	77
3.6.2	Norges mål om reduksjon av klimagassutslipp	80
3.6.3	Miljøpakkens arbeid for å redusere klimagassutslipp og andre negative miljøeffekter	81
3.7	Oppsummering av litteraturstudie	83
3.7.1	Fremkommelighet	83
3.7.2	Trafikksikkerhet	84
3.7.3	Miljø	84
4	Trafikkteori	85
4.1	Trafikkstrømteori	85
4.2	Sjokkbølgeteori	87
4.2.1	Sjokkbølger bak trafikklys	88
4.2.2	Beregning ved bruk av sjokkbølgeteori	89
4.3	Køteori	92
4.3.1	Køsystemer	92

4.3.2	Beregning av stokastiske køsystemer ved bruk av køteori	94
4.3.3	Tidsavhengige køsystemer	97
5	Metoder	99
5.1	Observasjoner fra holdeplass	99
5.2	Modellering i Excel	99
5.2.1	Om modelleringen	99
5.2.2	Anvendelse av sjokkbølgeteori i modellen	100
5.2.3	Anvendelse av køteori i modell	103
5.3	Intervjuer	104
5.4	Svakheter ved metodene	104
6	Datainnsamling	106
6.1	Egne observasjoner	106
6.1.1	Observasjoner fra holdeplass	106
6.1.2	Observerte utforminger av kantstopp i metrobusstraseene	112
6.2	Excel-modell	121
6.2.1	Sjokkbølgeteori	121
6.2.2	Køteori	123
6.2.3	Opprinnelig plan: videooptak	124
6.3	Intervjuer	125
7	Resultater	126
7.1	Observasjoner	126
7.1.1	Buss på kantstopp	126
7.1.2	Øvrig trafikk bak kantstopp	126
7.1.3	Buss bak kantstopp	127
7.1.4	Trafikksikkerhet ved kantstopp	127
7.1.5	Miljø i forbindelse med kantstopp	128
7.2	Modellering i Excel	129
7.2.1	Sjokkbølgeteori	129
7.2.2	Køteori	142
7.3	Intervjuer	145
7.3.1	Buss på kantstopp	145
7.3.2	Øvrig trafikk bak buss på kantstopp	146
7.3.3	Busser bak buss på kantstopp	148
7.3.4	Trafikksikkerhet ved kanstopp	150
7.3.5	Miljø i forbindelse med kantstopp	153

8	Diskusjon	155
8.1	Effekter av kantstopp for busser på kantstoppet	155
8.2	Effekter av kantstopp for øvrig trafikk	155
8.3	Effekter av kantstopp for andre busser	158
8.4	Effekter av kantstopp på trafiksikkerhet	158
8.5	Effekter av kantstopp på miljø	159
8.6	Kantstopp som tiltak generelt	160
9	Konklusjon	161
9.1	Konklusjon	161
9.2	Refleksjoner	163
9.3	Videre arbeid	163
	Figurliste	165
	Tabelliste	168
	Referanseliste	169
	Vedlegg	I
A	Masteravtale	II
B	Consequences of the Covid 19 pandemic	VII
C	Intervjuer	IX
C.1	Miljøpakken, Trondheim kommune	X
C.2	AtB AS	XV
C.3	Vy Buss AS	XVII
C.4	Tide AS	XX
C.5	Mobilitet AS	XXI
C.6	Trygg trafikk Trøndelag	XXIV
C.7	Trøndelag politidistrikt	XXVIII
C.8	Legevakta i Malvik, Melhus, Midtre Gauldal og Trondheim	XXXI
C.9	Trøndelag brann- og redningstjeneste	XXXIII

Part I

Scientific article

Impact of Curbside Bus Stops for Other Traffic

Vilde Bredholt Jørgensen

NTNU - Department of Civil and Transport Engineering

Keywords: Curbside bus stops; Traffic delay; Traffic safety

ABSTRACT

Curbside bus stops have in the recent years gained increased attention and increased use, in conjunction with society's increased focus on sustainable and environmentally friendly transport. The bus stop lets buses stop directly in the driving lane while other traffic have to wait behind. In Trondheim, several curbside stops have been implemented in connection with the new route structure and the metro buses in 2019. The curbside bus stops have been received variously in the population, and therefore questions are asked about how well the effects of curbside stops have been examined before they were built.

This study considers the effects of curbside bus stops on other traffic, traffic safety and the environment. Three methodological approaches, as well as a literature study, were used to assess the effects of curbside bus stops; Observations, Excel modeling and interviews. From all the methods used, it is clear that curbside bus stops will cause delays for other traffic. The delays and the number of vehicles involved in the queue will increase with increased dwell time, bus flow, traffic flow and number of stops in succession. Other traffic consists of, among other things, other buses and emergency vehicles, which some will be more sensitive to delays than others.

Results from interviews and the literature study show effects on traffic safety and the environment. Waiting bus passengers at curbside bus stops are closer to the road and pose a greater risk of an accident than at platforms further away. On the other hand, there will be lower speeds on roads with curbside bus stops than bus bays, which will reduce the severity if an accident occurs. In view of the environment, curbside bus stops will result in increased emissions for involved vehicles in the queue, but may in the long term result in reduced emissions in the form of fewer vehicles on the roads.

1 INTRODUCTION

This chapter introduces the project's background. Furthermore, the research questions to be studied are presented. The paper structure is presented at the end of this chapter.

1.1 Background

Trondheim is a city with rapid population growth. On January 1, 2020, according to Trondheim municipality, there were 205,163 people registered in Trondheim, and forecasts for medium growth estimate 225,000 inhabitants in 2030 and 240,000 inhabitants in 2050 (Trondheim kommune, 2020). An increase in population demands capacity and efficiency of the transport system, and will without necessary measures lead to more queues and environmental problems (Miljøpakken, b).

In 2012, the Parliament adopted the zero growth target; an overall goal of zero growth in passenger transport by car. The growth in passenger transport should be taken by public transport, bicycle and walking. Through city growth agreements, the nine largest urban areas in Norway coordinate land and transport policy with the zero growth target as the overall goal (Regjeringen, 2020). In the Trondheim municipality, «Miljøpakken» («the Environmental Package») is responsible for planning and further developing measures for sustainable transport development (Sollie et al., 2016). Miljøpakken is a collaboration between the municipalities of Trondheim, Melhus, Malvik and Stjørdal, Trøndelag county and the Norwegian Public Roads Administration (Miljøpakken, a). They commit to meet the zero growth target through several different objectives. In the City Growth Agreement for 2019 to 2029, the objectives include reduction of CO₂, increase in environmentally friendly travelling, reduction in transport needs, making urban and urban areas more accessible, reduction in the number of road accidents with killed and seriously injured, improvement in air quality and reduction of traffic noise (Miljøpakken, b). In 2014, a new bus route structure project was initiated to help achieve the zero growth target. It includes design of route services and infrastructure, and aims to ensure a cost-effective, needs-adapted, attractive, future-oriented and environmentally friendly public transport service. The new route offer consists of three main lines with Bus Rapid Transit and several transverse lines, making the Bus Rapid Transit the foundation of the route offer (Sollie et al., 2016). The Bus Rapid Transit is called Metro bus, and it includes the overall concept of new route structure, nodes and main lines (Miljøpakken, 2017b).

The Metro bus will provide high capacity, safety and comfort for all passengers. In addition, rapid exit and boarding, as well as automatic ticketing, will reduce the bus dwell

time. A number of infrastructure measures will also be implemented to ensure prioritization, accessibility and predictability of the metro bus (Sollie et al., 2016). The design of the bus stops is an important part of the efficiency of the Metro buses. The main solution for bus stop design is curbside bus stops, which means that the bus stops in the driving lane. Curbside bus stops provide good accessibility and comfort for public transport, and it can be designed in a traffic-safe manner without compromising on accessibility (Miljøpakken, 2017a).

On August 3, 2019, the new Metro bus route system was introduced in Trondheim (Trøndelag fylkeskommune). Of the approximately 150 metro bus stops (in both directions), most are designed as curbside stops. Consequently, with a stop in the lane, other traffic must wait behind the bus as the passengers get on and off. The buses aim to spend a maximum of 15 seconds at the bus stop (Miljøpakken, c), which does not give a significant loss of time for waiting traffic. However, if there is heavy traffic and the bus dwell time increases, curbside stops can be an obstacle to both other buses and other traffic accessibility (Vegdirektoratet, 2014).

1.2 Research questions

In Trondheim, curbside bus stops have not been used to a great extent in the past, but in recent years they have seen an upswing. This is in connection with a generally increased focus on sustainable and environmentally friendly transport. Curbside bus stops are described in the public transport manual as a type of bus stop that gives priority to the accessibility of public transport ahead of car traffic (Vegdirektoratet, 2014). The bus saves time by stopping in the lane instead of swinging in and out of a bus bay, and also not having to «press» to get out into traffic again since other road users are waiting behind. It will be interesting to study how much time the bus saves on stopping at the curbside bus stop compared to the bus bay, as well as what other benefits the bus gets at the curbside bus stop.

- What are benefits of the bus stopping at curbside bus stops?

Curbside bus stops affect other road users who use the road to a greater extent than bus bays, so that the new route structure in Trondheim with associated curbside bus stops has not only been received with enthusiasm is natural. The unnecessary delay that occurs when a bus stops at a curbside bus stop can be annoying to many. Several newspaper articles from Adresseavisen describe incidents where buses that stop at the curbside bus stop have led to major delays for both car traffic and emergency vehicles. However, this does not describe everyday traffic, ie how the traffic usually flows. Therefore, whether curbside bus stops are a good or bad solution for the traffic flow as a whole will be considered.

- How is other traffic affected by curbside bus stops?

Other buses are also included in the group with other traffic, but these are chosen to be studied separately. There may be several buses stopping consecutively at the curbside stop, with each stop leading to further delays for the bus behind. Buses that are delayed by other buses at curbside bus stops receive a time loss that can be compared to the time savings they get by stopping at curbside bus stops instead of bus bays.

- How is other buses affected by curbside bus stops?

Different designs of curbside stops will also affect traffic safety at the bus stop. With curbside bus stops, waiting bus travelers come closer to the roadway than with a bus bay, but at the same time the speed limit at curbside bus stops is generally lower. There will also be other factors at the curbside stop that affect traffic safety. The last research question will be an assessment of traffic safety and environment in connection with curbside bus stops.

- How is traffic safety and environment affected by curbside bus stops?

1.3 Paper Structure

Chapter two of this paper will show the most important findings from the literature review. The methods used to collect data for this study are described in chapter three. The results, followed by a discussion on the results are found in chapter four and five. The conclusion in chapter six answers the research questions based on the results and discussion. In addition, this chapter presents suggestions on further research. Acknowledgements will be found in the end.

2 STATE OF THE ART

The chapter presents the findings of a literature review on curbside bus stops and other conditions related to curbside bus stops that affect traffic flow, traffic safety and the environment.

2.1 Traffic Flow

A precise bus that arrives quickly will be an attractive and good alternative to passenger cars. When more travelers choose public transport as a means of travel, it will be possible to offer an even better public transport service with good capacity and frequent departures (Sæther et al., 2017).

Bus accessibility consists of three parts:

- Driving time
- Delays caused by other traffic
- Delays caused by stopping at bus stops

Lowest possible driving time and fewest possible delays will provide the best bus accessibility. Delays caused by other traffic can be reduced by prioritizing buses, for example by signal prioritization or separation public transport in own driving lanes. Delays caused by stopping at bus stops can't be excluded, since stopping at bus stops is the purpose of the bus. On the other hand, one can reduce the delays from stopping at the stop by making exit and entrance of passengers more efficient.

With a bus stop in the roadway, time spent on entry and exit to the stop is reduced, several studies show (Sæther et al., 2017; Zhang et al., 2015). At the same time, other vehicles have to wait when the bus stops at a stop. The time gain also depends on the other elements of the bus stop, because a well-designed platform can also reduce the length of stay. Buses with multiple doors and no manual ticketing also contribute to a shorter dwell time (Sæther et al., 2017).

Buses at curbside bus stops will cause delay for other traffic. Several studies mention these effects. Zhang et al. compares different bus stop designs, including curbside bus stops, and concludes that curbside bus stops have the greatest impact on other vehicle speeds, because buses at curbside stops block the road lane (Zhang et al., 2015). Koshy and Arasan describes the impact of various bus stops on traffic flow using a microscopic simulation model, validated using collected traffic data from curbside bus stops and bus bays. Results from the study show that the quality of traffic flow, in the form of average speed, is rapidly decreasing on roads with curbside stops, especially at high traffic volumes. A bus at the curbside stop create a «bottleneck» (a sharp reduction in the road width) where the curbside stop is located. Buses that stop at bus bays only interfere with other vehicles as they drive in and out of the bus bay. However, if the bus bay does not have room for the next bus to arrive, waiting buses in the lane will also occupy other traffic in the same way as at the curbside stop (Koshy and Arasan, 2005).

Fewer bus stops and shorter dwell times at each stop will benefit other traffic, as well as the bus. Urbanet Analyse has developed a model that calculates optimal average distance between bus stops. Optimal distance means the distance that minimizes the burden of a trip (travel time, walking time, waiting time, delays, ticket fare). Longer distances between stops result in reduced travel time, but will at the same time increase the time used for walking to and from the bus stop. Calculations of optimal stopping distance in Oslo and Stavanger show that an increase in average stopping distance

from approximately 400 meters to approximately 700 meters will give the least burden for public transport travelers (Betanzo and Haraldsen, 2016). In the new route system in Trondheim, a longer distance between the bus stops, 500-700 meters, will be an important measure to ensure good accessibility (Sollie et al., 2016).

The bus stop capacity is defined as the number of buses that can stop at a bus stop at the same time, and it depends on bus arrival rate. Other vehicles will reduce the capacity of the curbside stop by standing in queue behind a bus at the bus stop. Before the next bus can stop at the curbside stop, these vehicles must drive away (Gran and Larsson, 2013). Xu et al. has studied bus delays on both curbside stops and bus bays. The delays are small at 20 buses per hour, but increase significantly for bus arrivals over 30 buses per hour. Therefore, the report recommends that an arrival rate of 30 buses per hour should be used as a reference for standards for bus stop design.

A continuous bus lane will provide good accessibility to the bus. Disadvantages of bus lanes are that the bus accessibility is reduced where conflicts arise with right turning vehicles (Gran and Larsson, 2013). Public transport is prioritized more strongly in centered bus lanes than in bus lanes on the sides, due to the fact that centered bus lanes avoid conflicts with right turning vehicles at intersections. However, the same kind of challenges can be encountered with left turning vehicles at centered bus lanes (Frøyland et al., 2014). Centered bus lanes are more often physically separated from other lanes, which will reduce conflicts with other traffic. However, bus stops in the bus lane next to lanes for other traffic will make it easier to drive past buses that occupy the bus stop than at separate bus lanes. A bus can swing out into an ordinary car lane if it does not need to stop there. They note that separate, centered bus lanes pose challenges with location of bus stops, as buses at bus stops there mean that other buses must wait behind. Overtaking the bus at the bus stop depends on the amount of traffic in the oncoming public transport area (Gran and Larsson, 2013). Barriers between lanes in two-lane roads do not prevent accessibility in the direction of travel, but hinder the crossing of the road center. Consequently, barriers will make it impossible to overtake another vehicle (Høye, 2014).

2.2 Traffic Safety

Bus stop design depends on surroundings, traffic volumes, transport functions and transport modes, and will therefore vary at the different stops (Vegdirektoratet, 2019). Phillips et al. has studied the impact of bus stop design on risk of traffic accident. The report concludes that there is no clear knowledge that can say anything about the difference in accident risk at curbside bus stops and bus bays. On the other hand, there are various elements of a stop which can be linked to the risk of traffic accidents.

Among other things, Phillips et al. identified these factors:

- Bus stop design
- Number of bus stops on the route
- Traffic volume
- Speed limit
- Number of lanes in the same direction
- Bus lane
- Bicycle lane
- Sidewalk
- Number of road users, pedestrians and cyclists
- Location of bus stop
- Visibility conditions

A challenge in studies of accidents at bus stops is that bus stop design often is not described. On the other hand, they say something about the types of accidents that occur most frequently at bus stops. There is a connection between bus stops and traffic accidents for motor vehicles, cyclists and pedestrians. At bus stops, pedestrians and cyclists will often gather, as well as heavy vehicles in the form of buses, and thus dangerous traffic situations can quickly arise when the bus stop is near junctions, pedestrian crossings and lane changes. The studies indicate that more serious pedestrian accidents occur in bus bays than in curbside bus stops. This difference is probably explained by vehicles traveling faster at bus bays than at curbside bus stops (Phillips et al., 2019). In addition to this, Phillips et al. mentions other factors related to the effects of curbside bus stops and bus bays on traffic safety:

- Traffic volume and number of overtakings at curbside bus stops
- Risky overtakings at curbside bus stops
- Conflict level when the bus leaves the bus bay

Many curbside bus stops on one route most likely lead to an increase in the number of overtakings. Overtakings are associated with a risk of dangerous traffic situations. At only one lane in the driving direction, high speeds, oncoming traffic or difficult visibility conditions, the risk of accidents during overtakings will increase. Leaving the bus bay can cause more potential conflicts than starting from a curbside bus stop, as buses leaving a bus bay must enter a field where other road users are already driving (Phillips et al., 2019). COWI has studied near misses at curbside bus stops and bus bays. They registered most near miss accidents at curbside bus stops, and most of these arose as cars drove past buses at the curbside stop and a car or a moped came the other direction. However, based on this study, curbside stops cannot be defined as less traffic safe than bus bays, since emergency maneuvers was carried out and resulted in no traffic accidents (COWI, 2014).

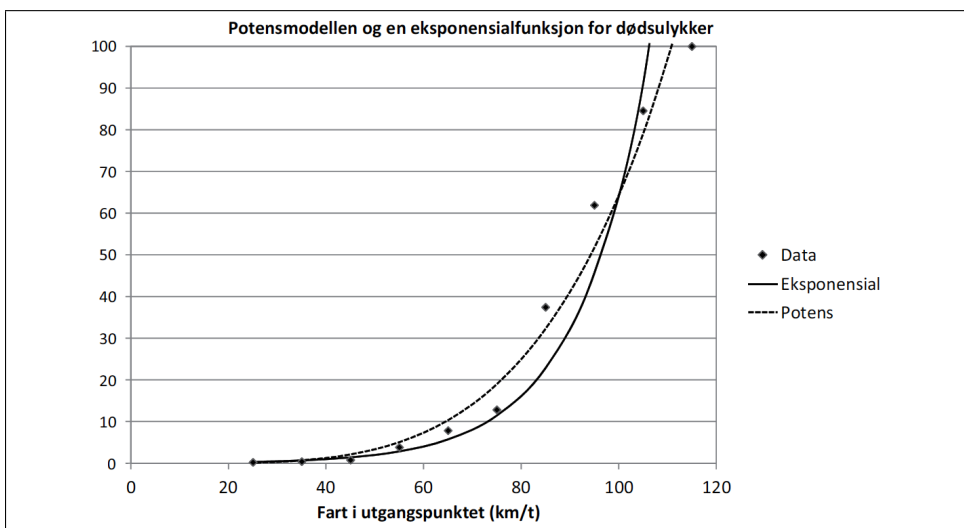


Figure 1: Connection between speed and fatalities (TØI, 2012)

Elvik has studied extensive research on the connection between speed and traffic accidents, and concludes that high speed at the moment of accidents gives greater likelihood of injury and being killed in a traffic accident Elvik (2012). This is shown in figure 1, where data from accidents is compared to an exponential function and a power model. Also Phillips et al. have studied the relationship between accident risk and speed. At speeds of 30 to 60 km/h they found no connection. On the other hand, they could see a connection between accident risk and speed in roads with curbside bus stops. The risk of accidents in roads with curbside bus stops and speed limit 60 km/h was apparently lower than in roads with speed limit 30 km/h (Phillips et al., 2019).

Physically separate driving lanes have a positive impact on traffic safety, states (Frøyland et al., 2014). Results from studies comparing roads with and without barriers between lanes are presented by Høyve. The number of personal injury accidents is reduced by barriers, with greatest impact on the most serious accidents (Høyve, 2014). In pedestrian crossings, a barrier between driving lanes will make it safer for pedestrians to cross multi-lane roads, as the crossing distance is long and parallel lanes can cause difficulties with visibility conditions (Vegdirektoratet, 2017).

2.3 Environment

Curbside bus stops as accessibility measures are established in connection with the Metro bus project (Miljøpakken, c). Good accessibility for buses with the use of curbside bus stops should help to make the bus more attractive, thus reducing the use of passenger cars. Fewer cars on the roads will reduce emissions (Sollie et al., 2016).

Other measures to reduce car traffic are bus lanes (Høye, 2010).

However, curbside bus stops will cause other traffic to be paused behind the bus at curbside bus stops (Sæther et al., 2017). This results in low speeds in the traffic behind, which gives increased greenhouse gas emissions. Greenhouse gas emissions increase significantly at average speeds below 30 km/h (Elvik, 2012). In addition to low speeds, curbside bus stops will also cause a lot of braking, acceleration, stopping and starting. It should be noted that average speeds will not necessarily give accurate presentation of emissions distribution. For the same average speed one can observe many different speeds and acceleration profiles, which results in different fuel consumption and emission levels.

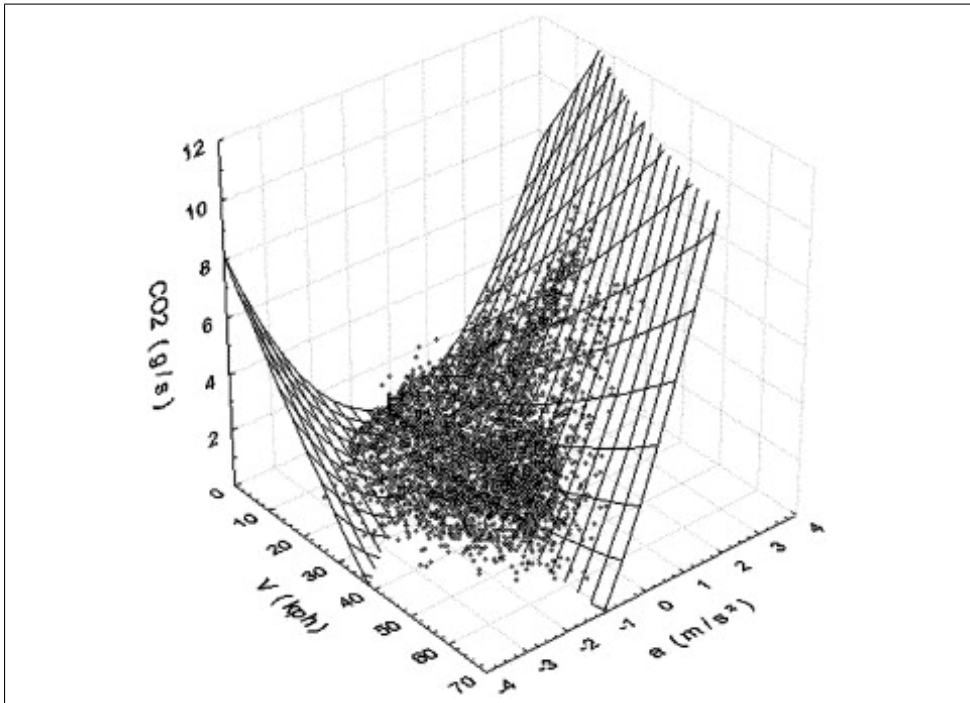


Figure 2: CO₂-emissions as function of speed and acceleration, combined with measures from a diesel car (Panis et al., 2006)

Panis et al. study emission functions for traffic at a second level basis. The functions are based on measurements from real-life traffic situations, and are derived using multiple regression techniques based on each vehicle's instantaneous speed and acceleration. An example of an emission function and comparison with the vehicle measurements is shown in figure 2. The points show measurements from a diesel car

(Skoda Octavia) and the surface shows the emission function. The axes show CO₂ emissions (CO₂), speed (v) and acceleration (a). Acceleration below -0.5 m/s² means that the vehicle is braking. The figure shows that the CO₂ emissions increase with heavy braking and acceleration, especially at low speeds.

Pandian et al. consider the effect of start and stop in their vehicle emissions report. Air quality is generally poor at intersections due to large variations in vehicle speed on arrival and departure. Frequent stops and starts, as well as fast braking and acceleration, emit more emissions than smooth driving and then stop (Pandian et al., 2009).

3 METHODOLOGY

Three different methodological approaches were chosen to answer the research questions. These are observations from bus stops, modeling in Excel and interviews.

3.1 Observations

Observations from metro buses and various curbside bus stops were used to assess factors and conditions that can determine how efficient and traffic-proof the curbside bus stops and the bus's stops at the curbside bus stops are. The research questions ask, among other things, about the effects of curbside bus stops for both the bus at the bus stop, other traffic and other buses. The extent of delays for other traffic and other buses will be observed at the bus stops. Dangerous traffic situations will also be observed if they occur. Most of the observations were made in the afternoon rush hour, as there were several elements to observe at high traffic volumes and many bus travelers.

A simple illustration of an example on how other vehicles are affected by buses stopping at curbside bus stops is shown in figure 3. More and more cars are affected by the bus's stops as they arrive the queue standing behind or following the bus. For example, the sixth vehicle will not be affected by the first stop, but will be caught up by the queue at the second stop. The delays will consist of the dwell time at the bus stops, in addition to the time loss due to slowing down and acceleration from the curbside bus stop. Multiple curbside bus stops in succession will amplify the effect on the traffic behind, as further delays occur.

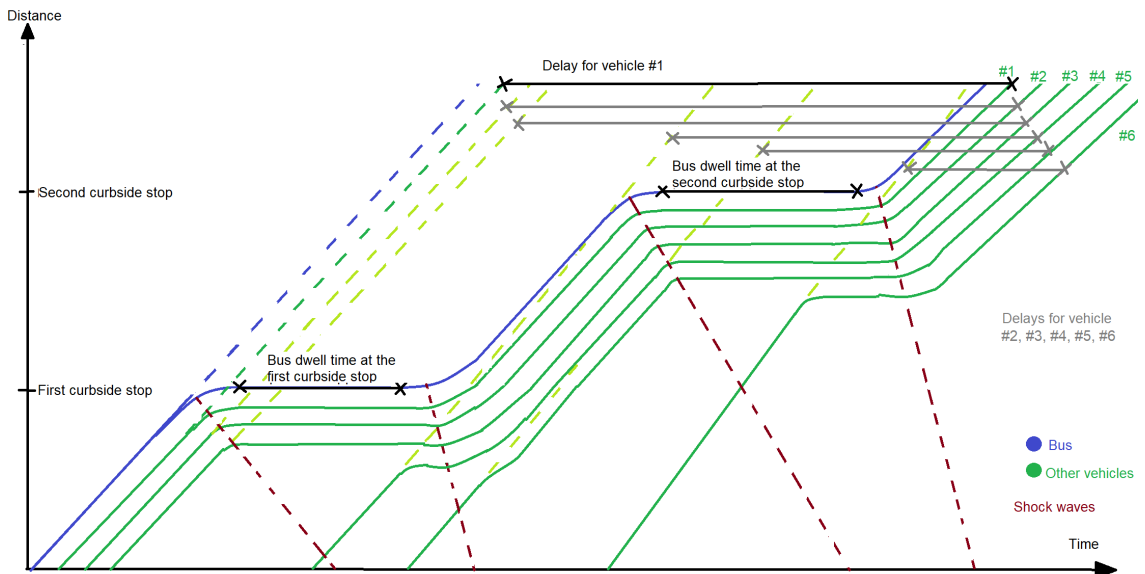


Figure 3: Drawing of delays for vehicles behind bus at curbside bus stop

The green dotted lines show how the cars would drive straight ahead, and may represent approximately how the cars would have driven if the bus stopped in a bus bay. Then the bus would have left the road, and the delays would be very small, only consisting of the time loss associated with the bus deceleration before entering the bus bay and the other cars' adaptation to this. Red dotted lines show how the queue moves backwards and dissolves from the front, so-called shock waves. These lines will meet at a point where the queue is dissolved.

3.2 Excel modeling

Modeling different curbside bus stops in Excel was intended to assess the accessibility at curbside stops for other traffic and other buses. Two different approaches are used to describe the traffic flow behind curbside bus stops; shock wave theory and queueing theory. By using these approaches, information can be obtained on, among other things, how fast queues develop and are resolved, delays, the number of vehicles that are delayed and the probability of being delayed. Effects of curbside bus stops is modeled without the possibility of overtaking at two curbside stops in succession. The use of the two approaches is further described.

3.2.1 Shock wave theory

A shock wave represents a discontinuity of traffic volume or density that causes cars to change speed (Gartner et al., 1997). Queue development behind curbside bus stops

can be described using shock wave theory. A bus at a curbside stop will create a shock wave by making the cars in the traffic behind stop one after one. The shock wave follows the queue development backwards along the road. When the bus leaves the stop, the queue starts to dissolve. This is shown by a new shock wave. The queue is dissolved when the shock wave representing the queue front and the shock wave representing the back of the queue have the same position. Shock waves at two curbside bus stops are shown in figure 4.

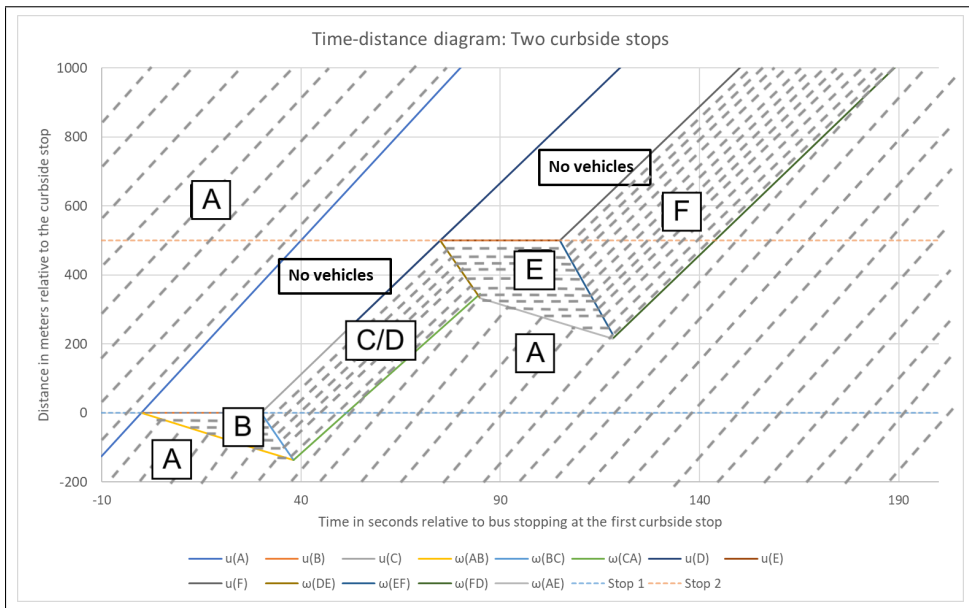


Figure 4: Shockwaves at curbside bus stops

Here, one can recognize the elements from figure 3. The coloured lines show the traffic and shock wave speeds. The grey dashed lines show positions of vehicles, which, unlike figure 3, come more densely. The different states at curbside bus stops are as follows:

- A Uninterrupted flow
- B Still-standing queue when the bus is stopping at the curbside bus stop
- C Cars following the bus from the first stop
- D Cars following the bus to the second stop
- E Still-standing queue when the bus is stopping at the second curbside bus stop
- F Cars following the bus from the second stop

The first three states will occur at the first curbside bus stops, as well as at a curbside stops if looked at separately. The vehicles will arrive the bus stop from the uninterrupted state. A bus at the curbside bus stop will create a shock wave, making the vehicles form a queue. The queue starts to dissolve when the bus leaves the bus stop. The vehicles will follow the bus with higher density and lower speeds than in the uninterrupted state. At two stops, some of the vehicles will arrive the second bus stop following the bus after the first bus stop, and some will arrive from the uninterrupted state. After the second bus stop, the vehicles involved in the queue will follow the bus further on.

The speed of the shock waves can be calculated from the following context:

$$\omega_{AB} = \frac{q_A - q_B}{k_A - k_B} \quad (1)$$

To calculate shock waves, data on traffic volume (q), density (k) and speed (u) are required for the different states. In addition, data is needed on the bus dwell time and the distance between stops. The data for traffic flow, density and speed used in the modeling are shown in table 1. The chosen dwell time is 20 seconds, which is some seconds above the goal at 15 seconds and may better represent a normal dwell time. Distance between stops is set to 500 meters. The data is assumed to represent a real traffic situation, and will be used to describe the tendency of the effects from curbside bus stops.

Table 1: Data for traffic flow, density and speed

State	Traffic flow(veh/h)	Density (veh/km)	Speed (km/h)
	q	k	u
A	1000	22,22	45
B	0	100	0
C ¹	2400	60	40
D ²	2400	60	40
E	0	100	0
F ³	2600	65	40

¹The traffic flow and density in state C are unreasonable, but the results will still show an acceptable tendency of the queue developments.

²The traffic flow and density in state D are the same as in state C, and are thus unreasonable.

³The traffic flow and density in state F are also unreasonable, but the tendency shown in the results will be acceptable.

3.2.2 Queueing theory

Queueing theory is a set of mathematical techniques used to describe how costumers wait in line behind a restriction. In this study, vehicles are the costumers and buses at curbside bus stops are the restrictions (Aakre, 2019).

A queueing system is described by (Aakre, 2019):

- Arrival distribution
- Service distribution
- Number of parallel servers
- Max queue storage

The arrival and service distributions are usually random, as in this study, but they can also be uniform or have other grades. There will be one parallel server and unlimited queue storage. From the arrival distribution α and service distribution β , one can calculate delays, the number of vehicles that are delayed and the probability of being delayed. The queueing system's utilization factor ρ is defined as the arrival distribution α divided by the service distribution β . $\rho = \alpha/\beta$. When ρ is greater than 1, the system is saturated and the queue will increase over time (Aakre, 2019).

It will be looked at increasing arrival distributions, from 10 to 230 buses per hour. The bus dwell times will describe the service distribution, as *service time* = $1/\beta$. Chosen data for dwell times at 15, 20, 25 and 30 seconds.

3.3 Interviews

The research questions involve questions about the effects of curbside bus stops for both the bus at the bus stop, other traffic and other buses. A total of eight individual interviews were conducted with public transport planners, bus operators, a traffic safety operator and several emergency agencies. The interviewees were representatives from Miljøpakken, AtB AS, Vy Buss AS, Mobilitet AS, Trygg Trafikk Trøndelag, Trøndelag Police District, the Accident and Emergency Unit in Malvik, Melhus, Midtre Gauldal and Trondheim, and Trøndelag Fire and Rescue Service. One person from each organization was interviewed, and it was assumed that these may represent the organization's opinion, although not all employees in each organization may agree. One of the interview subjects sent the inquiry to acquaintances in other parts of the country. Among other things, he received a response from a representative from the bus operator company Tide AS. These answers are also included in the results.

4 RESULTS

The chapter presents results from modeling curbside bus stops in Excel, as well as the most important observations and answers from interviews.

4.1 Bus at curbside bus stop

4.1.1 Observations

It has been observed that the buses stop quickly and easily at the curbside bus stop and can just as quickly and easily drive from there. Here, time is saved compared to stops in the bus bays. The actual stay at the bus stop can be done just as efficiently in a bus bay as at a curbside bus stop.

4.1.2 Interviews

Curbside bus stops allow the bus to enter and exit the curbside stop easily and quickly. However, Vy bus AS and Tide AS say that the difference in time spent on entering and exiting curbside stops and bus bays is perceived as marginal. Usually, getting out of a bus bay at speeds up to 60 km/h is no problem, as fellow road users show a great deal of consideration.

Miljøpakken states that, in general, curbside bus stops and metro buses will provide more efficient use of time at the stop compared to bus bays and other buses, because of four doors for boarding and by letting passengers have a valid ticket before boarding. Thus, the dwell time is more dependent of the bus type than the bus stop design.

4.2 Other traffic behind bus at curbside bus stop

4.2.1 Observations

The buses are observed in various traffic flows. The bus may have many vehicles both in front of and behind itself as it arrives at the curbside bus stop, and it can have few. When the bus stops, it forms a queue of vehicles behind it. The vehicles may include passenger cars, commercial transport and emergency vehicles. These vehicles have to wait when the bus is at the curbside bus stop, and can continue one by one as the bus leaves the bus stop. It is observed that a high bus frequency can quickly lead to greater delays.

The bus's dwell time at the curbside bus stop is often only a few seconds, and the vehicles in the queue will therefore not be delayed to a great extent. However, some types of vehicles, such as emergency vehicles, are more sensitive to delays, and frequent

stops and lane changes because of curbside bus stops have therefore potentially serious consequences. A longer dwell time will lead to bigger delays, as well as involving more vehicles in the queue.

4.2.2 Modeling

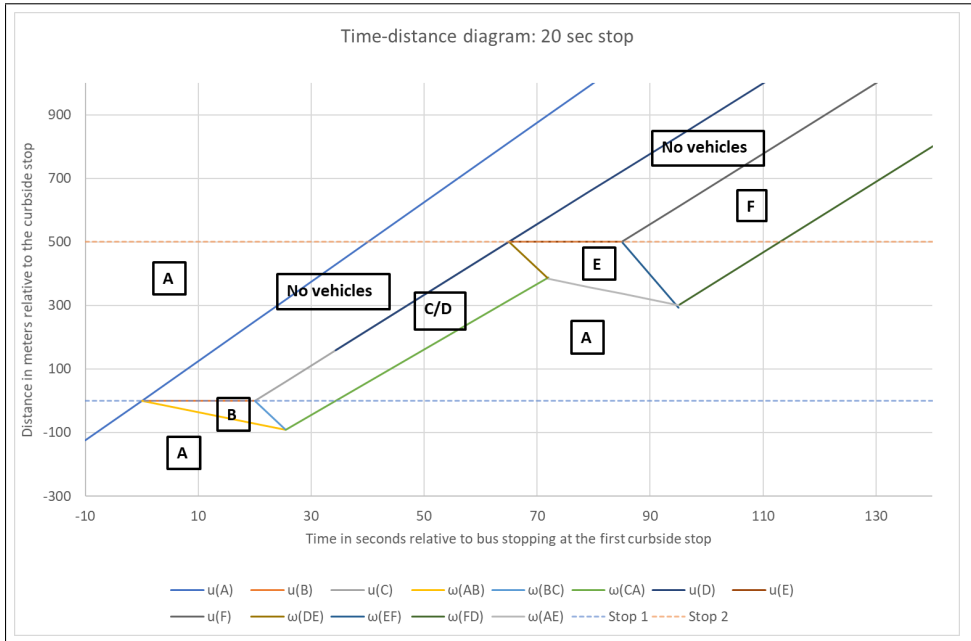


Figure 5: Effects of two curbside bus stops with 20 seconds stops

Shock wave theory is used to show how other vehicles are affected by curbside bus stops. Queues at two bus stops with 20 seconds stops are shown in figure 5. At the first bus stop, vehicles traveling towards the curbside bus stop after the bus has stopped will have to stop and then follow the bus further along the road. Each vehicle's delay will be the time period from the yellow line (change between state A and B) to the light blue line (change between state B and C). At the second bus stop, more vehicles will be delayed and the average delay will be longer than at the first curbside stop. This is because the queue will grow rapidly due to the fact that some vehicles are already following the bus. In addition, other vehicles will arrive the queue from state A. Thus, an equal stop time will result in more vehicles being involved in the queue and greater delays than at one stop. Longer dwell times will consequently lead to longer delays and more vehicles involved in the queues.

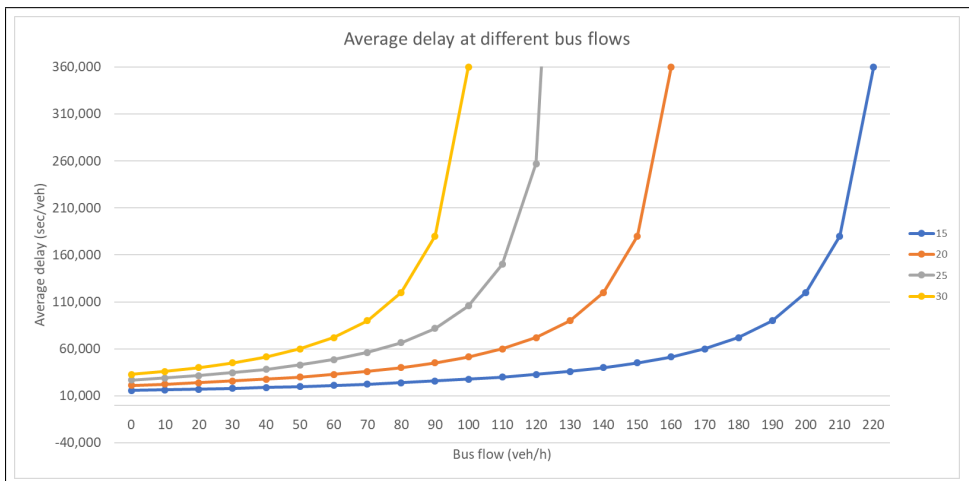


Figure 6: Average delays at different bus flows

Curbside bus stop effects using queue theory are shown by comparing average delays at different dwell times. Figure 6 show average delays at different bus flows for 15, 20, 25 and 30 seconds dwell time. Average delays per vehicle will increase with increasing dwell times, and more rapidly at high bus flows. At longer stops, average delays will increase faster than shorter stops. When the curve goes to infinity, it means that the queue grows.

It can be seen from both queuing theory and shock wave theory that queues lengths and delays increase the greater the amount of traffic and longer dwell times.

4.2.3 Interviews

Buses on curbside bus stops result in queues for other traffic. Mobilitet AS emphasizes the dwell time as an important parameter when it comes to traffic flow for other vehicles. Long dwell times lead to more vehicles involved in the queue, both buses and other traffic, says Miljøpakken. Traffic flow for other vehicles is also affected by the bus flow. Buses that stop in succession lead to an increase in delays for the traffic behind, says the Police and the Fire and Rescue Service.

In multi-lane roads, curbside bus stops lead to more lane changes due to the passing of buses on curbside bus stops. Bus bays along multi-lane roads are used frequently by bus drivers when they are caught up by emergency vehicles. Emergency vehicles will thus be unnecessarily prevented if there is also heavy traffic or queues in the lanes. The Accident and Emergency Unit tells that the vehicles in front of the emergency vehicle follow the movements of the emergency vehicle and move to give them space. When the emergency vehicles change lanes more often due to curbside bus stops, the

vehicles in the front of the queue will move from side to side. This creates challenges for the flow of the emergency vehicles.

Barriers between lanes make overtaking impossible. Among the interview items, it is agreed that such barriers should be avoided to ensure accessibility for other traffic when necessary. Barriers which can be run over or road markings which indicates no passing are considered good solutions.

4.3 Other buses behind bus at curbside bus stop

4.3.1 Observations

Buses have also been observed in line behind buses at the curbside bus stop. These will also get delays from this, making the bus accessibility worse. The time savings from effective stops and start from curbside bus stops can thus be offset by increased time spent queueing behind buses at curbside bus stops, but it is difficult to say how big the time savings and delays actually are.

Additional delay can be caused by cars standing in between two buses that will stop at the curbside bus stop by occupying space at the curbside stop which has room for several buses. Without these cars, the bus would be able to stop at the curbside stop at the same time as the front bus, and avoid delays associated with the first bus stop since it stops at the same time. Such incidents also cause further delays for the traffic behind, as two buses with stays at the same time also benefit their accessibility.

4.3.2 Modeling

Results from modeling effects of curbside bus stops for other buses are considered the same as for other traffic, and shown in chapter 4.2.2.

4.3.3 Interviews

The interviewees have experienced that buses are standing in line behind buses at the curbside bus stop. AtB and Tide states that this happens most often where several lines run in parallel and where the bus frequency is high. Multiple curbside bus stops in succession should be avoided as these lead to further queue development.

The fact that buses running the same route in parallel pile up is a problem at curbside bus stops, tell Miljøpakken and Vy Buss. All the buses in the row have to wait for the buses in front to leave the bus stop before they can continue, even though the bus does not need to stop at the bus stop. Vy buss emphasizes the importance of the buses changing order, in order to insure good bus accessibility. The bus accessibility will be improved by inserting some bus bays and avoiding many curbside bus stops

in succession. The number of lanes will also be decisive for accessibility, as several lanes allow passing.

4.4 Traffic Safety

4.4.1 Observations

The traffic safety was also observed at the curbside bus stops. Curbside bus stops differ from bus bays in that the waiting area is adjacent to the road. Any differences in how traffic safety is maintained are thus assumed to be associated with this. However, no measures have been noted that are specific to curbside bus stops. The observed elements to ensure good traffic safety at the curbside bus stop will thus also be found at bus bays.

Bus bays allow higher speeds than curbside bus stops. Based on the observations made, neither accidents nor dangerous traffic situations related to curbside bus stops were observed. It seems that the vehicles that drive in streets with curbside bus stops observe the traffic situation well, which can be assumed to be due to lower speeds.

Nevertheless, there is an assumed greater risk of some types of accidents at curbside bus stops. For example, curbside bus stops can increase the risk of rear-end collisions, as it may come as a surprise to some that a bus suddenly stops in the lane. When passing buses at the curbside bus stop, the passing vehicle must cross to the opposite lane. Occasionally there may be vehicles or items in the other lane that have not been discovered and may cause collisions. This is especially the case where curbside bus stops are located in areas with poor visibility, such as near turns and hilltops. Curbside stops are often located in streets with multiple lanes in the same direction, for example in bus lanes. Passing here will be much safer.

4.4.2 Interviews

AtB think that there is given a lot of thought about the safety of the bus routes with curbside bus stops, and feels that the traffic safety is properly taken care of. Vy buss experiences curbside bus stops as safer than bus bays for passengers going on and off the bus. This is because in the bus bay, traffic continues past the buses that stand in the bus bay at the same speed, while at the curbside stop they slow down the speed when passing or stopping behind, depending on whether there are one or two lanes. Trygg Trafikk says that bus stops where the bus turns physically out of the roadway and leads vulnerable road users away from other traffic will be safer than curbside bus stops. Neither the police nor the fire department have been given the impression that curbside bus stops are more traffic safe than bus bays, because of waiting bus travelers who stand close to the roadway. The Accident and Emergency Unit looks

at the people at the platform by a curbside bus stop as comparable to people on the sidewalk. Thus, traffic safety at the curbside stop is not thought of as worse or better than with other elements of the road system. Drivers must be attentive anyway.

Low speed limits at curbside stops mean that traffic accidents have a lower consequences than at other types of stops, Miljøpakken mentions. Trygg Trafikk describes large speed differences between vehicles, like between still-standing buses and other vehicles, as unfortunate. It places great demands on attention from each vehicle and can mean shorter response times if someone makes unexpected maneuvers or perceives situations late.

Vy Buss, Tide and the Fire Department agrees that dangerous traffic situations can occur when cars drive past buses at curbside bus stops with a little too high speed. However, most people overtaking a bus have checked the area well before they pass, and dangerous bypasses occur rarely, Vy buss says. It will be a good idea to avoid many curbside bus stops in succession, to avoid overtakings by stressed drivers.

4.5 Environment

4.5.1 Observations

Due to buses that block the road at the curbside bus stop, other traffic will experience increased congestion. Environmental effects in connection with curbside bus stops are due to more frequent braking and acceleration among other traffic, as a result of this. Very low speeds, braking and acceleration result in increased greenhouse gas emissions. Compared to bus bays, curbside bus stops will result in more uneven driving, and thus an increase in emissions per vehicle.

At the same time, curbside bus stops are meant as a measure that enhances bus accessibility, and reduces the amount of passenger cars by choosing environmentally friendly means of transport instead. Fewer passenger cars will result in less emissions. Whether curbside bus stops have led to a reduction in passenger cars is uncertain, and it is impossible to say anything based on the observations made in connection with this study.

4.5.2 Interviews

Miljøpakken will build measures that reduce car traffic. Mobilitet AS points out that an important effect of public transport is that it contributes to reduced emissions if it makes car users choose public transport solutions.

AtB mentions better bus flow in connection with curbside bus stops, compared to bus bays, as an environmental benefit. That will lead to less emissions from the bus. The interviewees agree that curbside bus stops lead to more braking and acceleration for other traffic. As is known, this contributes to increased greenhouse gas emissions.

5 DISCUSSION

Curbside bus stops provide advantages for the bus at the curbside bus stop by making entering and exiting the bus stop easier than at bus bays. However, the time loss is marginal, bus operators tell. At the same time, other buses and the rest of the traffic behind will experience disadvantages, such as delays. The delays and number of vehicles involved in the queue will quickly increase with increasing bus flow and number of stops in succession. Disadvantages of the traffic behind may lead to advantages for the bus if more people choose to travel by bus. More passengers may lead to longer stops and more buses on the roads, and thus more disadvantages, for other buses and other traffic.

The effects of curbside bus stops are both immediate and long-lasting. Such effects are difficult to compare. Over time, curbside bus stops can be a good measure for the environment by making public transport more attractive. At the moment, queue driving and the following increased emissions describe the environmental effects of the curbside bus stop best.

Traffic safety at the curbside bus stop is also debatable. Pedestrians at the platform will be a risk because they are close to the roadway, but at the same time pedestrians walking along the roadway is nothing new. Bus bays allow higher speed limits than curbside bus stops. Thus, cars will drive slowly past buses at the curbside bus stop and have higher speeds past buses in bus bays, even at an equal distances between bus and lane. Taking inattentive car drivers into account, bus stops should be optimally designed as bus bays with low speed limits, considering safety.

It should also be borne in mind that curbside bus stops may be the only solution sometimes, for example due to limited area or limited costs.

6 CONCLUSION

6.1 Answers to research questions

What are the benefits of the bus stopping at curbside bus stops?

The advantages of a curbside stop for the bus are that the bus can easier drive in and out of the bus stop than at a bus bay. Time savings come from easier maneuvering into the platform edge by stopping in the roadway rather than swinging into a bus bay and by not having to «press» into the road among other traffic after the stop. Curbside stops allow the bus to drive straight ahead. Blocking the lane when it stops may cause more people to choose to travel by bus over passenger car in the long run, due to the delays that occur for other traffic.

How is other traffic affected by curbside bus stops?

Buses at curbside bus stops lead to delays for the traffic behind. These delays are often only some seconds, and usually have no other consequences for other traffic than arriving a little later. However, multiple curbside bus stops in succession will quickly lead to increased average delays for each vehicle involved in the queue and the number of vehicles involved in the queue increases, and should therefore be avoided. Also high bus and car traffic contributes to bigger delays. Even a few seconds delay can have very large consequences for other types of vehicles, such as emergency vehicles. Curbside bus stops should therefore be better organized for overtaking so overtaking can be carried out where necessary. This can be solved with barriers which can be run over or road markings which indicates no passing.

How can other buses be affected by curbside bus stops?

Buses are delayed when queueing behind the bus at the curbside stop, and lack of overtaking possibilities will also stop the buses from changing order and thus pile up behind each other when driving the same route. By inserting bus bays from time to time, the buses are allowed to change order and thus generally get better accessibility. High bus frequency leads to both bus bunching and increased delays for other traffic, and therefore a maximum number of buses per hour should be set for all types of routes with curbside bus stops.

How is traffic safety and environment affected by curbside bus stops?

Curbside bus stops does not appear to have a major impact on road safety to date, but pedestrians close to the roadway are associated with a greater risk of accidents. However, low speed limits by the curbside bus stop will reduce the risk of the accident being serious if it occurs.

Buses at curbside bus stops lead to increased emissions from the cars that have to queue because of this. Nevertheless, curbside bus stops can be a good measure for the environment in the long term. This will then happen as a result of reduced emissions due to the measure's objective that passenger car traffic does not increase. Measures that reduce the extent of queue development will also be good measures regarding the environment, for example by reducing dwell times or bus flow.

6.2 Further research

This study is limited to looking at effects on traffic flow, traffic safety and environment. Further research should include other conditions, for example bicycles and universal design.

In order to provide a more accurate assessment of the effects of curbside bus stops on other traffic, further research should be carried out on roads that have curbside bus stops where there have been bus bays before. Data should be collected both before and after the curbside bus stop is built, so the difference in effects from bus bays and curbside bus stops can be described. The bus stops should be at different locations and of different designs, and the data should be collected several times at each stop.

The analysis should be carried out using several methods. For example, microsimulation could provide even more detailed results, taking into account the behavior of single vehicles.

7 ACKNOWLEDGEMENTS

The author would like to thank all the interviewees for sharing their experiences, playing a vital role in this study. A special thanks should also be directed to Arvid Aakre (NTNU) for counseling.

REFERENCES

Arvid Aakre. Queueing theory. Universitetsforelesning januar 2019, 2019. Traffic Engineering Research Centre, Department of Civil and Environmental Engineering, NTNU.

Mari Betanzo and Kristine Wika Haraldsen. Færre holdeplasser, flere reisende. *Urbanet Analyse*, 2016. URL <https://samferdsel.toi.no/forskning/farre-holdeplasser-flere-reisende-article33731-2205.html>.

COWI. Evaluering av bussholdeplasser i Trondheim. Technical report, Trondheim kommune, 2014.

- Rune Elvik. Fartsgrenser. In Alena Høye, Rune Elvik, Michael W. J. Sørensen, and Truls Vaa, editors, *Trafikksikkerhetshåndboken*, chapter 3.11. Transportøkonomisk institutt, 2012. ISBN 978-82-480-1399-0. URL <https://tsh.toi.no>.
- Per Frøyland, Øystein Ristesund, and Steinar Simonsen. Superbussekonsept og midtstilt kollektivfelt. Technical Report 312, Statens vegvesen, 2014. URL https://www.vegvesen.no/_attachment/1433163/binary/1120651?fast_title=Superbussekonsept+og+midtstilt+kollektivfelt.pdf.
- Nathan H. Gartner, Carroll J. Messer, and Ajay K. Rathi. *Monograph on Traffic Flow Theory*. Federal Highway Administration, 1997.
- Kyrre Gran and Andreas Larsson. Kapasitet på holdeplasser og i kollektivfelt. Technical Report 3, Sweco, January 2013. URL https://www.vegvesen.no/_attachment/683644/binary/982255?fast_title=Kapasitet+på.
- Alena Høye. Sambruksfelt, kollektivfelt og kjørefeltrestriksjoner for tunge kjøretøy. In Alena Høye, Rune Elvik, Michael W. J. Sørensen, and Truls Vaa, editors, *Trafikksikkerhetshåndboken*, chapter 3.18. Transportøkonomisk institutt, 2010. ISBN 978-82-480-1399-0. URL <https://tsh.toi.no>.
- Alena Høye. Midtdeleere. In Alena Høye, Rune Elvik, Michael W. J. Sørensen, and Truls Vaa, editors, *Trafikksikkerhetshåndboken*, chapter 1.21. Transportøkonomisk institutt, 2014. ISBN 978-82-480-1399-0. URL <https://tsh.toi.no>.
- Reebu Zachariah Koshy and V. Thamizh Arasan. Influence of Bus Stops on Flow Characteristics of Mixed Traffic. *Journal of Transportation Engineering*, 131(8):640–643, 2005. ISSN 0733-947X. doi: 10.1061/(ASCE)0733-947X(2005)131:8(640).
- Miljøpakken. Aktører. Online, a. URL <https://miljopakken.no/om-miljopakken/organisasjonen/aktorer>.
- Miljøpakken. Målsettinger. Online, b. URL <https://miljopakken.no/om-miljopakken/organisasjonen/malsettinger>.
- Miljøpakken. Stasjoner for metrobuss, c. URL <https://miljopakken.no/om-metrobuss/stasjoner-metrobuss>. Hentet 11.10.2019.
- Miljøpakken. Sakgrunnlag – prinsippavklaringer for superbuss. Online, 2017a. URL <https://miljopakken.no/wp-content/uploads/2017/02/Sak-3-17a-Vedlegg-1-Stasjonsstruktur.pdf>. Hentet 01.05.20.
- Miljøpakken. Superbussekonseptetnavn. Technical report, Miljøpakken, 2017b. URL <https://miljopakken.no/wp-content/uploads/2017/06/Vedlegg-38b-Superbussekonseptetnavn-1.pdf>.

- Suresh Pandian, Sharad Gokhale, and Alope Kumar Ghoshal. Evaluating effects of traffic and vehicle characteristics on vehicular emissions near traffic intersections. *Transportation Research Part D*, 14(3):180–196, 2009. ISSN 1361-9209.
- Luc Int Panis, Steven Broekx, and Ronghui Liu. Modelling Instantaneous Traffic Emission and the Influence of Traffic Speed Limits.(report). *Science of the Total Environment*, 371(1-3): 270, 2006. ISSN 0048-9697.
- Ross O. Phillips, Siri Hegna Berge, and Oddrun Helen Hagen. Effekt av holdeplasser på trafiksikkerhet og framkommelighet. Technical report, Transportøkonomisk Institutt, August 2019.
- Regjeringen. Belønningsordningen, bymiljøavtaler og byvekstavtaler. Online, 2020. URL <https://www.regjeringen.no/no/tema/transport-og-kommunikasjon/kollektivtransport/belonningsordningen-bymiljoavtaler-og-byvekstavtaler/id2571977/>.
- Janne Sollie, Harald Storrønning, and Astrid Lilliestråle. Framtidig rutestruktur med superbuss i Stor-Trondheim 2019-2029. Sammendragsrapport med anbefalinger, 2016. URL <https://miljopakken.no/wp-content/uploads/2016/03/bakgrunnen-for-den-nye-rutestrukturen.pdf>.
- Maria Helene Sæther, Vilde Lofthus Rooth, and Tord Eirik Feldt Enger. Statens vegvesens rapport nr. 434. Fremkommelighet for buss. Tiltak på veg og gate. Technical report, Vegdirektoratet, 2017.
- Trondheim kommune. Befolkningsprognoser. Online, 2020. URL <https://www.trondheim.kommune.no/aktuelt/om-kommunen/statistikk/prognoser/>.
- Trøndelag fylkeskommune. Metrobuss og nytt kollektivsystem i Trondheim. Online. URL <https://www.trondelagfylke.no/nyhetsarkiv/metrobuss-og-nytt-kollektivsystem-i-trondheim/>.
- TØI. *Trafiksikkerhetshåndboken*. 4. Transportøkonomisk Institutt, 2012. ISBN 978-82-480-1399-0.
- Vegdirektoratet. *Statens vegvesens håndbok V123 Kollektivhåndboka. Tilrettelegging for kollektivtrafikk på veg og gate*. Statens vegvesen, October 2014.
- Vegdirektoratet. Statens vegvesens håndbok v127 - Kryssingssteder for gående. Technical report, Statens vegvesen, 2017.
- Vegdirektoratet. *Statens vegvesens håndbok N100 Veg- og gateutforming*. Statens Vegvesen, 2019.
- Zhi Xu, Vincent Kwami Akpakli, and Xiao-Kuan Yang. *A Study on the Bus Delay Model at Bus Stops*, volume 358, pages 1–10. American Society of Civil Engineers, Reston, VA, 2009. ISBN 9780784410646. doi: 10.1061/41064(358)430. URL <https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/41064%28358%29430>.

Fangwei Zhang, Zhibin Li, De Zhao, Yong Wang, Wei Wang, and Jianbo Li. Influences of Various Types of Bus Stops on Traffic Operations of Bicycles, Vehicles, and Buses. In *Transportation Research Board Annual Meeting, 2015*.
english

Del II

Tilleggsdokument

1 INTRODUKSJON

I dette kapittelet introduseres bakgrunnen for prosjektet. Videre presenteres forskningsspørsmålene som skal studeres i masteroppgaven, samt fremgangsmåten disse skal besvares på.

1.1 Bakgrunn

Trondheim er en by med rask befolkningsvekst. I løpet av de siste ti årene har kommunen vokst med omtrent 2800 personer i året. Trondheim kommune produserer prognoser for fremtidig vekst, og anslår denne veksten til å bli noe lavere de neste årene. 1. januar 2020 var det ifølge Trondheim kommune 205 163 folkeregistrerte innbyggere i Trondheim, og prognoser for middels vekst anslår 225 000 innbyggere i 2030 og 240 000 innbyggere i 2050 (Trondheim kommune, 2020). En befolkningsøkning stiller krav til transportsystemets kapasitet og effektivitet, og vil uten tiltak føre til mer kø og miljøproblemer (Miljøpakken, c).

Stortinget vedtok i 2012 nullvekstmålet; et overordnet mål om null vekst i persontransport med bil, og at veksten i persontransporten ska tas med kollektivtransport, sykkel og gange (Regjeringen, 2020). I Nasjonal transportplan 2014-2023, en plan som viser regjeringens transportpolitikk for den gitte tidsperioden, ble bymiljøavtalene presentert (Samferdselsdepartementet). Bymiljøavtalene er avtaler om å samordne areal- og transportpolitikken i de ni største byområdene, med nullvekstmålet som overordnet mål (Regjeringen, 2020). I Trondheim er dette en avtale mellom Trondheim kommune, Sør-Trøndelag fylkeskommune og Samferdselsdepartementet av 2016. Gjennom Bymiljøavtalen har Trondheim kommune forpliktet seg til å stanse veksten i personbiltrafikken. For å få til kravet om null vekst i personbiltransport i Trondheim må antall kollektivreiser i byen øke med 2 % årlig, derav en dobling fra 25 millioner kollektivreiser i 2015 til 50 millioner i 2050. I samme periode forventes en befolkningsvekst på 1 % (Sollie et al., 2016).

I Trondheim kommune er det Miljøpakken som har ansvar for planlegging og videreutvikling av tiltak for bærekraftig transportutvikling, altså tiltak for å forbedre hovedvegnettet, kollektivtilbudet og forhold for gange og sykling (Sollie et al., 2016). Miljøpakken er et samarbeid mellom kommunene Trondheim, Melhus, Malvik og Stjørdal, Trøndelag fylkeskommune og Statens vegvesen (Miljøpakken, a). De forplikter seg til å klare nullvekstmålet gjennom flere ulike målsettinger. I Byvekstavtalen med staten for 2019 til 2029 innebærer målsettingene blant annet reduksjon av CO₂, økning i miljøvennlige reiser, reduksjon i transportbehovet, å gjøre by- og tettstedsområder mer tilgjengelige, reduksjon i antall trafikkulykker med drepte og hardt skadde, forbedring

av luftkvalitet og reduksjon av trafikkstøy (Miljøpakken, c). En Byvekstavtale er en utvikling av Bymiljøavtalen slik at areal- og transportpolitikken integreres ytterligere i de største byområdene. Slik inkluderes også Melhus, Malvik og Stjørdal i samarbeidet. Samferdselsprosjektene skal finansieres med bompenger og statlige og lokale bidrag (Regjeringen, 2020). Miljøpakken får oppmot 25 milliarder kroner fra 2010 til 2029, og av disse går omtrent 7400 millioner til kollektivprosjekter (Miljøpakken, b).

AtB og Sør-Trøndelag fylkeskommune satte igang rutestrukturprosjektet i 2014 for å bidra til å nå nullvekstmålet. Høsten 2019 skulle de forrige kontraktene for bussanbud i Stor-Trondheim gå ut, og det var behov for tilpasninger i rutestrukturen for de nye kontraktene. Prosjektet omfatter utforming av rutetilbud og infrastruktur i Trondheim, Klæbu, Melhus og Malvik fra 2019 til 2029. Hensikten med prosjektet har vært å sikre et kostnadseffektivt, behovstilpasset, attraktivt, fremtidsrettet og miljøvennlig kollektivtilbud, et tilbud som vil kunne bidra til å nå nullvekstmålet. I dette prosjektet inngår blant annet delprosjektet Superbuss, som Miljøpakken i Trondheim har vært prosjekteier av siden 2016. Det nye rutetilbudet fra 2019 består blant annet av tre hovedlinjer med superbuss og flere tverrgående linjer, og gjør superbussen til fundamentet av rutetilbudet (Sollie et al., 2016). Superbuss har siden juni 2017 blitt kalt metabuss (Bævre, 2017). Bakgrunnen for endringen er at navnet metabuss vil omfatte totalkonseptet med ny rutestruktur, knutepunkter og hovedlinjer på en bedre måte enn det superbussnavnet gjør. I tillegg er metabegrepet allerede et kjent begrep for nasjonale og internasjonale kollektivsystemer og vil være enkelt å kommunisere og brukes om eventuelle tog- og baneprosjekter i fremtiden (Miljøpakken, 2017b). En skisse av en metabuss vises i figur 1.1.

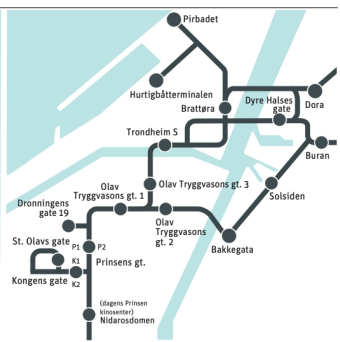
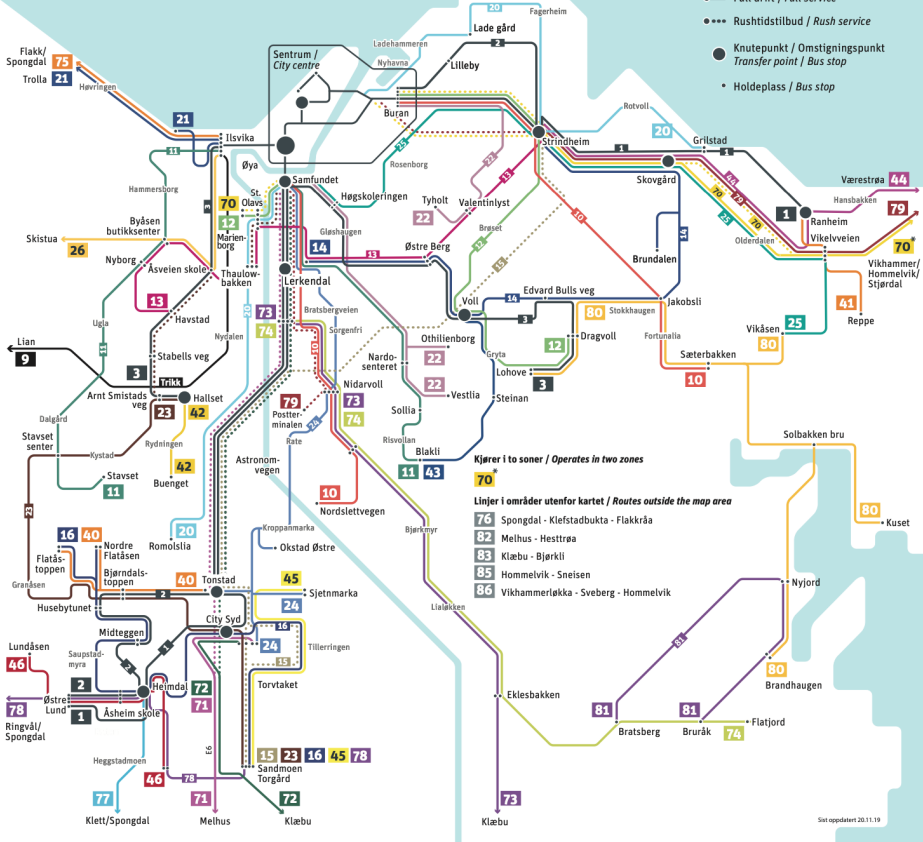


Figur 1.1: Slik ser metabussen ut. Busstypen er Van Hool ExquiCity (Miljøpakken, d).

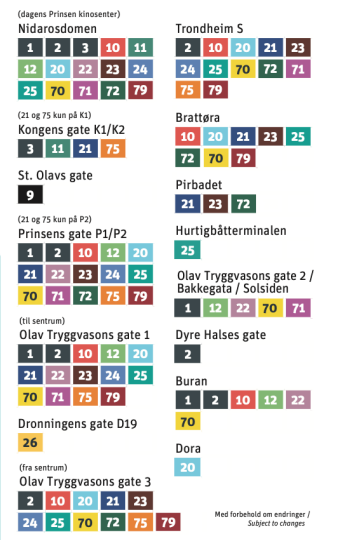
Ved å lage et bedre og mer attraktivt kollektivtilbud, vil det være enklere for flere reisende å velge å benytte seg av kollektivtransport. Metabussen skal gi høy kapasitet, trygghet og komfort for alle passasjerer. I tillegg skal rask av- og påstigning, samt automatisk billettering gi redusert stoppetid. Det skal også gjennomføres en rekke infrastruktureltiltak for å sikre prioritering, fremkommelighet og forutsigbarhet for bussen.

Slike tiltak er blant annet å gjøre traseen for metrobusser mest mulig rettlinjet, ha god standard på kjørebanelen og la traseen gå i kollektivfelt så mye som mulig. Ved å la holdeplassene ha noe lenger avstand mellom hverandre enn tidligere, mellom 500 og 700 meter, øker også gjennomsnittshastigheten. Metrobussenes høye frekvens, høye standard og raske fremføring muliggjør en løsning med færre linjer inn til sentrum. Tverrgående linjer mellom bydeler vil også redusere sentrumstrafikken. Færre linjer inn til sentrum øker derimot behovet for bussbytter. Knute- og omstigningspunkter er punkter der det er tilrettelagt for god overgang til busser og andre transportmidler. Knutepunktene er ofte plassert ved høy konsentrasjon av bolig, næring og handel (Sollie et al., 2016). I figur 1.2 vises linjekartet for rutestrukturen med knutepunkter fra 2019.

Trondheimsområdet



Sentrum / City centre



Figur 1.2: I denne figuren vises linjekartet for 2019. De tre metrobusstraseene fra 2016 er markert med grå farge, og tallene 1, 2 og 3. Knutepunkt og omstigningspunkt er markert med en grå prikk (AtB, 2019).

Holdeplassenes utforming utgjør en viktig del av metrobussenes effektivitet. For metrobuskonseptet vil hovedløsningen for utforming av holdeplassene være kantstopp, som vil si at holdeplassen befinner seg i kjørefeltet (vist i figur 1.3). Disse bygges med utgangspunkt i vegnormalen på lokasjoner der det er hensiktsmessig. Kantstopp gir god fremkommelighet og komfort for kollektivtrafikanter, og det kan utformes på en trafiksikker måte uten å gå på bekostning av fremkommeligheten (Miljøpakken, 2017a).



Figur 1.3: Kantstopp er holdeplass i kjørebanelen (Hanssen, 2019)

3. august 2019 ble det nye rutesystemet med metrobusser innført i Trondheim (Trøndelag fylkeskommune). Av de omtrent 150 holdeplassene for metrobuss (i begge retninger), er de aller fleste utformet som kantstopp. Med holdeplass i kjørefeltet må øvrig trafikk følgelig vente bak bussen når den slipper av og på passasjerer. Bussene har som mål å bruke maksimalt 15 sekunder på holdeplass (Miljøpakken, e), noe som ikke gir nevneverdige tidstap for ventende trafikk. Dersom det er stor trafikk og denne ventetiden øker kan derimot kantstopp være et hinder for både andre busser og øvrig trafikk fremkommelighet (Vegdirektoratet, 2014).

1.2 Forskningsspørsmål

I Trondheim har ikke kantstopp tidligere vært brukt i stor grad, men de siste årene har de fått en oppsving. Dette er i forbindelse med generelt økt fokus på bærekraftig og miljøvennlig transport. Kantstopp beskrives i kollektivhåndboka som en holdeplassestype som prioriterer fremkommeligheten til kollektivtrafikken foran biltrafikken (Vegdirektoratet, 2014). Bussen sparer tid ved å stoppe i kjørefeltet i stedet for å svinge inn til og ut av en busslomme, og slipper i tillegg å «presse» seg ut i trafikken igjen siden øvrige trafikanter blir ventende bak. Det vil være interessant å studere hvor mye tid bussen sparer på å stoppe på kantstopp i forhold til busslomme, samt hvilke andre fordeler bussen får på kantstoppet.

- Hvilke fordeler har bussen som stopper på kantstopp?

Kantstopp påvirker andre trafikanter som benytter seg av vegen i større grad enn busslommer, så at den nye rutestrukturen i Trondheim med tilhørende kantstopp ikke bare

har blitt mottatt med begeistring er naturlig. Den unødvendige forsinkelsen som oppstår når en buss stopper på kantstopp kan være irriterende for mange. Flere avisartikler fra Adresseavisen beskriver hendelser der busser som stopper på kantstopp har ført til store forsinkelser for både biltrafikk og utrykningskjøretøy. Dette beskriver likevel ikke hverdagstrafikken, altså hvordan trafikken vanligvis flyter. Hvorvidt kantstopp er en god eller dårlig løsning for trafikkflyten som helhet vil derfor vurderes.

- Hvordan blir annen trafikk påvirket av kantstopp?

I gruppen med annen trafikk inngår også andre busser, men disse velges å studeres separat. Det kan forekomme at flere busser stopper etter hverandre på kantstopp, der hvert stopp fører til ytterligere forsinkelser for bussen bak. Busser som blir forsinket av andre busser på kantstopp får et tidstap som kan sammenliknes mot den tidsbesparelsen de får ved å stoppe på kantstopp i stedet for busslomme. Dette vil studeres i oppgaven.

- Hvordan kan andre busser bli påvirket av kantstopp?

Ulike utforminger av kantstopp vil også påvirke trafikkikkerhet på holdeplassen. Med kantstopp kommer ventende bussreisende tettere på kjørebanelen enn med busslomme, men samtidig er fartsgrensen ved kantstopp generelt sett lavere. Det vil også være andre forhold og faktorer ved kantstopp som spiller inn på trafikkikkerheten. Siste forskningsspørsmål vil være en vurdering av trafikkikkerhet og miljø i forbindelse med kantstopp.

- Hvordan påvirkes trafikkikkerhet og miljøforhold av kantstopp?

Avgrensning

Som man ser ut ifra forskningsspørsmålene vil størstedelen av oppgaven omfatte fremkommelighet og trafikkavvikling, ettersom de tre første spørsmålene omhandler dette. Utover dette inkluderes også trafikkikkerhet og miljøforhold, samt de faktorer som påvirker trafikkikkerheten og miljøet.

Opgaven avgrenses til disse områdene for å begrense omfanget, og omtaler altså ikke kostnader, vær, vinterdrift, universell utforming på både holdeplass og i bussen (med tanke på tilrettelegging for blant annet svaksynte og rullestolbrukere) eller konflikter med sykler, el-sykler eller el-sparkesykler, i tillegg til flere andre forhold.

1.3 Analysemetoder

Forskningsspørsmålene skal besvares ved bruk av observasjoner fra kantstopp, modellering i Excel og flere intervjuer. Observasjoner vil blant annet kunne anslå faktorer

for tidsbruk på ulike typer kantstopp. Ved å modellere ulike utforminger av kantstopp med ulik stoppetid, bussfrekvens og trafikkmengde og sammenlikne resultatene med tilsvarende modeller for busslomme, kan fremkommeligheten for øvrig trafikk vurderes. Som datagrunnlag vil det tas utgangspunkt i eksisterende rutetabeller og trafikkdata, men med variasjoner slik at også andre forhold enn gjennomsnittstrafikken blir studert. Intervjuer med både planleggere og brukere av strekninger med kantstoppene fra rutestruktureringen fra 2019 vil gi svar på forskningsspørsmålene om både fremkommelighet, trafiksikkerhet og miljø.

2 KRAV OG PRINSIPPER

Statens vegvesens håndbok V123 Kollektivhåndboka omhandler tilrettelegging for kollektivtrafikk på veg og gate, og beskriver blant annet krav til utforming av holdeplasser for buss ut ifra omgivelser, trafikkmengder, transportfunksjoner og transportformer. Generelt er kollektivtransport viktig for reising i byer, tettsteder, regioner og mellom landsdeler, og er et viktig bidrag til å forbedre velferd, mobilitet, tilgjengelighet, universell utfordring og miljø. Kollektivhåndboka gir en teknisk veiledning for planlegging og utforming av infrastruktur for buss. Denne veiledningen kommer som et supplement til kravene som omtales i håndbok N100 Veg- og gateutforming (Vegdirektoratet, 2014).

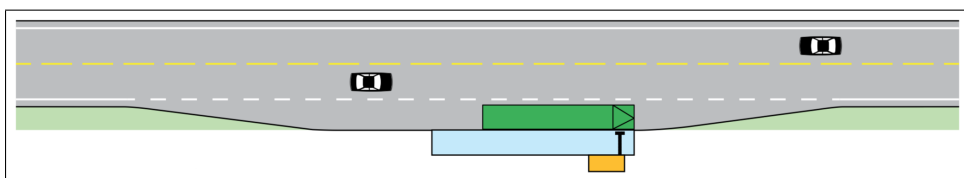
Siden håndbok N100 ble oppdatert i 2019 og håndbok V123 ikke er oppdatert siden 2014, er noe av opplysningene i håndbok V123 utdaterte. Der det er oppdaget forskjeller i kravene, er kravene i N100 brukt. Noen steder er forskjellene påpekt. Det kan også hende at ikke alle oppdateringer er oppdaget.

2.1 Definisjoner på holdeplassutforming

Ifølge håndbok N100 skal holdeplasser for buss enten utformes som busslomme eller kantstopp (Vegdirektoratet, 2019). Valg av holdeplassestype avhenger av vegens eller gatens transportfunksjoner, fartsgrenser, trafikkmengder og omgivelser. Under beskrives de to ulike holdeplassutformingene.

2.1.1 Busslomme

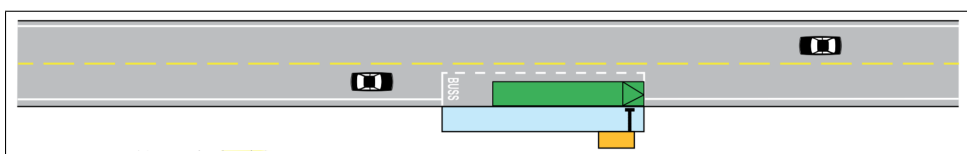
En busslomme er et område ved kjørebanelen som brukes til holdeplass for buss. Den kan være plassert helt inntil kjørebanelen eller separat fra denne, atskilt med en refuge. Busser bruker tid på kjøre inn og ut av busslommen, noe som gir økt tidsbruk for kollektivtrafikken. Derimot er vanlig biltrafikk uhindret når en buss stopper på holdeplass. En skisse av en busslomme vises i 2.1 (Vegdirektoratet, 2014).



Figur 2.1: Skisse av busslomme (Vegdirektoratet, 2014)

2.1.2 Kantstopp

Et kantstopp er definert som en holdeplass med stans i vegbanen. Kantstopp er mer tidsbesparende for bussen, mindre arealkrevende og enklere å drifte og vedlikeholde enn busslomme. Tid brukt på inn- og utkjøring av busslomme forsvinner, og biltrafikken må vente når busser stopper på holdeplass. Med kantstopp prioriteres fremkommeligheten til kollektivtrafikken foran biltrafikken. Derimot kan kantstopp også hindre andre busser å komme frem når det står en buss på holdeplassen. I gater og tettbebygde områder anbefales det å utforme holdeplasser som kantstopp. Utenfor disse områdene må man foreta en trafiksikkerhetsvurdering før et kantstopp kan etableres (Vegdirektoratet, 2014). En skisse av et kantstopp vises i figur 2.2.



Figur 2.2: Skisse av kantstopp (Vegdirektoratet, 2014)

2.2 Krav for valg av holdeplassestype fra Statens vegvesen

Kriteriene for valg av kantstopp eller busslomme beskrives i håndbøkene N100 og V123 fra Statens vegvesen. De defineres blant annet ut ifra ÅDT og fartsgrenser. ÅDT står for årsgjennomsnittlig trafikk, og vil si summen av antall kjøretøy som passerer et punkt på en vegstrekning i løpet av året, delt på årets dager.

2.2.1 I gater

I gater og tettbebygde områder kan bussholdeplasser utformes som enten kantstopp eller busslomme. Holdeplassen bør utformes som busslomme ved (Vegdirektoratet, 2019):

- Fartsgrense 50 km/t ved skoler og institusjoner
- Linjer med 30 busser eller fler i dimensjonerende time
- Holdeplasser som har knutepunktfunksjon og bussene kan bruke tid på regulering eller langt opphold

Det vil si at holdeplassen bør utformes som kantstopp utenom disse situasjonene.

Håndbok V123 nevner ytterligere anbefalinger (Vegdirektoratet, 2014). Kantstopp bør brukes ved:

- Tofeltsgater med ÅDT < 10 000
- Firefeltsgater
- Kollektivfelt og sambruksfelt

Busslommer bør brukes ved:

- Tofeltsgater med ÅDT > 10 000

2.2.2 I veger

Anbefalingene for valg av holdeplasstype i veg ut ifra dimensjoneringsklasse er presentert i tabell 2.1. I vegklassene for de nasjonale hovedvegene H1, H5 og H3 anbefales busslommer med og uten trafikkdelere langs vegen eller på ramper. På øvrige hovedveger er derimot kantstopp et alternativ. Hø1-veger har ÅDT under 4000 og fartsgrense på 80 km/t. I slike veger kan kantstopp anlegges der ÅDT er mindre enn 1500. For Hø2-veger, der ÅDT er under 12 000 og fartsgrensen er 60 km/t, er det oppgitt at holdeplasser for buss kan utformes enten som kantstopp eller busslomme. Lokale veger har ÅDT under 1500, og i håndboka oppgis det at holdeplasser i slike veger kan utformes som kantstopp. Når det benyttes verbet «kan» i håndboka, betyr det at løsningen kun er en anbefaling. Her er en faglig vurdering nok til ikke følge anbefalingen. Derimot betyr verbene «skal» og «bør» at kravene må følges, og kun kan fravikes ved godkjent søknad fra henholdsvis Vegdirektoratet og Regionvegkontoret (Vegdirektoratet, 2019).

Tabell 2.1: Anbefalinger for holdeplasstype i veg ut ifra dimensjoneringsklasse (Vegdirektoratet, 2019)

Klasse	Spesifikasjoner	Holdeplassanbefaling
H1	ÅDT < 6 000 og fartsgrense 80 km/t	Busslomme
H5	ÅDT 6 000 - 12 000 og fartsgrense 90 km/t	Busslomme
H3	ÅDT >12 000 og fartsgrense 110 km/t	Busslomme
Hø1	ÅDT < 4 000 og fartsgrense 80 km/t	Kantstopp ved ÅDT < 1 500
Hø2	ÅDT < 12 000 og fartsgrense 60 km/t	Kantstopp/busslomme
Lokale veger	ÅDT < 1 500	Kantstopp

I håndbok V123 presenteres anbefalingene for valg av holdeplasstype i veg ut ifra ÅDT og hastighet. Dette vises i tabell 2.2 (Vegdirektoratet, 2014).

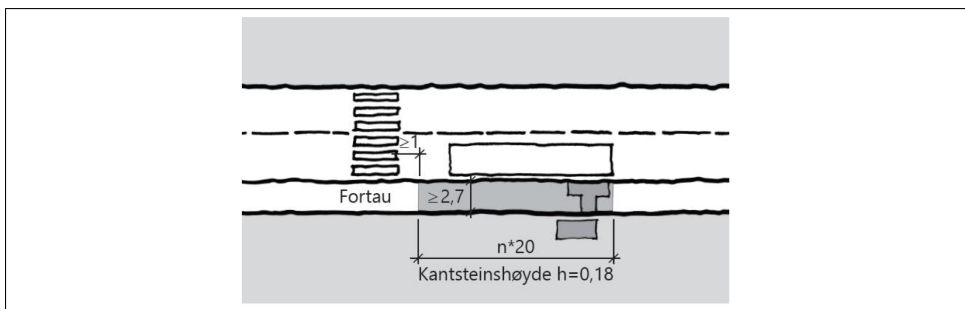
Tabell 2.2: Anbefalinger for holdeplasstypen i veg (Vegdirektoratet, 2014)

ÅDT	Hastighet		
	30, 40, 50 km/t	60, 70 km/t	80 km/t**
<1500	Kantstopp	Kantstopp/busslomme	Kantstopp/busslomme
1500-4000	Kantstopp	Kantstopp/busslomme	Busslomme
4000-12000	Kantstopp	Busslomme	Busslomme
> 12000	Busslomme*	Busslomme	På rampe/busslomme

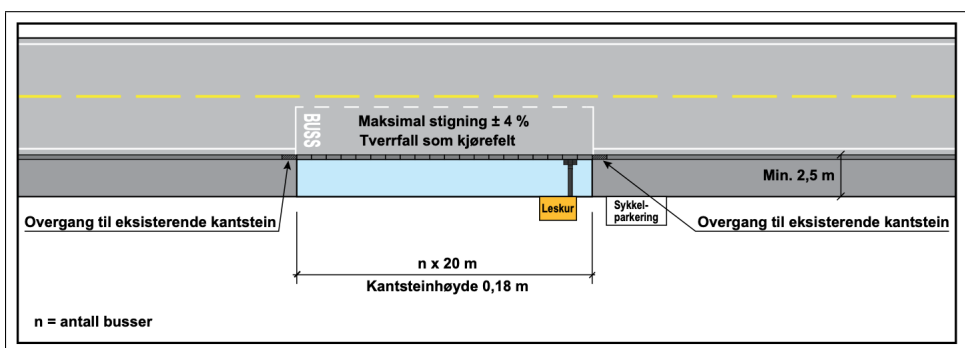
* Ved 4-feltsveg kan det bygges kantstopp ved 30, 40, og 50 km/t også ved trafikkmengder over 12000. Der det er kollektivfelt kan det bygges kantstopp også uavhengig av ÅDT på veien. Her er det antallet busser som er avgjørende.
 ** Ved hastighet 90 km/t bør busslomme bygges med refuge.

2.3 Krav til utforming av kantstopp

I håndbok N100 forklares utformingskrav til kantstopp med en enkel skisse (figur 2.3). Flere detaljer vises i figur 2.4 fra håndbok V123, men denne figuren er noe utdatert. Forskjellen i figurene er plattformbredden. Plattformen bør være bredere enn 2,7 meter, ikke 2,5 meter som er angitt i figuren fra 2014.



Figur 2.3: Utformingsanbefaling for kantstopp. Mål i meter, og n angir antall busser som forventes å stoppe samtidig (Vegdirektoratet, 2019).



Figur 2.4: Krav til kantstopp (Vegdirektoratet, 2014).

2.3.1 Plassering

Statens vegvesen anbefaler at bussholdeplasser, inkludert kantstopp, plasseres etter kryss. Der det skal anlegges bussholdeplass med tilknytning til et kryss der bussen svinger av på en sekundærveg, bør holdeplassen plasseres i sekundærvegen. Bussen skal ha minst én meter klaring etter gangfelt og minst 5 meter klaring foran gangfelt på holdeplassen (Vegdirektoratet, 2019).

I tillegg til disse kravene må også lokale forhold og omgivelser vurderes når plassering av holdeplass skal bestemmes. I håndbok V123 nevnes følgende forhold (Vegdirektoratet, 2014):

- Kontakt mot viktige målpunkter
- Tilknytning til gang- og sykkelveg
- Naturlige krysningspunkter for fotgjengere
- Omstigning til andre busser eller andre transportmidler
- Trafikksikkerhetsforhold
- Plasseres med hensyn til bussprioritering etter signalanlegg
- Plattform plasseres på en rett linje for enklere på- og avstigning både gjennom for- og bakdør
- Holdeplasser i venstrekurver unngås på grunn av dårlig sikt for bussjåføren og fordi det blir vanskelig å få høyre bakhjul inntil plattform
- Holdeplasser i høyrekurver unngås på grunn av dårlig sikt
- Holdeplasser unngås å plasseres der det ikke er tilstrekkelig sikt i begge retninger, f.eks. i uoversiktlige kurver og ved bakketopper

2.3.2 Plattform og venteareal

Det skal anlegges venteareal slik at bussreisende kan vente utenfor kjørebanelen ved kantstopp. Plattformen skal være minst 2,7 meter bred. Langs plattformen bør det anlegges kantstein med høyde på 18 cm. For å gjøre det enklere å styre bussen helt inntil plattformen bør kantsteinen ha avrundet bunn (Vegdirektoratet, 2019).

2.4 Ulike utforminger av kantstopp

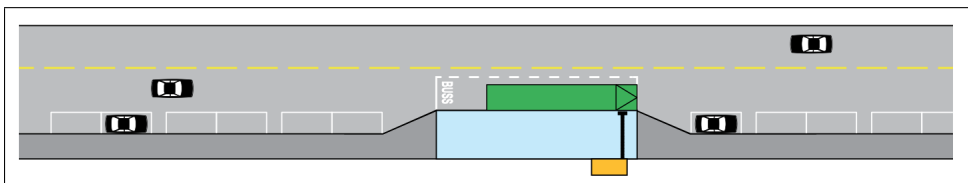
Kollektivhåndboka V123 viser til flere ulike utforminger av kantstopp. Valg av utforming gjøres utifra stedlige forhold (Vegdirektoratet, 2014). De ulike utformingene er listet opp under, og vil videre beskrives kort.

- Kantstopp med utlagt plattform

- Timeglasstopp
- Kantstopp i gater med parkering
- Kantstopp med delende trafikkø
- Kantstopp med gang- og sykkelveg
- Kantstopp med sykkelfelt
- Kantstopp med sykkel ført bak plattform
- Kantstopp med to oppstillingsplasser og sykkel ført bak plattform
- Kantstopp uten fortau
- Holdeplasser i kombinasjon med snuplass

2.4.1 Kantstopp med utlagt plattform

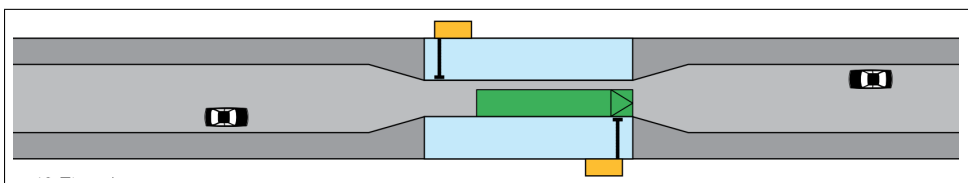
En skisse av kantstopp med utlagt plattform vises i figur 2.5. En slik utforming egner seg der parkerte biler vanskeliggjør tilgjengeligheten til holdeplassen eller at det er behov for å redusere farten. Kantparkeringene i skissen er kun for å illustrere, for kantstopp med utlagt plattform kan også anlegges uten disse. Denne utformingen anbefales opptil en fartsgrense på 40 km/t (Vegdirektoratet, 2014).



Figur 2.5: Kantstopp med utlagt plattform (Vegdirektoratet, 2014).

2.4.2 Timeglasstopp

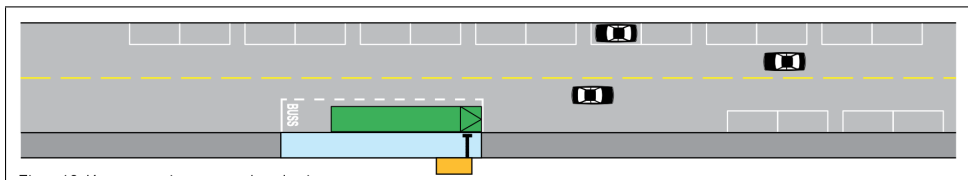
Timeglasstopp er kantstopp der det er utlagt plattform på begge sider av veibanen. Dette er et godt tiltak for å redusere farten til kjøretøy på veibanen. Bussen får flere fordeler, da timeglasstopp fører til kort betjeningstid og at trafiksikkerheten ivaretas. Utformingen anbefales opptil en fartsgrense på 40 km/t (Vegdirektoratet, 2014). En skisse av denne utformingen vises i figur 2.6.



Figur 2.6: Timeglasstopp (Vegdirektoratet, 2014).

2.4.3 Kantstopp i gater med parkering

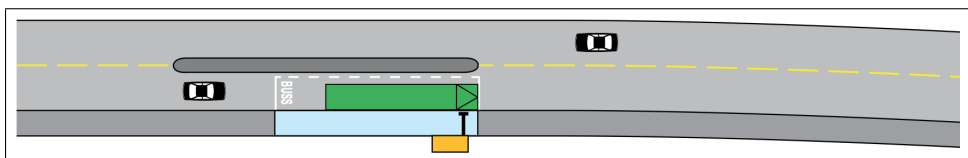
I figur 2.7 vises en skisse av hvordan kantstopp bør utformes i gater med kantparkering. Her er det viktig å gi bussen god nok plass til inn- og utkjøring ved å ha tilstrekkelig fritt areal mellom holdeplass og parkeringsplass (Vegdirektoratet, 2014).



Figur 2.7: Kantstopp i gater med parkering (Vegdirektoratet, 2014).

2.4.4 Kantstopp med delende trafikkø

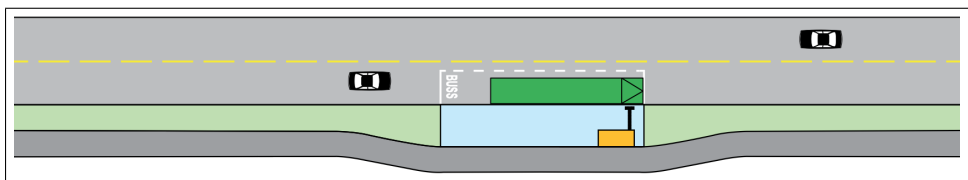
En fysisk sperre mellom kjørefeltene vil hindre kjøretøy å passere bussen i motgående kjøreretning. Slike løsninger velges med hensyn til trafiksikkerhet, da slike forbikjøringer kan være trafikkfarlige ved kurver, kryss og andre steder der det er dårlig sikt. Kantstopp med en slik løsning vises i figur 2.8. I stedet for fysiske sperrer kan også varsellinje og dobbel sperrelinje benyttes i samme hensikt, på henholdsvis veier med fartsgrense opptil 50 km/t og over 50 km/t (Vegdirektoratet, 2014).



Figur 2.8: Kantstopp med delende trafikkø (Vegdirektoratet, 2014).

2.4.5 Kantstopp med gang- og sykkelveg

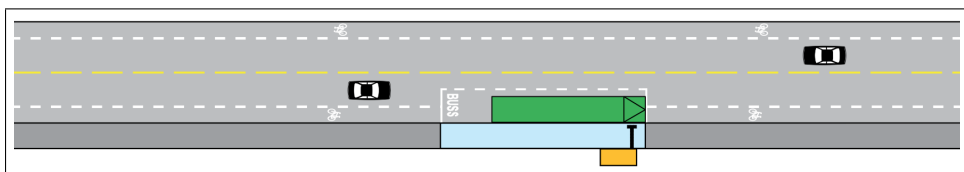
I figur 2.9 vises kantstopp der gjennomgående gang- og sykkeltrafikk skilles fra busspassasjerene ved å bli lede bak plattformen (Vegdirektoratet, 2014).



Figur 2.9: Kantstopp med gang- og sykkelveg (Vegdirektoratet, 2014).

2.4.6 Kantstopp med sykkelfelt

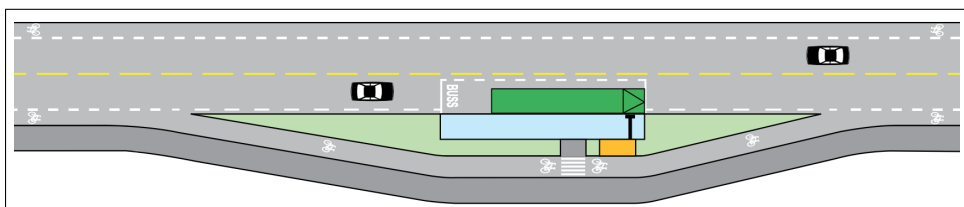
I veger med sykkelfelt vil markeringene av sykkelfeltet opphøre der kantstoppet anlegges. Dette vises i figur 2.10. Denne løsningen anbefales ikke ved mye sykkeltrafikk (Vegdirektoratet, 2014).



Figur 2.10: Kantstopp med sykkelfelt (Vegdirektoratet, 2014).

2.4.7 Kantstopp med sykkel ført bak plattform

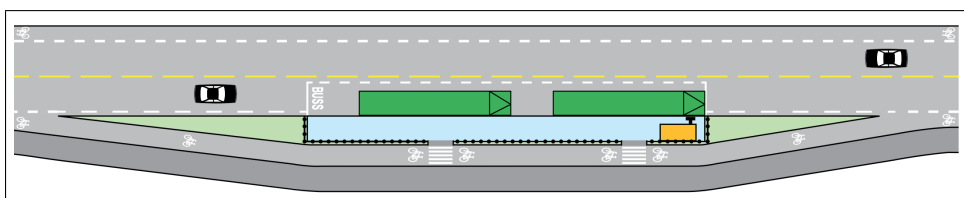
Ved stor sykkel- eller busstrafikk bør sykkeltrafikken ledes bak plattformen, som vist i figur 2.11. Det bør anlegges et krysningspunkt for fotgjengere over sykkelfeltet (Vegdirektoratet, 2014).



Figur 2.11: Kantstopp ved sykkeltrasé ført bak plattform (Vegdirektoratet, 2014).

2.4.8 Kantstopp med to oppstillingsplasser og sykkel ført bak plattform

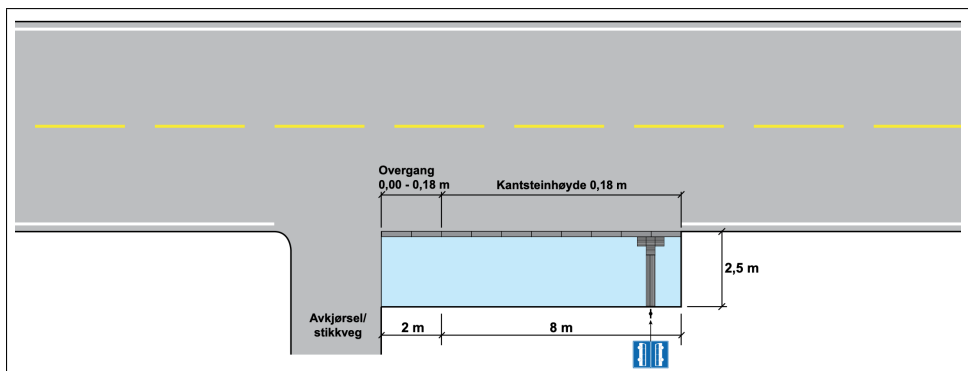
Med flere oppstillingsplasser for buss må det vurderes hvor mange krysningspunkter for fotgjengere som skal over sykkelfeltet det er behov for. For å unngå at fotgjengerne krysser utenfor disse stedene bør det anlegges ledegjerder (Vegdirektoratet, 2014). Figur 2.12 viser kantstopp med to oppstillingsplasser og sykkel ført bak plattform.



Figur 2.12: Kantstopp med to oppstillingsplasser og sykkel ført bak plattform (Vegdirektoratet, 2014).

2.4.9 Kantstopp uten fortau

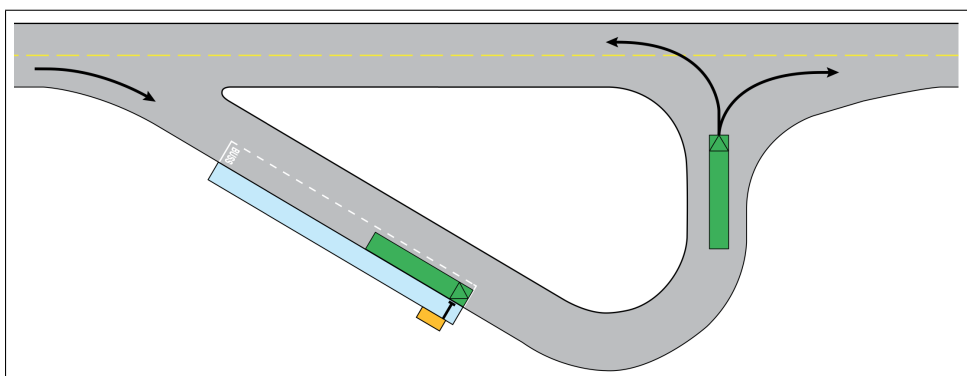
Figur 2.13 viser et forslag til hvordan kantstopp med plattform kan anlegges i veger uten fortau. Slike holdeplasser bør anlegges i nærheten av avkjørsler og stikkveg (Vegdirektoratet, 2014).



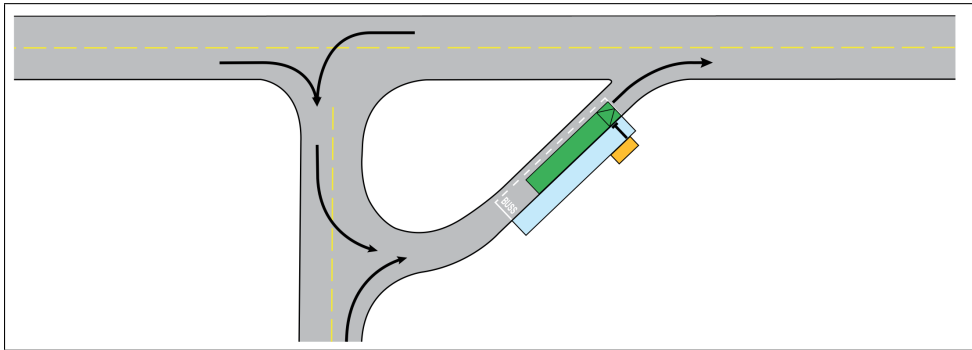
Figur 2.13: Kantstopp uten fortau (Vegdirektoratet, 2014)

2.4.10 Holdeplasser i kombinasjon med snuplass

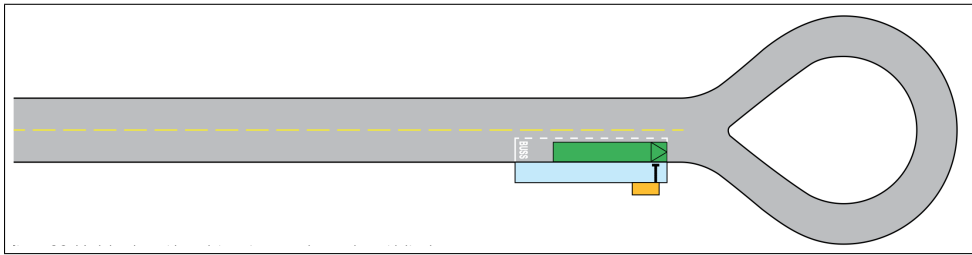
Det er ønskelig å velge snuplasser for buss i stedet for løsninger som medfører rygging av store kjøretøy. Utforming av snuplasser for buss må tilpasses lokalt linjenett. Ulike utforminger av kantstopp i forbindelse med snuplass vises i figur 2.14, 2.15 og 2.16. De anlegges normalt på endene av linjene (Vegdirektoratet, 2014).



Figur 2.14: Kantstopp i kombinasjon med snuplass variant 1 (Vegdirektoratet, 2014)



Figur 2.15: Kantstopp i kombinasjon med snuplass variant 2 (Vegdirektoratet, 2014)



Figur 2.16: Kantstopp i kombinasjon med snuplass variant 3 (Vegdirektoratet, 2014)

3 LITTERATUR

Kapitlet presenterer en litteraturstudie om kantstopp og andre forhold tilknyttet kantstopp som påvirker fremkommelighet, trafikkikkerhet og miljø. Studien ble startet under arbeidet med prosjektoppgaven høsten 2019, og videre utviklet og noe endret under arbeidet med masteroppgaven våren 2020. Først beskrives bakgrunnen for, og formålet med, metrobusprosjektet. Der kommer det frem at holdeplassutforming og elementene som inngår i denne, deriblant kantstopp, har noe å si for fremkommelighet, trafikkikkerhet og miljø. Videre presenteres litteraturen under kapitlene fremkommelighet, trafikkikkerhet og miljø, der ulike tiltak eller elementer som påvirker henholdsvis fremkommelighet, trafikkikkerhet og miljø i sammensetning med holdeplassutforming beskrives. Noen tiltak blir altså repetert dersom de påvirker både fremkommeligheten, trafikkikkerheten eller miljøet. Blant tiltakene beskrives kantstopp og dets påvirkning kort. De andre tiltakene som er beskrevet er studert fordi de også har en funksjon i sammenheng med kantstopp. Kantstopp er utformet på ulike måter da de er kombinert med ulike andre tiltak. Det er viktig å huske på at de ulike tiltakene kan ha positive virkninger for noen forhold, men samtidig ha negative virkninger for andre.

3.1 Regjeringens mål for transportpolitikken

I nasjonal transportplan 2018-2029 presenteres regjeringens overordnede og langsiktige mål for transportpolitikken frem mot 2015: «Et transportsystem som er sikkert, fremmer verdiskaping og bidrar til omstilling til lavutslippssamfunnet».

Det ønskes at transportsystemet utvikles slik at det er større mobilitet, lavere transportkostnader og lavere utslipp i hele landet. For perioden 2018-2029 har regjeringen tre hovedmål (Samferdselsdepartementet, 2017):

1. Forbedring av fremkommeligheten for personer og gods i hele landet
2. Reduksjon i transportulykker i tråd med nullvisjonen
3. Reduksjon av klimagassutslipp i tråd med en omstilling mot et lavutslippssamfunn, i tillegg til reduksjon av andre negative miljøkonsekvenser

Forbedring av fremkommelighet, trafikkikkerhet og miljøpåvirkning kommer klart frem i de tre hovedmålene i nasjonal transportplan 2018-2029. Oppgavens formål om å studere kantstopps virkninger på nettopp disse forholdene er derfor viktig i vurderingen av kantstopp som tiltak.

3.2 Metrobussprosjektet som miljøtiltak

I nasjonal transportplan 2018-2029 nevnes målet om nullvekst i personbiltrafikken som et mål for å redusere klimagassutslipp og bidra til god fremkommelighet (Samferdselsdepartementet, 2017). Metrobussprosjektet anslås som fundamentet i Trondheims kollektivløsning for å nå nullvekstmålet i personbiltrafikken. Prosjektet inngår i «Rutestrukturprosjektet», et prosjekt om utforming av nytt rutetilbud og infrastruktur i Trondheim, Klæbu, Melhus og Malvik. Arbeidsområdene til metrobussprosjektet omfatter utvikling av konsept og rutetilbud, og planlegging og bygging av infrastruktur. Disse prosjektene er tett sammenvevde, og sammen skal metrobuss- og rutestrukturprosjektet danne et bedre og mer attraktivt kollektivtilbud i Trondheim, slik at flere reisende velge å benytte seg av kollektivtransport (Sollie et al., 2016).

Metrobussprosjektet bygger på et superbusskonsept. Superbuss er det norske navnet på Bus Rapid Transit, et konsept for utforming av avansert kollektivtrafikk (Miljøpakken, 2017b). Bus Rapid Transit-konseptet beskrives i Statens vegvesens rapport «Fremkommelighet for buss - Tiltak på veg og gate» og gjengis nedenfor (Sæther et al., 2017).

3.2.1 Bus Rapid Transit - BRT

Bus Rapid Transit (BRT) er et konsept som skal gi bussystemet høy gjennomsnittsfart, kapasitet og frekvens ved bruk av en kombinasjon av flere tiltak. Konseptet er inspirert av baneløsninger, men bygges til å passe for buss (Sæther et al., 2017). Et BRT-konsept inneholder følgende seks tiltak (Sæther et al., 2017):

1. Kjørebaneløsning: Bussene i BRT-systemet har full prioritet i egne kjørefelt eller bussgater, og kjørefeltene er kun for kollektivtrafikk. traseene består av rette linjestrækninger, og kjørebaneløsningen er jevn og behagelig å kjøre på.
2. Kjøretøy: Kjøretøyene skal være miljøvennlige og ha høy kapasitet. Leddbusser med lavgulv og mange dører for rask av og påstigning brukes ofte.
3. Stasjoner: Relativt lang avstand mellom hver BRT-stasjon. Påstigning i nivå med bussgulvet gir økt tilgjengelighet og kapasitet.
4. Billettering: Billetter kjøpes på stasjonene før ombordstigning. Når bussen kommer kan passasjerene bruke alle dørene for å komme seg inn.
5. Intelligente Transportsystemer (ITS): God sanntidsinformasjon til passasjerer, sjåfører og trafikkplanleggere. Ved trafikklys har bussene prioritet.
6. Drift: Bussene skal kunne kjøre tett og raskt uten at det skjer opphopning.

I Trondheim var et BRT-system inspirasjonen for metrobussprosjektet, der tre kapasitetssterke busslinjer med høy frekvens ble etablert for å håndtere trafikkveksten i

Trondheim. På hovedlinjene kjører 24 meter lange leddbusser med frekvenser ned mot 5-minuttersavganger. Sammen med tverrgående linjer dannes et busnettverk med byttepunkter og omstigning (Sæther et al., 2017). Tidligere har Trondheim hatt et system der de fleste busslinjer har stor flatedekning og kjører inn til sentrum. Et nettverkssystem vil si at på strekninger med mange reisende vil det kjøres færre linjer, men med høy frekvens og kapasitet. Da må også flere reisende bytte buss (Hestenes et al., 2019).

Det er en forutsetning av busstrafikken har god fremkommelighet langs en BRT-trasé. Tiltakene som er beskrevet for et BRT-konsept bidrar alle til å redusere kjøretiden for bussen. Traseene er mest vanlig internasjonalt å legges i midtstilte kollektivfelt, men de legges også sidestilt og som egne veier. Derimot er det viktig at ingen annen trafikk enn kollektivtrafikken bruker disse traseene, da dette vil redusere fremkommeligheten betraktelig (Frøyland et al., 2014). BRT-strukturen i Trondheim oppnås ved å bruke eksisterende kollektivfelt, oppgradere holdeplasstrukturen og innføre nye strekningstiltak (Sæther et al., 2017). Ved å la holdeplassene ha noe lenger avstand mellom hverandre enn tidligere, vil også gjennomsnittshastigheten øke. Automatisk billettering vil spare tid på holdeplass (Sollie et al., 2016).

Et BRT-konsept består av flere ulike deler som virker sammen for å gi et høykvalitets kollektivtilbud. Det må bemerkes at det vil være naturlig at enkelte deler av BRT-konseptet må videreutvikles eller ikke lar seg gjennomføre alle steder (Miljøpakken, 2017b).

3.2.2 Holdeplassutforming

Holdeplassenes utforming utgjør en viktig del av metrobussenes effektivitet (Miljøpakken, 2017a). Holdeplassutforming avhenger av omgivelser, trafikkmengder, transportfunksjoner og transportformer, og vil følgelig variere på de ulike holdeplassene (Vegdirektoratet, 2019). For metrobusskonseptet vil hovedløsningen for utforming av holdeplassene være kantstopp, som bygges med utgangspunkt i vegnormalen på lokasjoner der det er hensiktsmessig. Kantstopp gir god fremkommelighet og komfort for kollektivtrafikanterne, og det kan utformes på en trafiksikker måte uten å gå på bekostning av fremkommeligheten (Miljøpakken, 2017a). Krav til holdeplassutforming finnes i kapittel 2.

Ytterligere beskrivelser av holdeplassutforming og dens effekter på fremkommelighet, trafiksikkerhet og miljø beskrives i de neste kapitlene.

3.3 Beskrivelser av tiltak

I dette kapittelet beskrives tiltakene som undersøkes. Det er kun effektene for fremkommelighet, trafikksikkerhet og miljø som beskrives videre i de neste kapitlene om henholdsvis fremkommelighet, trafikksikkerhet og miljø. Noen spesifikke holdeplassforhold studeres først, og deretter studeres andre tiltak som har en effekt i forbindelse med kantstoppet.

Følgende tiltak beskrives:

- Holdeplassforhold
 - Holdeplassutforming: Kantstopp
 - Holdeplassavstand
 - Holdeplasskapasitet
 - Venteareal
 - * Kantstein
 - * Belysning
- Trafikkregulering
 - Fartsgrense
 - Fysisk fartsregulering
 - Kollektivfelt
 - Midtstilt kollektivfelt
 - Kollektivgate
 - Krysningspunkter for fotgjengere
- Vegutstyr
 - Midtdelere
- Tekniske løsninger
 - Elektronisk billettering

3.3.1 Holdeplassforhold

Kapittelet om holdeplassforhold angår tiltak om hvordan holdeplassen organiseres og utformes.

Holdeplassutforming: Kantstopp

Utforming som kantstopp er et tiltak som fremmer bussens fremkommelighet, men også kan påvirke trafikksikkerhet og miljø. Dette avhenger av hvilke andre elementer

og tiltak som befinner seg på kantstoppet. Krav til utforming av kantstopp finnes i kapittel 2.

Statens vegvesens rapport «Fremkommelighet for buss - Tiltak på veg og gate», ved Sæther, Rooth og Enger, presenterer kunnskap om fremkommelighet, samt tiltak som påvirker fremkommeligheten og eksempler på bruk av disse. Der beskrives blant annet hvordan kantstopp og elementer i holdeplassutforming kan øke fremkommeligheten ved å redusere bussens tidsbruk på holdeplass. Bussen slipper å bruke tid på inn- og utkjøring til holdeplassen, og vil følgelig spare tid sammenliknet med busslommer. God og universell utforming av plattformen bidrar til enkel og rask på- og avstigning. Kantstopp styrker bussens prioritering, og er et godt fremkommelighetstiltak for busser (Sæther et al., 2017).

Transportøkonomisk Institutt, ved Phillips, Berge og Hagen, produserte rapporten «Effekt av holdeplasser på trafiksikkerhet og fremkommelighet» høsten 2019. De har utført et grundig litteraturstudie og en ulykkesanalyse for å sammenlikne hvordan holdeplassutforming påvirker fremkommelighet og risikoen for ulykker. Deres ulykkesanalyse indikerer at risikoen for ulykke er noe høyere i nærheten av kantstopp enn ved busslommer, men effekten skyldes trolig andre faktorer enn selve utformingen. De konkluderer også med at busslommer medfører noe større forsinkelser for kollektivreisende som er på busser enn kantstopp (Phillips et al., 2019).

Trafiksikkerhetshåndboken fra Transportøkonomisk Institutt gir en oversikt over aktuell kunnskap om virkninger av ulike trafiksikkerhetstiltak. På trafiksikkerhetshåndbokens nettside <http://tsh.toi.no/> legges reviderte kapitler ut fortløpende. Tiltakene er grundig analysert, og i tillegg til virkninger på trafikkulykker, beskrives også virkninger på fremkommelighet og miljø. Tiltakene som beskrives i denne oppgaven er forfattet av Alena Høye og Rune Elvik (TØI, 2012). Angående bussholdeplasser trekkes dårlig tilrettelegging for bussreisende kombinert med dårlige siktforhold frem som en risiko for farlige situasjoner (Høye, 2010a).

Resultater og konklusjoner fra disse rapportene anses som pålitelige og gyldige, og brukes også i denne litteraturstudien.

Holdeplassavstand

Avstand mellom holdeplasser vurderes etter flere forhold (Vegdirektoratet, 2014):

- Plassering nærmest mulig start- og målpunkt

- Unngå ekskludering av grupper med bevegelseshemming ved å velge for lange avstander

Krav til plassering, samt mer detaljerte forhold som må vurderes ved plassering av holdeplass beskrives i kapittel 2.3.1. Dersom det anlegges holdeplasser på alle steder det er ønskelig, vil det gi lengre reisetid for bussen (Vegdirektoratet, 2014).

Rettere busstraseer

Sæther et al. skriver at en busstrasé uten omveger, hindringer og ringsløyfer øker kjørehastigheten. Økt kjørehastighet tillater at holdeplassene ligger lenger fra hverandre og lenger unna målpunktene de betjener, fordi tiden som spares ombord tillater økt tidsbruk til og fra holdeplassen (Sæther et al., 2017).

Holdeplasskapasitet

Kapasiteten på holdeplass vil si hvor mange busser holdeplassen kan betjene. Det avhenger av hvor mange busser som ankommer holdeplassen, hvor ofte de kommer og hvor lang oppholdstid de har på holdeplassen. Her spiller holdeplasstype og -utforming en stor rolle for oppholdstiden (Vegdirektoratet, 2014).

Venteareal

Kantstopp gir effektiv av- og påstigning om de er universelt utformet, ifølge Sæther et al. og Phillips et al.. Universell utforming gir enkel påstigning for alle. Ledelinjen bidrar til at passasjerene venter i nærheten av dørene på bussen. Lavgulv og plattform i samme høyde hjelper påstigningen av eldre, samt foreldre med barnevogn. Det reduserer tidsoppholdet på holdeplassen (Sæther et al., 2017).

Kantstein

Kantsteinen på kantstopp skal være 18 cm høy (Vegdirektoratet, 2019). På metrobussholdeplassene skal det benyttes profilkantstein, kantstein med avrundet bunn, i hele plattformens lengde og to meter frem for å få med bussens snute. Profilkantstein gjør det enklere for bussen å kjøre inntil plattformen (Miljøpakken, 2018a).

Belysning

Vegbelysning vil si kunstig belysning av vegsystemet. Belysning av vegger, gater, vegkryss og gangfelt er vanlig i byer og tettsteder, men blir sjeldnere utenfor disse områdene (Høye, 2014b). Ifølge Statens vegvesens vegnormal N100 skal man ha mye lys i konfliktområder, som viktige og kompliserte kryss og gangfelt, og på strekninger med vanskelige trafikkforhold, mange myke trafikanter eller annet forstyrrende lys (Vegdirektoratet, 2019). Håndbok V123 anbefaler også at alle holdeplasser belyses (Vegdi-

rektoratet, 2014). I Trondheim skal alle holdeplasser for metrobuss ha god belysning (AtB).

3.3.2 Trafikkregulering

Trafikkregulering omfatter tiltak som endrer trafikantenes adferd. De er lokale, som vil si at de gjelder for et bestemt område av vegnettet (TØI, 2012).

Fartsgrense

Fart har stor påvirkning på ulykkers alvorlighetsgrad. En fartsgrense angir hvilken fart som er høyest tillatt på vegstrekningen eller området. I vegtrafikkloven er Norges generelle fartsgrenser bestemt; 50 km/t i tettbygde strøk og 80 km/t utenfor disse. Utenom disse innføres særskilte fartsgrenser for bestemte vegstrekninger. Statens vegvesen har skiltmyndighet for riks- og fylkesveger, og politiet har skiltmyndighet i byer og tettsteder (Elvik, 2012).

Fysisk fartsregulering

Fysiske fartsreguleringstiltak gjelder tiltak som gjør det ubehagelig eller umulig å kjøre fort. Dette omfatter blant annet humper, opphøyd gangfelt, rumlefelt og innsnevring av kjørebredden (Høye, 2015).

Kollektivfelt

Kollektivfelt er kjørefelt som er avholdt til kollektivtrafikk, f.eks. buss og drosje. De kan også benyttes av elbil, motorsykkel, moped, sykkel og uniformert utrykningskjøretøy. Hvilke kjøretøytyper som kan bruke det bestemte kollektivfeltet markeres med trafikk-skilt (Høye, 2010b). Sambruksfelt fungerer på samme måte som kollektivfelt, men i disse feltene tillates kjøretøy med et bestemt antall personer i kjøretøyet (Sæther et al., 2017). Ulik skilting av kollektiv- og sambruksfelt vises i figur 3.1 (Vegdirektoratet, 2014).



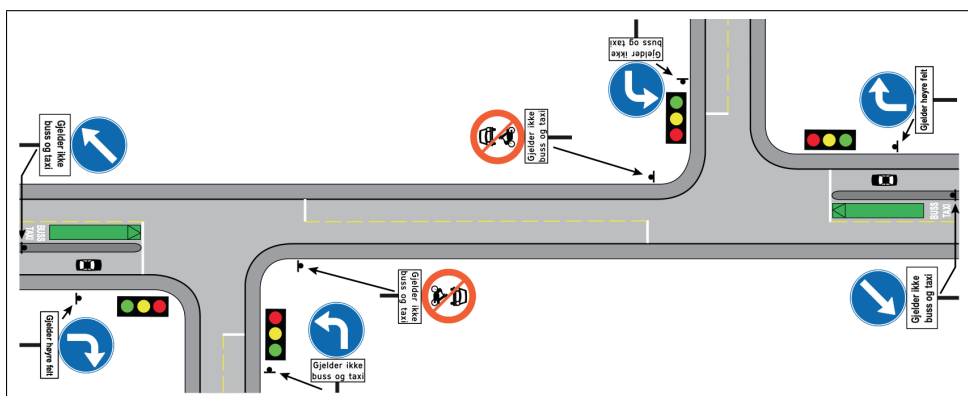
Figur 3.1: Ulik skilting av kollektiv- og sambruksfelt (Vegdirektoratet, 2014)

Midtstilt kollektivfelt

Midtstilt kollektivfelt vil si et kollektivfelt som er plassert i midten av vegen, der kollektivtrafikk kan kjøre i begge retninger. Feltene kan fysisk adskilt fra øvrige kjørefelt med fortauskanter, trær og grøntområder (Sæther et al., 2017).

Kollektivgate

En vegstrekning som er reservert for kollektivtrafikk kalles en kollektivgate. En slik gate er stengt for andre kjøretøy, og vil dermed prioritere fremkommeligheten til kollektivtransporten Sæther et al.. Et eksempel på en kollektivgate med skilting vises i figur 3.2 (Vegdirektoratet, 2014). Sammenliknet med kollektivfelt er kollektivgatene fysisk adskilt de andre kjørefeltene der annen trafikk befinner seg (Sæther et al., 2017).



Figur 3.2: Eksempel på kollektivgate med skilting (Vegdirektoratet, 2014)

Krysningsmuligheter for fotgjengere

Gående, syklister, busser og andre kjøretøy kan lett komme i konflikt når de deler samme areal (Sæther et al., 2017). Fra 2013 til 2017 ble ca. 500 fotgjengere drept eller hardt skadd i trafikken hvert år. Av disse ble to tredjedeler drept eller hardt skadd mens de krysset en veg. Det er derfor viktig å forbedre trafikksikkerheten og fremkommeligheten for fotgjengere som skal krysse vegen (Høye, 2019). Fotgjengere kan være fristet til å krysse veger på vilkårlige steder, spesielt dersom målpunkter er tvers over vegen (COWI, 2014), og det bør derfor tilrettelegges for attraktive og sikre fotgjengeroverganger (Sæther et al., 2017). Slike tiltak for å forbedre fotgjengernes krysningsmuligheter innebærer gangfelt og supplerende tiltak som vil gjøre gangfeltet tryggere. Gangfelt kan blant annet suppleres med farthumper (opphøyd gangfelt), trafikkøy, belysning og ledegjerder (Høye, 2019).

3.3.3 Vegutstyr

Tiltak som innebærer vegbygging krever omfattende planlegging som kan ta flere år (TØI, 2012).

Midtdele

En midtdele er et område mellom kjørefelt med ulik kjøreretning som for eksempel kan være opphøyd med kantstein eller utformet som en gressprent, grøft eller voll av

jord eller gress. Midtdeleren kan ofte ha rekkverk i tillegg. Formålet er å øke avstanden mellom kjørefeltene slik at risikoen for å komme over i motsatt kjørefelt reduseres (Høye, 2014a).

3.3.4 Tekniske løsninger

Flere ulike tekniske løsninger har blitt en viktig del av transportsystemet. Dette innebærer blant annet samvirkende intelligente transportsystemer, signalprioritering og autonomi (Sæther et al., 2017). Her beskrives det tiltaket som vil ha effekt på holdeplassen.

Elektronisk billettering

Elektronisk billettering vil si at billetter kjøpes på app, altså at det ikke benyttes billetter av papir. Når billettene kjøpes på app kan billetteringen foregå på holdeplassen før ombordstigning (Sæther et al., 2017).

3.4 Fremkommelighet

Fremkommelighet er en betegnelse på hvor raskt og enkelt det er å forflytte seg i trafikken, altså kvaliteten på trafikkavviklingen. Dette kan måles ved tidsbruk per avstandsenhet i trafikken (TØI, 2012). Et av regjeringens tre hovedmål i Nasjonal transportplan for 2018-2029 er å forbedre fremkommeligheten i hele landet. I de største byområdene er et godt kollektivtilbud viktig for å sikre god fremkommelighet for flest mulig. Dersom flere reisende velger kollektivtransport, sykkel og gange vil trengselen på vegnettet reduseres. Tiltak i forbindelse med nullvekstmålet for personbiltransporten vil bidra til bedre fremkommelighet i byene (Samferdselsdepartementet, 2017).

3.4.1 Fremkommelighet for buss

Bussens fremkommelighet består av tre deler:

- Kjøretid
- Forsinkelser på grunn av trafikk
- Forsinkelser på grunn av stopp på holdeplass

Kjøretid er tiden bussen bruker å kjøre en strekning. Annen trafikk på vegene vil forlenge reisetiden til bussen ved å tilføre forsinkelser fra stopp og redusert kjørehastighet. I tillegg økes reisetiden ved at bussen stopper på holdeplass for av- og påstigning av passasjerer. Lavest mulig kjøretid og færrest mulig forsinkelser vil gi best fremkommelighet for bussen.

Forsinkelser på grunn av stopp på holdeplass kan man ikke utelukke. Bussens funksjon er å frakte passasjerer fra et sted til et annet, og uten å stoppe på holdeplasser forsvinner poenget med buss. Derimot kan man redusere forsinkelsene fra stopp på holdeplassen ved å gjøre av- og påstigning raskere. Forsinkelser på grunn av annen trafikk kan man redusere ved prioritering av buss, for eksempel signalprioritering eller kollektivfelt.

Kollektivtransporten har to hovedmål; å sikre et transporttilbud til alle og å håndtere trafikkveksten på en miljøvennlig måte. God fremkommelighet for buss vil gjøre det enklere å velge et mer miljøvennlig transportmiddel enn personbil. Dersom bussen er presis og kommer raskt frem, vil den være et attraktivt og godt alternativ til personbil. Når flere reisende velger buss som reisemiddel, vil det være mulig å tilby et enda bedre busstilbud med god kapasitet og hyppige avganger. Dette gjør bussen enda mer attraktiv. De gjenværende bilistene og næringstransporten vil også ha nytte av at det innføres tiltak for å øke attraktiviteten til kollektivtransporten, siden færre kjøretøy på

vegene fører til at fremkommeligheten generelt øker (Sæther et al., 2017).

For at bussen skal være forutsigbar, og dermed mer attraktiv for reisende, må hindringer i vegen, køkjøring og andre faktorer som øker reisetiden reduseres. Det finnes flere gode tiltak som øker fremkommeligheten til bussen. Spesielt regnes kollektivfelt som en god måte å øke fremkommeligheten til bussen på. Et annet tiltak er utforming av holdeplass. Kantstopp trekkes frem som et godt fysisk tiltak, da det gir effektiv av- og påstigning som reduserer oppholdstiden og samtidig gjør at andre kjøretøy må vente bak bussen. Andre tiltak innebærer å unngå skarpe svinger i busstraseene som fører til kraftige hastighetsreduksjoner (Sæther et al., 2017).

En økning av passasjerer i kollektivtransporten vil forlenge oppholdstiden på holdeplassen. Lang oppholdstid medfører lengre reisetid, og lange reisetider vil gjøre bussen mindre attraktiv igjen. Tiltak som effektiviserer av- og påstigning vil dermed være elementære for vekst i busstransporten.

3.4.2 Effekter av tiltak på fremkommelighet

Nedenfor beskrives ulike tiltaks virkninger på fremkommelighet. Det er kun inkludert tiltak som er relevante i sammenheng med kantstopp.

Følgende tiltak inkluderes:

- Holdeplassforhold
 - Holdeplassutforming: Kantstopp
 - * Fremkommelighet for bussen
 - * Fremkommelighet for kollektivreisende
 - * Fremkommelighet for øvrig trafikk
 - Holdeplassavstand
 - Holdeplasskapasitet
 - Venteareal
 - * Kantstein
 - * Belysning
- Trafikkregulering
 - Fartsgrense
 - Fysisk fartsregulering
 - Kollektivfelt
 - Midtstilt kollektivfelt

- Kollektivgate
- Krysningspunkter for fotgjengere
- Vegutstyr
 - Midtdelele
- Tekniske løsninger
 - Elektronisk billettering

Holdeplassforhold

Holdeplassutforming: Kantstopp

Ved å stoppe i kjørebanelen reduseres tid brukt på inn- og utkjøring til holdeplassen. Samtidig må andre kjøretøy vente bak når bussen stopper på holdeplass. Tidsgevinsten avhenger også av de andre elementene på holdeplassen, for en godt utformet plattform vil også gi redusert oppholdstid. På denne måten blir kantstopp et godt fremkommelighetstiltak, da tidsbruk på kantstopp reduseres sammenlignet med tradisjonelle busslommer. Ved å etablere flere kantstopp på en strekning vil tiltaket ha enda bedre samlede effekter (Sæther et al., 2017).

Under beskrives effekter av holdeplassutforming, hovedsakelig kantstopp, i tre deler:

- Fremkommelighet for bussen
- Fremkommelighet for kollektivreisende
- Fremkommelighet for øvrig trafikk

Fremkommelighet for bussen

Ettersom bussen kan stoppe direkte i kjørefeltet fører det med seg at bussens oppholdstid på holdeplassen reduseres sammenliknet med busslomme. Busser med doble dører og automatisk billettering bidrar også til kortere oppholdstid. Kombinert gir dette bussen bedre fremkommelighet (Sæther et al., 2017).

I Statens vegvesens rapport om fremkommelighetstiltak for buss beskrives blant annet et eksempel på timeglasstopp (se kapittel 2.4.2) på Granåsen i Trondheim. Vegen er snevret inn slik at det er umulig å kjøre forbi bussen på holdeplassen. Bussen får dermed kommet seg raskt frem etter å ha sluppet av og på passasjerer, noe som gir bussen god fremkommelighet (Sæther et al., 2017).

Ved god fremkommelighet vil det derimot være vanskelig for bussen å holde rutetabellen om den er inkludert noe forsinkelser. En trasé med kantstopp gjøre det umulig å stoppe på holdeplassen for å innhente tidsforskjeller, siden bussen samtidig vil stenge

kjørefeltet. Rutetabeller for busser som kjører i traseer med mange kantstopp bør derfor utvikles ut ifra kortest mulig reisetid (Sæther et al., 2017).

Zhang et al. sammenlikner hvordan ulike holdeplastyper påvirker andre busser, biler og sykler med data fra felt i sin studie fra 2015. Studien foreligger i Kina. Kantstopp i ytre kjørefelt (på en veg med to kjørefelt i en retning) sammenliknes blant annet med busslomme og kantstopp i sykkelfelt (utenfor kjørebane). Der konkluderes det med at busser på kantstopp bruker kortest tid på inn- og utkjøring av de forskjellige typene, og det forklares med at bussen ikke blir påvirket av andre kjøretøy når den skal stoppe. Kantstopp vurderes som en god løsning dersom byplanleggerne ønsker å prioritere kollektivtrafikken (Zhang et al., 2015).

Fremkommelighet for de kollektivreisende

Phillips et al. skriver at for de kollektivreisende vil kantstopp gi mindre forsinkelser enn ved busslomme. Når de reiser med bussen vil de spare tid når bussen har kortere oppholdstid på holdeplass. Kollektivreisende som venter på plattformen vil også ha økt fremkommelighet på kantstopp. Da busslomme er mer arealkrevende enn kantstopp, vil det være utfordrende å få til en plattform som er universelt utformet ved plassbegrensning. Dette vil gi redusert fremkommelighet for flere brukere. Der plassbegrensning er en utfordring, bør holdeplassen utformes som kantstopp med tanke på de kollektivreisendes fremkommelighet (Phillips et al., 2019).

Fremkommelighet for øvrig trafikk

Kantstopp er et tiltak som fremmer fremkommeligheten til kollektivtrafikk på bekostning av øvrig trafikk. Når bussen stopper på kantstoppet må andre kjøretøy vente bak (Sæther et al., 2017).

Zhang et al. beskriver også påvirkning av holdeplastyper for øvrig trafikk. Øvrig trafikk blir forstyrret av busser som stopper på holdeplass i nærheten, og det fører ofte til forsinkelser. Dersom en buss stopper på kjørefelt med kantstopp vil annen trafikk i dette kjørefelt påvirkes betydelig. Dersom vegen består av flere kjørefelt i samme retning, derav kantstopp befinner seg i det ene, vil busser på holdeplass ha liten påvirkning på det andre feltet. Sammenliknet med andre typer holdplasser har kantstopp størst påvirkning på øvrig kjøretøyhastighet, fordi busser som står på kantstopp blokkerer gaten for gjennomkjøring (Zhang et al., 2015).

Koshy and Arasan beskriver påvirkningen av ulike bussholdeplasser på trafikkflyt ved bruk av en mikroskopisk simuleringsmodell. Modellen ble validert ved bruk av trafikkdata som ble samlet inn fra kantstopp og busslommer. Effekten av busstopp på annen trafikk avhenger hovedsakelig av vegbredde, trafikkmengde, andel busser i trafikken

og oppholdstid for bussen på holdeplassen. Studien ble gjennomført for trafikk i en bevegelsesretning på en 7,5 meter bred veg. Det antas derfor at vegen har to kjørefelt, der kantstopp og busslommer befinner seg på eller i tilknytning til det ene kjørefeltet. Resultater fra studien viser at kvaliteten på trafikkstrømmen, i form av gjennomsnittshastighet, synker raskt på veger med kantstopp, spesielt ved store trafikkmengder. Når busser stopper på kantstopp skaper de en «flaskehals» (en kraftig reduksjon i vegbredde) der kantstoppet befinner seg. Busser som stopper på busslommer forstyrrer kun andre kjøretøy når de kjører inn og ut av busslommen. Dersom busslommen ikke har plass til den neste bussen som kommer, vil derimot ventende busser i kjørefeltet også okkupere for øvrig trafikk på samme måte som ved kantstopp. Studien konkluderer med at tilstedeværelsen av bussholdeplasser generelt ofte fører til overbelastning og forverring av trafikkflyten (Koshy and Arasan, 2005).

Begrepet «flaskehals» brukes om kantstopp også i andre studier. Zhang et al. beskriver i en artikkel om sammenlikning av ulike holdeplastyper at de midlertidige flaskehalsene som busser på kantstopp skaper medfører store forsinkelser for andre kjøretøy og tvinger dem til å skifte kjørefelt (Zhang et al., 2018).

Xiaobao et al. presenterer en modell for estimering av bilforsinkelser på busstopp under blandet trafikk. Den benytter seg av sannsynlighet og køteori. Vegbanen er inndelt i to felt, ett for motorisert trafikk og ett for umotorisert trafikk. Bussholdeplassene befinner seg i feltet for umotorisert trafikk, utformet som kantstopp. Når bussene stopper på holdeplassen, vil de hindre syklister i å bruke sykkelvegen. Forsinkelse for andre kjøretøy blir estimert som summen av gjennomsnittlig forsinkelse mellom tidspunktet der syklister kjører ut i vegen for å komme forbi bussen på holdeplass, og der bussen kjører på vegen igjen. Resultatene viser at både antall busser og antall sykler påvirker effektene av forsinkelse for kjøretøy i kjørefeltet for motorisert trafikk. Ved en bussankomstrate på over 200 busser i timen bør holdeplassen utformes som busslomme på grunn av de forsinkelsene som oppstår for andre kjøretøy (Xiaobao et al., 2013).

Holdeplassavstand

Håndbok V123 påpeker at kort holdeplassavstand vil gi god tilgjengelighet, men økt reisetid (Vegdirektoratet, 2014). I AtBs vurdering av kollektivtilbudet før 2019 nevnes kort avstand mellom holdeplasser som en svakhet ved systemet. Mange stopp medfører uforutsigbar fremføring. I det nye rutetilbudet skal lengre avstand mellom bussholdeplassene, 500-700 meter, være et viktig tiltak til å sikre god fremkommelighet (Sollie et al., 2016).

Urbanet Analyse har utviklet en modell som beregner optimal gjennomsnittlig holdeplassavstand. Optimal avstand vil si avstanden som minimerer belastningen ved en

reise (reisetid, gangtid, ventetid, forsinkelser, billettpris). Lengre holdeplassavstand gir redusert reisetid og lavere belastning, men vil samtidig øke belastningen fordi gangtiden til holdeplassene økes. Beregninger av optimal holdeplassavstand i Oslo og Stavanger viser at en økning av gjennomsnittlig holdeplassavstand fra ca. 400 meter til ca. 700 meter vil gi minst belastning for kollektivreisende (Betanzo and Haraldsen, 2016).

Holdeplasskapasitet

Gran and Larsson har på oppdrag fra Statens vegvesen vurdert kapasitet på holdeplasser og i kollektivfelt. Holdeplasskapasitet er avhengig av bussenes ankomstfordeling. Ved forutsigbar fremkommelighet og ankomsttid vil ikke kapasiteten til holdeplassen overskrides (dersom rutetabellene er fornuftige). Når bussen slipper å vente på å betjene holdeplassen reduseres forsinkelser (Gran and Larsson, 2013).

Eksempler fra Oslo viser at gode fremkommelighetstiltak for kollektivtransport øker antall reisende, og medfører økt oppholdstid på holdeplass. Det er derfor viktig å huske på å bygge holdeplasser med god kapasitet for å ikke motvirke effekten av de andre fremkommelighetstiltakene (Sæther et al., 2017).

Ofte er det trafikkavhengige forhold som reduserer kapasiteten på holdeplassen. Andre kjøretøy danner kø bak en buss på kantstopp, og før neste buss kan stanse på kantstoppet må disse kjøretøyene få kjørt avgårde (Gran and Larsson, 2013).

Kantstopp blir i flere utenlandske rapporter ansett som holdeplasser som kan betjene flere busser samtidig og at det kun oppstår køer av busser bak stoppene, og rapportene tar derfor opp holdeplasskapasitet på kantstoppet og hvordan køen av ventende busser utvikler seg. Beskrivelsen minner om kantstopp i kollektivfelt, men dette er ikke spesifisert. Holdeplasskapasiteten defineres som antall busser som kan stoppe på kantstoppet samtidig. Gu et al. beskriver modeller som forklarer viktige påvirkninger på holdeplasskapasiteten til kantstopp. Modellene sier at variasjoner i oppholdstid på holdeplass kan redusere kapasiteten til holdeplassen. Variasjonene kan reduseres ved å bruke bredere bussdører, forbedrede bussplattformer og elektronisk billettering. Kunnskapen er nyttig ved planlegging av plattformlengde og antall busser som kan stoppe der samtidig (Gu et al., 2011). Gu et al. beskriver modeller som er utviklet for å estimere antall busser som kan ankomme og betjenes ved kantstopp, og som tilfredsstillende bestemte nivåer av forsinkelser. Modellene kan også brukes til å predikere busslengder ved stopp (Gu et al., 2014). Xu et al. har studert bussforsinkelser på både kantstopp og busslommer, og konkluderer med at bussankomstrate på kantstopp har en sammenheng med forsinkelser på og ved holdeplassen. Der opplyses det at forsinkelsene er små ved bussankomstrater på under 20 kjøretøy per time, men øker betydelig ved bussankomstrater på over 30 kjøretøy per time. Derfor anbefaler

rapporten at en ankomstrate på 30 kjøretøy per time bør benyttes som referanse for standarder til utforming av busstopp. For ankomstrater over 30 kjøretøy per time bør busstoppet inndeles i soner for å øke effektiviteten (Xu et al., 2009).

Venteareal

Kantstein

Bruk av profilkantstein med avrundet bunn gjør det enklere for bussen å manøvrere helt inntil plattformen (som vist i figur 3.3). Dette gir tidsbesparelser, og vil øke fremkommeligheten til bussen (Miljøpakken, 2018a). I Trondheim er det kartlagt at flere metrobusstopp ikke har profilkantstein. Følgelig vil bussene bruke mer tid på å stille seg helt inntil plattformen eller måtte stille seg lengre unna. Større gap mellom buss og plattform vil derimot gi problemer for passasjerer (Hestenes et al., 2019).



Figur 3.3: Profilkantstein gjør det lettere for bussen å kjøre inntil plattformen (Hestenes et al., 2019).

Statens vegvesen har gjennomført et forsøk der de har testet for ulike kantsteinhøyder for Bussveien i Bergen. Det er blitt benyttet flere typer busser, og blant annet samme type buss som metrobussen i Trondheim, Van Hool ExcuiCity. De testet kantsteinhøyder på 18, 23 og 26 cm. Både bussjåfører og busspassasjerer vurderte de ulike høydene. Rapporten oppsummerer at både bussjåfører og busspassasjerer foretrekker 18 cm høye kantstein. Bussjåførene som kjørte Van Hool ExcuiCity vurderte 23 cm kantstein høyest, deretter 18 cm. Lite skilte disse to, men bussjåførene syntes innkjøringen var enklere ved 23 cm. 26 cm kantsteinhøyde ble vurdert lavest av alle bussjåførene. Totalt sett ble 18 cm kantsteinhøyde vurdert best for alle busstypene. De ulike testpassasjerene ved Van Hool ExcuiCity vurderte 18 cm kantsteinhøyde som en klar favoritt i forhold til høyere kantstein. Testpersonene testet blant annet for passasjerer med nedsatt syn, rullestolbrukere, eldre og barnevogn. Blant alle passasjerene på de ulike busstypene ble 18 cm kantsteinhøyde vurdert som best, men også 23 cm

høyde fikk god vurdering. Ingen passasjerer foretrakk 26 cm høyde. På grunn av god fremkommelighet ved innkjøring og lite horisontal og vertikal forskjell mellom plattform og buss, vurderes 18 cm kantsteinhøyde som det beste alternativet (Lysø, 2018).

Et annet element tilknyttet kantsteinhøyde er hjulspor i vegen. Ettersom spor oppstår raskere ved tunge biler og piggdekk, vil spordannelse oppstå der tunge metrobusser kjører ofte, for eksempel på holdeplasser. I 2018 ble det i forbindelse med metrobusprosjektet vurdert hvilke konsekvenser en økning av kantsteinhøyde fra 18 til 23 cm har. 18 cm ble valgt med grunnlag i håndbøkene, men en kantsteinhøyde på 23 cm vil kunne redusere forskjellen mellom plattformen og bussen, og dermed gi bedre universell utforming. I rapporten beskrives blant annet hjulspor som et argument mot å øke kantsteinhøyden. Ved plattformen vil det oppstå spor som etterhvert fører til økt høydeforskjell mellom vegdekket og kantsteinen. En kantsteinhøyde på 23 cm vil fjerne den sikkerhetsmarginen man ellers ville hatt, og kan medføre skader på bussen der den kommer i kontakt med kantsteinen (Statens vegvesen, 2018).

Belysning

Høye har ved sammenlikning av flere studier kunne konkludere med at belysning generelt gjør at fremkommeligheten øker. Det er gjennomført flere studier på gjennomsnittsfart i dagslys og mørke, både på rett vegstrekning og i kurve. De viser at økningen er størst i mørke, og at den er større på rett veg enn i kurve (Høye, 2014b).

I Oslo nevnes et busstopp på Jernbanetorget blant flere som er blitt bygget med lys i taket. Med god belysning på holdeplassen vil bussjåførene lettere oppdage ventende passasjerer, spesielt i mørket, og vil dermed slippe å stoppe dersom de ser at busstoppet er tomt. Uten god belysning på holdeplassen ville bussen brukt tid på å stoppe på eller redusere farten ved holdeplassen uten at noen skal av eller på bussen. God belysning vil altså være et viktig fremkommelighetstiltak for bussen (Sæther et al., 2017).

Trafikkregulering

Fartsgrense

Kjøretøyets fart og tidsbruk har direkte sammenheng. Fartsgrenser gjør at fartsnivået reduseres, og vil dermed redusere fremkommeligheten på strekningen (Elvik, 2012).

Fysisk fartsregulering

Fysiske tiltak for fartsregulering gjør at farten på vegstrekningen reduseres og vil følgelig gi redusert fremkommelighet. I tillegg kan også slike tiltak føre til at trafikkmengden reduseres (Høye, 2015).

Kollektivfelt

Et godt sammenhengende kollektivfelt vil gi god fremkommelighet til bussen. Ved å ikke stå i kø kan bussen kjøre flere turer i løpet av en tidsperiode, og samme antall busser kan dermed tilby en økt frekvens (Samferdselsdepartementet, 2017). Ulemper med sidestilt kollektivfelt er derimot at fremkommeligheten til bussen blir redusert der det oppstår konflikter med av- og påkjøringsramper. Ved holdeplasser i kollektivfeltet i flerfeltsveger vil det derimot være enklere å kjøre forbi busser som okkuperer holdeplassen enn ved adskilte kollektivfelt, da man kan svinge ut i ordinært bilfelt dersom man som buss ikke har behov for å stoppe på holdeplassen (Gran and Larsson, 2013).

I Oslo nevnes Waldemar Thranes gate som eksempel. Ved å fjerne parkeringsplasser langs gaten kunne et kollektivfelt anlegges. Bussene som kjørte på denne strekningen har etter innføring av kollektivfeltet fått nærmest uhindret fremkommelighet hele dagen (Sæther et al., 2017).

Kollektivfeltet i Elgeseter gate i Trondheim trekkes også frem som et eksempel. I 2008 ble gaten skiltet om fra sambruksfelt til kollektivfelt. Tiltaket skulle øke fremkommeligheten for bussen og samtidig redusere problemet snikkjøring i sambruksfeltet. Effektene til dette kollektivfeltet var gode, og har bidratt til vekst i kollektivtrafikken i Trondheim (Sæther et al., 2017).

Midtstilt kollektivfelt

Kollektivtrafikken blir sterkere prioritert i midtstilte kollektivfelt enn i sidestilte kollektivfelt, blant annet på grunn av at ved midtstilt løsning unngås konflikter med høyresvingende trafikk i kryss. Det kan imidlertid også oppstå samme type utfordringer med venstresvingende trafikk ved midtstilt kollektivfelt. Likevel ses midtstilt kollektivfelt på som en bedre måte å prioritere kollektivtrafikken (Frøyland et al., 2014). Midtstilte kollektivfelt er oftere fysisk adskilt fra øvrige kjørefelt, som vil redusere konflikter med annen trafikk. Også Gran and Larsson nevner ingen konflikter med av- og påkjøringsramper som en fordel ved midtstilte kollektivfelt i sin rapport om kapasitet på holdeplasser og i kollektivfelt. De bemerker likevel at midtstilte kollektivfelt medfører utfordringer ved plassering av holdeplasser, da busser som stopper på holdeplasser i midtstilt kollektivfelt gjør at øvrig kollektivtrafikk blir ventende bak. Forbikjøring av buss på holdeplass er avhengig av trafikkmengden i motgående kollektivfelt (Gran and Larsson, 2013). Midtstilt kollektivfelt brukes ofte som et virkemiddel i et BRT-konsept (Sæther et al., 2017).

Det finnes en midtstilt kollektivgate i Drammensveien på Skøyen som både bussen og trikken benytter seg av. Den ble laget med hensikt å øke kjørehastigheten for kollek-

tivtrafikken. I denne kollektivgaten blir fremkommeligheten i tillegg ytterligere forbedret på grunn av færre holdeplasser (Sæther et al., 2017).

Kollektivgate

Kollektivgater gir god fremkommelighet til kollektivtransporten ved å fysisk skilles fra de øvrige kjørefeltene (Sæther et al., 2017).

Drammen sentrum har lenge hatt problemer med mye gjennomgangstrafikk. De hadde derfor et ønske om å redusere biltrafikken i sentrum, samt øke fremkommeligheten for buss, gående og syklende. De innførte derfor kollektivgater, og lot annen trafikk kjøre på ringevegen utenom sentrum. Tiltakene har vært vellykket for ønsket formål, og har i tillegg lagt til rette for ytterligere utvikling av kollektivsystemet i byen (Sæther et al., 2017).

Krysningsmuligheter for fotgjengere

Høye har sammenliknet flere studier på gangfelt i Trafikksikkerhåndboken. Et oppmerket gangfelt vil øke antall fotgjengere som krysser vegen og la de krysse med generelt mindre ventetid enn ved uoppmerkede krysningssteder. Følgelig vil gangfelt redusere bil- og busstrafikkens fremkommelighet, da kjøretøyene må vike for fotgjengerne som krysser vegen (Høye, 2019).

I forbindelse med holdeplass anbefales det at gangfeltet plasseres bak bussen, slik at bussen ikke må vike for fotgjengerne. Dette vil gi bussen økt fremkommelighet, da bussen kan kjøre videre uten å vente på at passasjerene som nettopp har gått av skal krysse vegen (COWI, 2014).

Vegutstyr

Midtdelere

Midtdelere hindrer ikke fremkommeligheten i kjøreretningen, men hindrer kryssing av vegmidten. Følgelig vil midtdelere gjøre det umulig med forbikjøring (Høye, 2014a).

Tekniske løsninger

Elektronisk billettering

Elektroniske billettsystem er en viktig teknisk løsning for å forbedre fremkommeligheten til bussen. Ruter innførte et elektronisk billettsystem i 2012. Oppholdstiden på holdeplass har blitt redusert etter at Ruter gikk over fra billett på papir til billett på app. Når bussjåføren slipper å bruke tid på billettering på holdeplass, reduseres reisetiden. En redusert oppholdstid på holdeplass gir bussen bedre fremkommelighet (Sæther et al., 2017).

I forbindelse med metrobusprosjektet ble det bestemt at ingen av busser som stopper på metrobusstopp skal ha billettering om bord. Metrobussholdeplassene skal derfor ha infrastruktur for billettering, slik at billettene blir enkle å skaffe seg for bussreisende. En slik åpen billettering er anbefalt for å nå målet om raskest mulig fremføringshastighet for bussene. Busspassasjerene vil ha kjøpt billett på forhånd, og kan gå raskt inn på bussen gjennom alle dørene. Derimot vil åpen billettering øke risikoen for snik. Hyppige billettkontroller vil derfor være nødvendig (Sollie et al., 2016).

3.5 Trafikksikkerhet

Trafikksikkerhet vil si fraværet av ulykker og skader i trafikken, og kan betegnes som andelen ulykker og skader i forhold til omfanget av trafikk (TØI, 2012). I Nasjonal transportplan for 2018-2029 er ett av regjeringens tre hovedmål å «reducere transportulykkene i tråd med nullvisjonen» (Samferdselsdepartementet, 2017). Nullvisjonen ble vedtatt av Stortinget i 2002, og er en visjon om at det ikke skal forekomme ulykker i trafikken der folk dør eller blir hardt skadd (Statens Vegvesen, 2018).

3.5.1 Trafikkulykker

En trafikkulykke er definert som en ulykke der kjøretøy er innblandet på en veg åpen for alminnelig ferdsel (TØI, 2012). I 2018 ble totalt 710 personer drept eller hardt skadd i trafikkulykker (SSB, 2019). Regjeringens ambisjon er at det i 2030 skal være maksimalt 350 drepte og hardt skadde i løpet av et år (Samferdselsdepartementet, 2017). Antall skadde i trafikken bestemmes av tre faktorer (TØI, 2012):

1. Eksponering: Omfanget av transport som kan føre til ulykker, det vil si trafikkmengden
2. Ulykkesrisiko: Sannsynligheten for å bli involvert i en trafikkulykke per kilometer langs vegen
3. Skaderisiko: Sannsynligheten for å skade seg, gitt at man er involvert i en ulykke

Antall skadde i trafikken regnes ut ved å multiplisere de tre faktorene, der N = antall skadde, q = trafikkmengde, p_{ulykke} = ulykkesrisiko og p_{skade} = skaderisiko.

$$N = q \cdot p_{ulykke} \cdot p_{skade} \quad (3.5.1)$$

En reduksjon i antall ulykker blir følgelig å redusere trafikkmengden, ulykkesrisikoen eller skaderisikoen. Sammenhengen mellom trafikkmengde og antall ulykker viser at en økende trafikkmengde fører til flere ulykker, men økningen i trafikkulykker øker med litt mindre enn 1 % per 1 % endring i trafikkmengde. Denne sammenhengen forklares ved at stor trafikkmengde fører til lavere fart og dermed mer oppmerksomme bilister (TØI, 2012).

Ulykkesrisikoen påvirkes av reisemåte og kjøretøytype, vegsystemet, fysiske miljøforhold og trafikantadferd. Sammenhengen mellom ulykkesrisikoen og disse faktorene forklares under (TØI, 2012):

- Reisemåte og kjøretøytype: Ifølge offisielle skadetall er personskaderisikoen høyest på moped og motorsykkel, men også fotgjengere og syklist har høy skade-

risiko. En viktig forklaring på dette er at denne gruppen ikke er beskyttet av et karosseri slik som bilister.

- Vegsystemet: Ut ifra skadetall kan man se at personskaderisikoen er størst på riksveger med fartsgrense 50 km/t og 1-3 kryss per km (med flere ulykker jo flere kryss) og at den synker ved høyere fartsgrenser. Motorveger har svært lave tall for registrerte personskadeulykker. Videre kan man se at X-kryss har større personskaderisiko enn T-kryss og rundkjøringer, der risikoen øker med økende andel sidevegtrafikk. Ellers er det høyere ulykkesrisiko i de første og siste 50 til 100 meterne av tunneler og bruer enn i tunnelen og på brua.
- Miljøforhold: Ulykkesrisikoen er høyere om natten enn om dagen, der natt til søndag skiller seg ut med spesielt høy risiko. Dette skyldes at av det er mange unge førere som er ute og kjører natt til søndag, og unge førere har høyere ulykkesrisiko enn voksne. Nedbør, krevende kjøreforhold og mørke vil også gi økt ulykkesrisiko.
- Trafikantadferd: Offisielle skadetall viser at unge førere har høyest risiko for å bli involvert i en ulykke og at det er høyere risiko hos kvinner enn hos menn. Eldre har høyest ulykkesrisiko blant fotgjengere. Økende promille gjør at ulykkesrisikoen øker voldsomt. Flere sykdommer og andre helseproblemer vil også kunne øke ulykkesrisikoen.

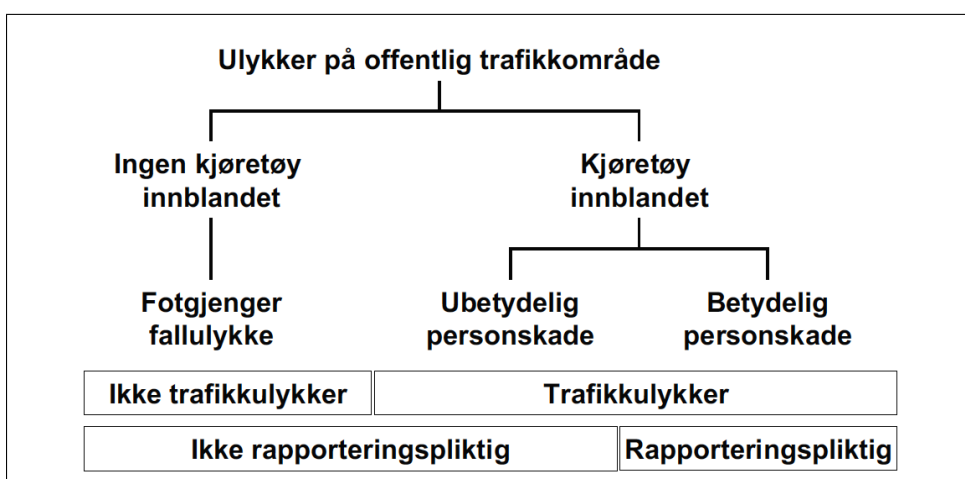
Skaderisikoen påvirkes av kjøretøyets masse, farten når ulykken skjer, trafikantens egenskaper og bruk av verneutstyr. (TØI, 2012).

- Kjøretøyets masse: Personer i kjøretøy med stor masse er bedre beskyttet mot personskader når en ulykke skjer. Uten et karosseri som beskyttelse er sannsynligheten for personskader ved en ulykke høy.
- Fart når ulykken skjedde: Høyere fart fører til større sannsynlighet for skader og å bli drept i en trafikkulykke.
- Trafikantens egenskaper: Økende alder gir en større sannsynlighet for skader eller å bli drept i en trafikkulykke.
- Verneutstyr: Det er en stor reduksjon i sannsynlighet for skader eller å bli drept i en trafikkulykke dersom trafikanten bruker verneutstyr. For trafikanter uten karosseri (fotgjengere, syklister, motorsyklister og mopedister) gir bruk av hjelm en reduksjon av sannsynligheten for dødelige hodeskader på 50 % og en reduksjon av sannsynligheten for skader på 25 %.

Rapportering av trafikkulykker

Politirapporterte personskadeulykker er den viktigste kilden til opplysninger om trafikkulykker i Norge. I vegtrafikklovens paragraf 12 beskrives plikten til å rapportere

trafikkulykker slik: «Har trafikkuhell medført død eller skade på person og skaden ikke er ubetydelig, skal de som er innblandet i uhellet, sørge for at politiet snarest mulig blir underrettet om uhellet.» En trafikkulykke som skal rapporteres omfatter ulykker der kjøretøy i bevegelse er involvert. En ulykke der en fotgjenger faller er altså ikke definert som en trafikkulykke. Definisjonen på når en ulykke som skjer på et offentlig trafikk-område skal rapporteres vises i figur 3.4. Ikke alle trafikkulykker med personska- de blir likevel rapportert. Norge har en rapporteringsgrad på 33 % av alle rapporteringsplik- tige ulykker, der ulykker med motorkjøretøy har en rapporteringsgrad på 45-50 % og ulykker uten motorkjøretøy har en rapporteringsgrad på 1-5 %. Ufullstendig ulykkes- rapportering gir usikkerhet i estimerte virkninger av trafikksikkerhetstiltak (TØI, 2012).



Figur 3.4: Rapportering ved vegtrafikkulykker (TØI, 2012)

Nestenulykker

Ved for eksempel kantstopp er underrapportering en utfordring, i tillegg til at ulykker med ubetydelige skader ikke rapporteres. Da COWI evaluerte trafikksikkerheten ved kantstopp og busslommer i 2014 studerte de nestenulykker. En nestenulykke beskriver en situasjon der det hadde oppstått en ulykke dersom ingen avvergende tiltak ble gjort. Avvergende tiltak kan være kraftig bremsing, å svinge unna eller akselerere kraftig. Studien av nestenulykker kommer fra en svensk metode om konfliktteknikk. Teknikken viser at tiltak som forebygger nestenulykker også vil avverge at trafikkulykker skjer. I forbindelse med kantstopp skjedde flest nestenulykker ved forbi kjøring av buss på kantstopp. Ved busslommer var det flest nestenulykker der bussen svinger ut på vegen etter holdeplassen, men der var spredningen i typer nestenulykker større (COWI, 2014).

3.5.2 Effekter av tiltak på trafikksikkerhet

Nedenfor beskrives effektene av de tiltak som vil påvirke trafikksikkerhet. Følgende tiltak inkluderes:

- Holdeplassforhold
 - Holdeplassutforming: Kantstopp
 - Venteareal
 - * Belysning
- Trafikkregulering
 - Fartsgrense
 - Fysisk fartsregulering
 - Kollektivfelt
 - Midtstilt kollektivfelt
 - Kollektivgate
 - Krysningspunkter for fotgjengere
- Vegutstyr
 - Midtdeleere
- Tekniske løsninger
 - Elektronisk billettering

Holdeplassforhold

Holdeplassutforming: Kantstopp

Rapporten «Effekt av holdeplasser på trafikksikkerhet og fremkommelighet» fra Transportøkonomisk institutt undersøker virkningen av holdeplassutforming på risiko for trafikkulykke. De identifiserte følgende faktorer som kan være knyttet til risiko for trafikkulykker ved holdeplass (Phillips et al., 2019):

- Holdeplasstype
- Antall holdeplasser på strekningen
- Trafikkmengde
- Fartsgrense
- Antall kjørefelt i samme retning
- Kollektivfelt
- Sykkelfelt

- Fortau
- Plassering av gangfelt
- Gangfelt med eller uten signalregulering
- Antall trafikanter, fotgjengere og syklister
- Belysning
- Vær- og føreforhold
- Plassering av holdeplass
- Siktforhold
- Antall parkerte biler

Disse illustreres i figur 3.5. Noen av disse faktorene blir også beskrevet videre i litteraturkapittelet, da de har sammenheng med utforming av kantstopp.



Figur 3.5: Risikofaktorer for trafikkulykker ved holdeplasser (Phillips et al., 2019)

Rapporten konkluderer med at det ikke finnes entydig kunnskap som kan si noe om forskjell i ulykkesrisiko ved kantstopp og busslommer. De undersøkelser som er gjort på ulykkesrisiko ved kantstopp og busslommer har motstridende resultater. Deres analyser sier derimot at ulykkesrisikoen ved holdeplass i tettsted er høyere for kantstopp enn busslomme. Det kan skyldes at flere kantstopp er plassert ved kryss, at det er

flere bussavganger ved kantstopp og at det er flere myke trafikanter der, opplyser rapporten. Ved kantstopp er flere av trafikkulykkene kryssulykker enn ved busslommer (Phillips et al., 2019).

En annen utfordring ved studier om ulykker ved holdeplasser er at holdeplassutformingen ikke beskrives. Rapporten sier derimot noe om hvilke typer ulykker som forekommer mest ved bussholdeplasser. Man kan se en sammenheng med bussholdeplasser og trafikkulykker for motorkjøretøy, syklist og fotgjengere. Ved bussholdeplasser vil det ofte samle seg fotgjengere og syklist, samt tunge kjøretøy i form av buss, og det kan fort oppstå trafikkfarlige situasjoner når bussholdeplassen befinner seg i nærheten av kryss, gangfelt og feltskifter. Blant studiene indikeres det at det forekommer mer alvorlige fotgjengerulykker ved busslomme enn ved kantstopp. Denne forskjellen forklares sannsynligvis av at kjøretøy kjører fortere ved busslommer enn ved kantstopp (Phillips et al., 2019).

Forfatterne av «Effekt av holdeplasser på trafiksikkerhet og fremkommelighet» har fått tilgang til en revidert, men upublisert, utgave av kapittelet om holdeplasser for buss og trikk fra Trafiksikkerhetshåndboken. Det er verdt å gjengi de faktorene som er nevnt i forbindelse med effekter av kantstopp og busslomme på trafiksikkerhet (Phillips et al., 2019):

- *Trafikkmengde og antall forbikjøringer ved kantstopp.* Ved mange kantstopp på en strekning vil antallet forbikjøringer mest sannsynlig øke. Forbikjøringer er knyttet til en risiko for trafikkfarlige situasjoner.
- *Risikable forbikjøringer ved kantstopp.* Dersom det kun er ett kjørefelt i bussens retning, høy fart, møtende trafikk eller vanskelige siktforhold vil risikoen for ulykker under forbikjøringer øke.
- *Konfliktnivå ved utkjøring av buss fra busslomme.* Det kan oppstå flere potensielle konflikter ved utkjøring fra busslomme enn ved oppstart fra kantstopp. Busser som kjører ut ifra busslommer må legge seg inn i et felt der det allerede kjører andre trafikanter, mens busser fra kantstopp bare trenger å kjøre rett frem.

Som et eksempel på hvordan utforming utenom det at det er et kantstopp påvirker trafiksikkerhet, trekkes timeglasstoppet på Granåsen igjen frem. Innsnevringen av vegen ved kantstoppet har ført til økt fremkommelighet for bussen, men i tillegg har også trafiksikkerheten økt. De andre bilistene har måttet redusere farten betraktelig ved passering av kantstoppet, noe som har ført til en mer oversiktlig trafiksituasjon, og følgelig økt sikkerheten i området (Sæther et al., 2017).

I COWIs studie av nestenulykker ved kantstopp og busslommer har det blitt observert flest nestenulykker ved kantstopp (17 på kantstopp, 12 på busslomme). Klart flest av disse, 13 stk, oppsto idet biler kjørte forbi busser på kantstopp, og det kom en bil eller moped imot. Blant nestenulykkene for busslomme er det ingen type nestenulykke som er mer vanlig. Ut ifra denne studien kan man likevel ikke definere kantstopp som mindre trafikkikkert enn busslommer, ettersom at det ble utført unnamanøvre som gjorde at ingen trafikkulykker oppsto. Derimot kan en slik type studie si noe om effekter av tiltak på trafikkikkerhet, ettersom færre nestenulykker vil medføre færre trafikkulykker (COWI, 2014).

Venteareal

Belysning

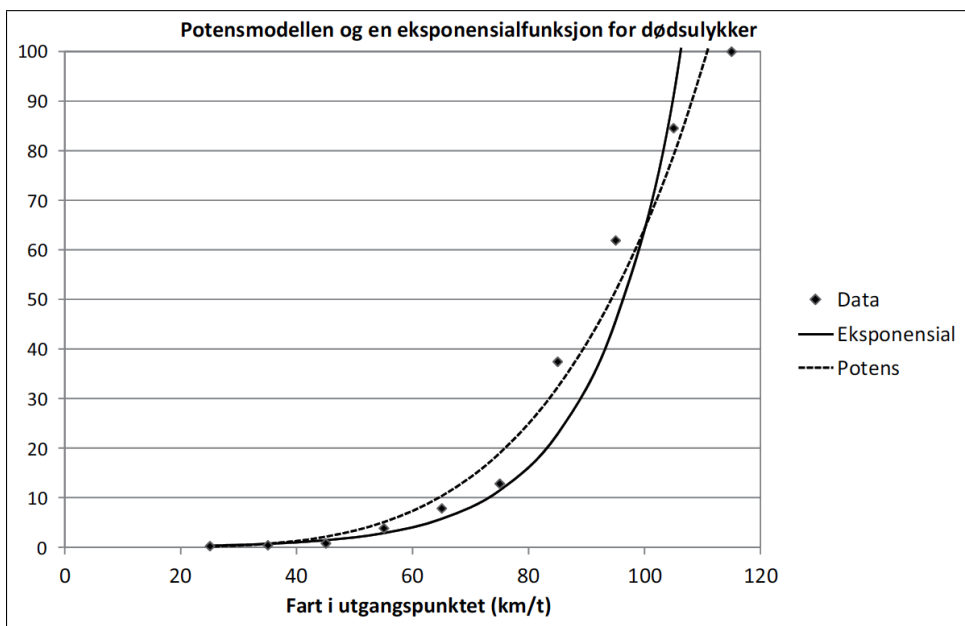
Høye har studert flere undersøkelser på sammenhengen mellom belysning og trafikkulykker i Trafikksikkerhetshåndboken. De viser at vegbelysning har god effekt på reduksjon av trafikkulykker. Virkningen er størst for ulykker med fotgjengere, men belysning har også god effekt på møteulykker, påkjøring bakfra og eneulykker (Høye, 2014b).

På holdeplassen vil god belysning skape en trygghetsfølelse for ventende busspassasjerer (Sæther et al., 2017).

Trafikkregulering

Fartsgrense

Elvik skriver i Trafikksikkerhetshåndboken at høy fart i ulykkesøyeblikket gir større sannsynlighet for skader og å bli drept i en trafikkulykke. Fartsgrenser fører til redusert fart, og vil dermed forbedre trafikkikkerheten på vegstrekningen. Omfattende forskning har produsert eksponentialfunksjoner som viser sammenhengen mellom fart og dødsulykker. Data fra undersøkelsen, samt en eksponentialfunksjon og potensmodellen vises i figur 3.6. Potensmodellen har tidligere vært benyttet for å beskrive sammenhengen mellom fart og trafikkulykker, og den bygger på at en gitt relativ endring i fart har den samme effekten på ulykkene (med konstant eksponent). Dette er urimelig, ettersom at en endring fra 100 km/t til 50 km/t ikke kan ha samme effekt på antall ulykker som en endring fra 10 km/t til 5 km/t. Derimot vil eksponentialfunksjoner være forenlig med antakelser om at en endring i fart fra 100 km/t til 50 km/t vil ha større effekt på antall trafikkulykker enn en endring fra 10 km/t til 5 km/t. Eksponentialfunksjoner vil være best tilpasset datapunktene (Elvik, 2012).



Figur 3.6: Sammenheng mellom fart og dødsulykker (TØI, 2012)

Phillips et al. har også undersøkt sammenhengen mellom ulykkesrisiko og fart. Ved fartsgrenser fra 30 til 60 km/t fant de ingen sammenheng. Derimot kunne de se en sammenheng ulykkesrisiko og fart i veger med kantstopp. Risikoen for ulykker i veger med kantstopp og fartsgrense 60 km/t var tilsynelatende lavere enn i veger med fartsgrense 30 km/t (Phillips et al., 2019).

Fysisk fartsregulering

Bruk av flere ulike fysiske tiltak for fartsregulering innenfor en sone reduserer antall personskadeulykker med ca. 25 %, ifølge Høye. Resultatene er likevel usikre, da de kun bygger på enkle før- og etterundersøkelser. Ulike undersøkelser på humper som tiltak viser at humper reduserer antall personskadeulykker ved en gitt trafikkmengde, men også at trafikkmengden reduseres i veger med humper. Rumlefelt har vist å ha god effekt på personskadeulykker i kryss (Høye, 2015).

Kollektivfelt

Undersøkelser sammenliknet i Trafikksikkerhetshåndboken viser at kollektivfelt både fører til flere og færre ulykker. Ut ifra et trafikksikkerhetsperspektiv er det derfor vanskelig å vurdere om kollektivfelt er et godt tiltak. I Norge kan en forklaring på økt antall ulykker være at det ofte tillates sykling og kjøring med moped og motorsykkel i kollektivfeltet. Dermed blandes de letteste og de tyngste kjøretøyene i samme kjørefelt, og kan medføre at sikkerhetsrisiko (Høye, 2010b).

Midtstilt kollektivfelt

Midtstilte kollektivtraseer for buss er det liten erfaring med i Norge. Derimot er det lang erfaring med midtstilte kollektivtraseer for buss i Oslo. Ut ifra denne erfaringen kan midtstilte kollektivtraseer sees på som en trygg og god løsning (Frøyland et al., 2014).

Kollektivgate

Fysisk adskilte kjørebane har en positiv virkning på trafiksikkerhet. Det er derimot viktig å sikre gode krysningsfelt over bilkjørefeltene for å ivareta denne (Frøyland et al., 2014). Holdeplasser i midtstilt kollektivfelt vil øke trafiksikkerheten for bussreisende ved at kjørefeltene er fysisk adskilt (Sæther et al., 2017). Det er gjennomført flere undersøkelser på kollektivgater og antall ulykker, forklart i Trafiksikkerhetshåndboken. Det er stor usikkerhet i resultatene, og de viser at kollektivgater både øker og reduserer antall trafikkulykker (Høye, 2010b).

Krysningspunkter for fotgjengere

Studier viser at gangfelt fører til en lavere risiko for fotgjengerulykker sett ut ifra antall kryssinger. Derimot vil det totale antallet fotgjengerulykker øke, fordi det vil være flere fotgjengere som krysser vegen der det finnes gangfelt (Høye, 2019).

I COWIs evaluering av nestenulykker ved kantstopp og busslommer blir viktigheten av gangfeltets plassering presisert. Observasjoner fra ulike holdeplasser viser at mange fotgjengere villkrysser til tross for at det finnes gangfelt eller underganger for fotgjengere i nærheten. Ved for stor omveg vil fotgjengere velge å villkryse. Dette øker risikoen for ulykker. Det er derfor viktig å plassere gangfelt i forbindelse med målpunkt på andre siden av vegen slik at flest mulig benytter seg av dem. Ved å redusere villkryssing vil følgelig trafiksikkerheten øke ved holdeplass (COWI, 2014).

Vegutstyr

Midtdelere

Resultater fra studier der veger med og uten midtdeler sammenliknes presenteres i Trafiksikkerhetshåndboken. De viser at antall personskadeulykker reduseres med midtdeler, med størst effekt for de mest alvorlige ulykkene. At effekten er størst for de alvorligste ulykkene kan forklares ved at midtdeleren kan føre til en annen fordeling av ulykestyper og skadegrader. Det kan altså skje en reduksjon i alvorlige sidekollisjonsulykker, og en økning i alvorlige ulykker der kjøretøy har blitt påkjørt bakfra (Høye, 2014a). Ved gangfelt vil en midtdeler gjøre det tryggere for fotgjengere å krysse flerfeltsveger, ettersom kryssingsavstanden er lang og parallele kjørefelt kan gi vanskeligheter med sikt (Vegdirektoratet, 2017).

Tekniske løsninger

Elektronisk billettering

Elektronisk billettering påvirker ikke trafikksikkerheten nevneverdig, men øker sikkerheten til bussjåføren. Når det ikke er behov for kontanter i bussen vil det føre til færre tyveri og ran (Sæther et al., 2017).

3.6 Miljø

Metrobussprosjektet med tilhørende kantstopp er et viktig tiltak for å sikre Trondheim og tilhørende nabokommuner et miljøvennlig kollektivtilbud (Sollie et al., 2016). I dette kapittelet beskrives tiltak og forhold som i forbindelse med kantstopp påvirker miljøet. Det vil hovedsakelig være hastighetsreducerende tiltak og tiltak som reduserer trafikkmengden som reduserer miljøbelastningen fra trafikken. Tiltak med lite eller ingen innvirkning på miljøet vil ikke nevnes nedenfor, selv om de er beskrevet både under kapittelet om fremkommelighet og om trafiksikkerhet.

3.6.1 Effekter av tiltak på miljø

Nedenfor beskrives hvordan ulike tiltak vil påvirke klimagassutslipp eller andre negative miljøeffekter. Det er kun inkludert tiltak som kan benyttes i kombinasjon med kantstopp. Følgende tiltak inkluderes:

- Holdeplassforhold
 - Holdeplassutforming: Kantstopp
- Trafikkregulering
 - Fartsgrense
 - Fysisk fartsregulering
 - Kollektivfelt
 - Midtstilt kollektivfelt
 - Kollektivgate
 - Krysningpunkter for fotgjengere

Holdeplassforhold

Holdeplassutforming: Kantstopp

Kantstopp som fremkommelighetstiltak etableres i forbindelse med metrobussprosjektet (Miljøpakken, e). Metrobussprosjektet skal være et miljøvennlig kollektivtilbud som bidrar til å nå nullvekstmålet. God fremkommelighet for buss ved bruk av kantstopp skal være med på å gjøre bussen mer attraktiv, og dermed redusere bruk av personbil. Færre personbiler på vegene vil redusere utslippsmengden (Sollie et al., 2016).

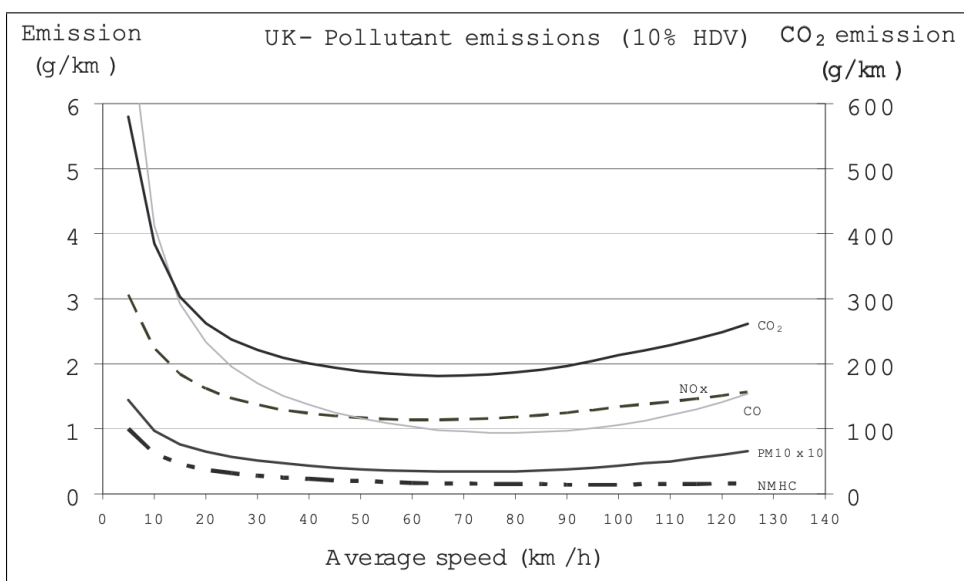
Derimot vil kantstopp føre til at annen trafikk blir ventende bak bussen på kantstopp (Sæther et al., 2017). Dette medfører lave hastigheter i trafikken bak, som gir økt utslipp av klimagasser (Elvik, 2012). I tillegg til lave hastigheter, vil også kantstopp medføre mye bremsing, akselerasjon, stopp og start for trafikken bak.

Pandian et al. vurderer effekten av start og stopp i sin rapport om kjøretøys utslipp i kryss. Luftkvaliteten er generelt dårlig i kryss på grunn av store variasjoner i kjøretøys fart ved ankomst og utkjøring. Hyppige stopp og start, samt rask bremsing og akselerasjon, avgir mer utslipp enn jevn kjøring og deretter stopp (Pandian et al., 2009).

Trafikkregulering

Fartsgrense

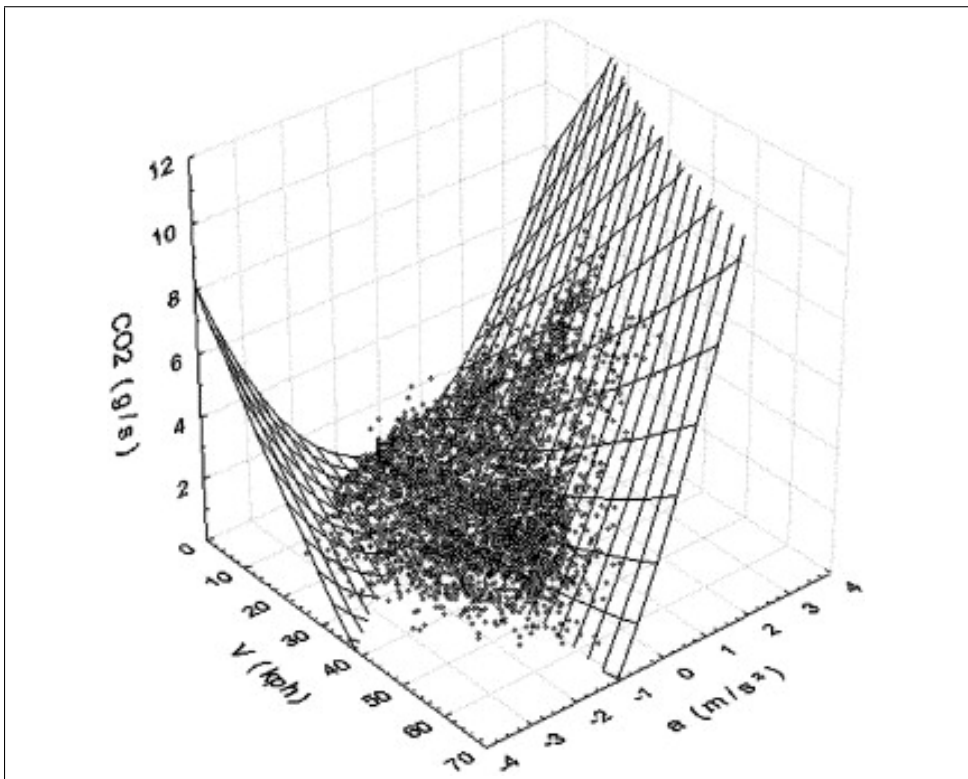
Phillips et al. sammenlikner studier om hvordan fartsgrenser påvirker utslipp. I figur 3.7 vises utslipp som en funksjon av gjennomsnittsfart. De fleste utslippskomponentene er lavest når hastigheten er rundt 70 km/t. Høyere hastigheter enn dette viser svake økninger i utslippene. Ved lavere hastigheter enn 70 km/t øker utslippene svakt ned til en hastighet på 30 km/t. Deretter øker utslippene betydelig, noe som vil være tilfellet ved trafikk i kø. Utslipp av CO₂ er direkte proporsjonalt med drivstofforbruket. En annen undersøkelse viser at økende fart fører til mer støy fra motorkjøretøy. Fartsgrenser som fartsreducerende tiltak vil kunne bidra til mindre støy og mindre utslipp (Elvik, 2012).



Figur 3.7: Utslipp som funksjon av gjennomsnittsfart (Elvik, 2012)

Det må bemerkes at gjennomsnittsfart nødvendigvis ikke vil gi helt riktige presentasjoner av utslippsfordeling. For samme gjennomsnittsfart kan man observere mange forskjellige hastigheter og akselerasjonsprofiler, noe som resulterer i forskjellige drivstofforbruk og utslippsnivåer. Panis et al. undersøker effekten av aktiv hastighetsstyring på utslipp fra trafikk. Ofte blir denne mikroskopiske effekten ignorert, da resulta-

tene fra makroskopiske modeller basert på gjennomsnittsfart gir fornuftige resultater. Mikroskopiske modeller kan estimere umiddelbare utslipp på sekundnivå, og vil dermed bedre kunne evaluere miljøpåvirkninger av transporttiltak i sanntid. Slike modeller er krevende å lage, og krever mye inndata. Utslippsfunksjoner på sekundnivå baserer seg på målinger fra virkelige trafikksituasjoner, og utledes ved bruk av flere regresjonsteknikker ut ifra hvert kjøretøys momentan hastighet og akselerasjon. Et eksempel på en utslippsfunksjon og sammenlikning med kjøretøyets målinger vises i figur 3.8 (Panis et al., 2006).



Figur 3.8: CO₂-utslipp som funksjon av fart og akselerasjon, kombinert med målinger fra en dieselbil (Panis et al., 2006)

Punktene viser målinger fra en dieselbil (Skoda Octavia) og overflaten viser utslippsfunksjonen. Aksene viser CO₂-utslipp (CO₂), fart (v) og akselerasjon (a). Akselerasjon under $-0,5 \text{ m/s}^2$ vil bety at kjøretøyet bremses. Figuren viser at CO₂-utslippene øker ved kraftig bremsing og akselerasjon, spesielt ved lav fart. Høye CO₂-utslipp ved lav fart er noe man også kunne se ut ifra figur 3.7, som bekrefter det Panis et al. sier om at modeller basert på gjennomsnittshastigheter også gir fornuftige resultater. Likevel er det viktig å vise hvilken effekt akselerasjon og bremsing har på utslippene, da nett-

opp hyppig akselerasjon og bremsing er en av konsekvensene av kantstopp for annen trafikk.

Fysisk fartsregulering

I Trafikksikkerhåndboken beskriver Høye fysiske fartsreguleringstiltaks effekter på miljø. Effekten på utslipp og støy avhenger av hvordan farten påvirkes. Tiltak som medfører et jevnere fartsnivå vil føre til en reduksjon i utslipp. Derimot vil tiltak som fører til et ujevnt fartsnivå eller svært lav fart øke drivstofforbruk og utslipp. Dette gjelder for eksempel humper. Høye sammenlikner flere studier om drivstofforbruk og utslipp, og konkluderer med at fysisk fartsregulering medfører at drivstofforbruk og utslipp øker. Det er hovedsakelig bremsing og akselerasjon før og etter humpene som har skylden for økningene (Høye, 2015). På samme måte vil også bremsing og akselerasjon i forbindelse med kantstopp medføre økt drivstofforbruk og utslipp.

Kollektivfelt

Kollektivfelt forbedrer fremkommeligheten for kollektive transportmidler, og vil bidra positivt til miljøet ved å gjøre det mer attraktivt å ta buss. Når færre velger bilen som transportmiddel, vil utslippene reduseres. Kollektivfeltet kan ofte benyttes av elbiler (Sæther et al., 2017), og dersom kollektivfeltet gjør det mer attraktivt å kjøre slike miljøvennlige biler vil dette gi positive miljøeffekter (Høye, 2010b).

Midtstilt kollektivfelt

På samme måte som kollektivfelt vil også midtstilt plassering bidra positivt til miljøet ved å gjøre bussens fremkommelighet bedre, slik at veksten i personbiltransport reduseres.

Kollektivgate

Kollektivgater vil også bidra til mindre personbiltrafikk fordi fremkommeligheten, og dermed attraktiviteten, til bussen økes.

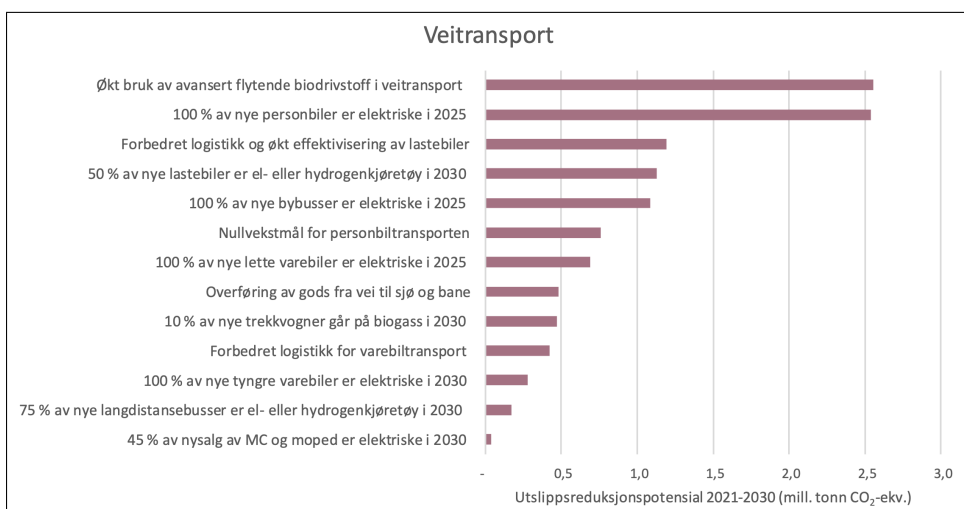
Krysningspunkter for fotgjengere

Gangfelt vil medføre mer stopp og start for kjøretøyene. Bremsing og akselerasjon på grunn av mer stopp og start medfører mer utslipp fra kjøretøyene.

3.6.2 Norges mål om reduksjon av klimagassutslipp

Gjennom Parisavtalen, som har som mål å begrense den globale temperaturstigningen, er Norge forpliktet til å foreta store kutt i klimagassutslipp inn mot 2030. Tiltak må forekomme i mange ulike sektorer, der tiltak i vegtransportsektoren utgjør en stor andel. For å redusere utslippene fra kjøretøy innebærer dette tiltak som gir redusert transportomfang eller redusert bruk av biodrivstoff. (Miljødirektoratet et al., 2020). Nullvekstmålet for personbiltransport er et godt tiltak for å redusere transportomfanget, og

dermed til dels et mål for å redusere klimagassutslipp i Norge. Regjeringen anslår at tiltak for å nå nullvekstmålet vil være gode bidrag for reduksjon av CO₂ (Samferdselsdepartementet, 2017). Figur 3.9 viser hvor mye CO₂-utslipp ulike tiltak i vegtransportsektoren har potensiale til å redusere. Nullvekstmålet har potensiale til en reduksjon på 0,76 millioner tonn CO₂-ekvivalenter i perioden 2021 til 2030. Nytteeffektene fra nullvekstmålet vil avhenge av hva personbiltransporten erstattes av, samt fordelingen mellom gange, sykkel og kollektivtransport, men nullveksten i personbiltransporten vil uavhengig av dette ha positive effekter for klima. Nullvekst i personbiltransport fører blant annet til mindre utbygging av infrastruktur til bil, økt fysisk aktivitet, mindre støy og bedre luftkvalitet (Miljødirektoratet et al., 2020).



Figur 3.9: Vegtiltaks potensiale til å bidra til reduksjon av CO₂-utslipp. Potensialet fra tiltak i forbindelse med nullvekstmålet sees som nummer seks i rekken (Miljødirektoratet et al., 2020)

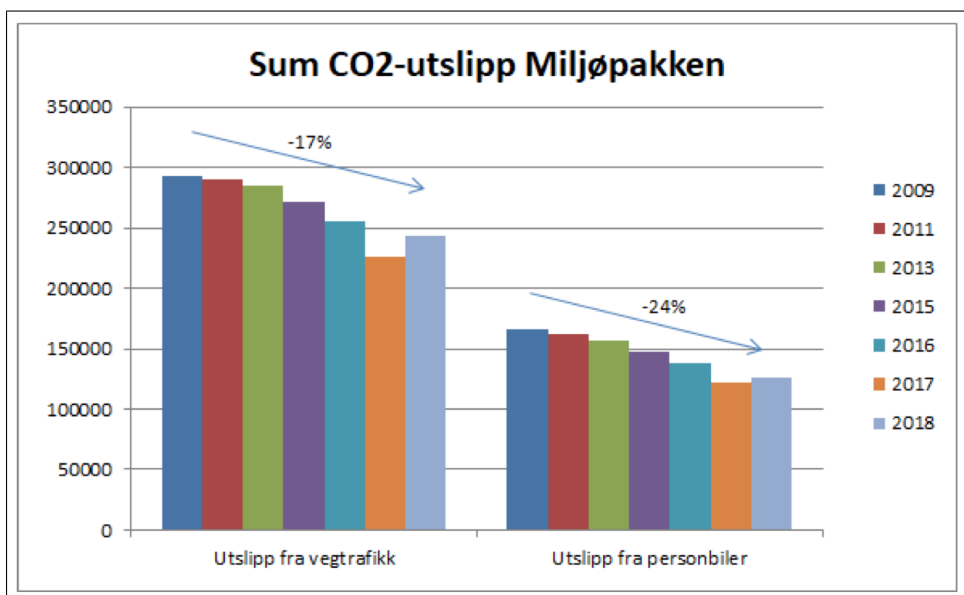
3.6.3 Miljøpakkens arbeid for å redusere klimagassutslipp og andre negative miljøeffekter

I Trondheim har Miljøpakken flere ulike målsettinger for å redusere negative miljøeffekter. Disse innebærer å redusere CO₂-utslipp, få flere miljøvennlige reiser, redusere transportbehovet, forbedre luftkvaliteten og redusere trafikkstøy (Miljøpakken, c).

7. mai 2020 ga Miljøpakkens sekretariat ved Henning Lervåg ut en evalueringsrapport for Miljøpakkens arbeid i 2019. Der benyttes siste tilgjengelige statistikk; noe fra 2018 og noe fra 2019 (Lervåg, 2020).

Figur 3.10 viser årlige CO₂-utslipp i Trondheimsområdet for de siste årene (med unntak av 2019). Man kan se at utslippene fra vegtrafikk og personbiler har sunket jevnt siden 2009, men fra 2017 til 2018 vises en økning i utslipp. Denne økningen skyldes derimot

ikke trafikkvekst, for i samme periode ble det registrert en reduksjon av personbiler i bomsnittene. Økningen skyldes derimot mindre innblanding av biodrivstoff gjennom det nasjonale omsetningspåbudet, som var spesielt høy i 2017. Det anslås derfor at Miljøpakkens tiltak for å oppnå nullvekst i personbiltrafikken har vært gode bidrag til å redusere CO₂-utslipp (Lervåg, 2020).



Figur 3.10: Reduksjon i CO₂-utslipp fra vegtrafikk og personbiler i Trondheimsområdet fra 2009 til 2018. Måles i CO₂-ekvivalenter (Lervåg, 2020).

Data fra kontinuerlige reisevaneundersøkelser og en byindeks for årsdøgntrafikk i utvalgte registreringspunkter viser trafikkutviklingen for personbiltransport i Trondheim de siste årene. Tallene fra 2019 er ikke klare ennå, men ut ifra registreringer fra bomstasjoner i tillegg til byindeksen for Trondheim kan utviklingen i trafikkmengde likevel beskrives. Bomstasjonene i Trondheim registrerte en økning i antall passeringer av personbiler på 2,1 % sammenliknet med tall fra 2018. Fra 2018 til 2019 anslås en trafikkvekst på mellom 1 og 2 %. En slik trafikkvekst strider mot nullvekstmålet, men avvik i enkeltår vil nødvendigvis ikke påvirke tendensen over flere år (Lervåg, 2020).

3.7 Oppsummering av litteraturstudie

Kantstopp og elementer tilknyttet kantstopps effekter på fremkommelighet, trafiksikkerhet og miljø beskrives kort i dette kapittelet.

3.7.1 Fremkommelighet

Kantstopp er et tiltak som generelt gir god fremkommelighet til bussen, men på bekostning av fremkommeligheten for øvrig trafikk. Ofte inngår andre busser i kategorien øvrig trafikk. Ytterligere effekter må ses i sammenheng med andre elementer i forbindelse med kantstoppet.

Tiltak som reduserer tidsbruken på holdeplassen vil medføre enda bedre fremkommelighet for kollektivtrafikken, og samtidig forhindre enda verre fremkommelighet for øvrig trafikk. Universelt utformede ventearealer med god belysning og som tillater enkel manøvrering inntil kantsteinen og rask av- og påstigning vil redusere oppholdstiden på holdeplass. Elektronisk billettering vil også medføre tidsbesparelser på holdeplassen. God holdeplasskapasitet og lang avstand mellom holdeplassene er også tiltak som vil sikre kortere reisetid for bussen, uten å gå på ytterligere bekostning av annen trafikk.

Andre tiltak som i sammenheng med kantstopp øker fremkommeligheten til kollektivtrafikken er trafikkreguleringstiltak og vegutstyr i form av midtdelere og rekkverk. Disse medfører derimot ytterligere forsinkelser for øvrig trafikk. Redusert fartsgrense og fysiske fartsreguleringer fører generelt til dårligere fremkommelighet for både kollektivtransport og øvrig trafikk. Krysningpunkter for fotgjengere vil også redusere fremkommeligheten for både kollektivtrafikk og andre kjøretøy. Derimot er disse tiltakene viktige tilknyttet kantstopp i trafiksikkerhetsperspektiv for fotgjengere. Tiltak som skiller kollektivtrafikk fra øvrig trafikk vil gi god fremkommelighet for kollektivtrafikken, men vil kunne medføre dårligere fremkommelighet for kjøretøy på de resterende kjørefeltene eller tvinge andre kjøretøy til å velge omveger. Midtdelere og rekkverk gjør at det ikke er mulig å krysse vegmidten. Dette påvirker ikke fremkommeligheten til trafikken i kjøreretningen i stor grad, men dersom busser stopper på kantstopp gjør midtdelere og rekkverk det umulig å passere. Dersom det oppstår situasjoner der det er nødvendig å passere et kjøretøy på kantstopp, vil slike fysiske sperrer gjøre det umulig.

Alle de nevnte tiltakene har effekter for fremkommeligheten til kollektivtransporten og øvrig trafikk. Dette kan være fordi at kantstopp i bunn og grunn er et fremkommelighetstiltak. Tiltak som gjøres med hensikt å forbedre trafiksikkerheten på kantstoppet vil samtidig påvirke fremkommeligheten, blant annet ved å redusere hastigheten, hindre forbikjøring eller forbedre belysning.

Det er gjort mange studier på effekter av fremkommelighet. Derimot var det vanskelig å finne studier på hvordan fremkommeligheten til øvrig trafikk ble påvirket av fremkommelighetstiltak for buss, og medførte at det måtte tas noen egne slutninger.

3.7.2 Trafikksikkerhet

Det er ikke funnet svar på om kantstopp fører til færre trafikkulykker enn busslommer. Ofte blir ikke trafikkulykker rapportert, noe som er en utfordring når det kommer til vurderingen av trafikksikkerhetseffekter. I tillegg blir ofte ikke holdeplasstype spesifisert i studiene. Å studere nestenulykker var dermed en god idé for å vurdere effekten av kantstopp som trafikksikkerhetstiltak. I COWIs studie var det flest nestenulykker tilknyttet forbikjøring av buss på kantstopp. For å unngå dette vil midtdelere og vegrekkverk være et godt tiltak.

Fotgjengere som villkrysser ved holdeplassen medfører en risiko for trafikkulykker. Trafikksikkerheten må derfor sikres ved strategisk plassering av krysningspunkt. I forbindelse med holdeplassen vil et godt utformet og belyst venteareal gjøre det tryggere for fotgjengere å oppholde seg der.

Det var vanskelig å finne gode studier om trafikksikkerhet tilknyttet kantstopp, men de rapportene som derimot ble funnet ble brukt i stor grad. Det ble ikke lagt stor vekt på å finne litteratur om trafikksikkerhet tilknyttet de andre elementene som virker sammen med kantstopp, så her ble ofte konklusjoner fra andre studier brukt.

3.7.3 Miljø

Mange av tiltakene har ingen direkte innvirkning på miljøet. De tiltakene som påvirker miljøet er de som medfører redusert trafikkmengde og fartstiltak. Ingen tiltak medfører redusert trafikkmengde alene, men kombinasjoner av tiltak for å øke fremkommeligheten for buss vil kunne redusere trafikkmengden ved å gjøre bussen mer attraktiv enn bil. Redusert trafikkmengde fører til færre utslipp. Fartsreducerende tiltak fører derimot til økte utslipp ved lave hastigheter. Kantstopp i seg selv medfører mer saktekjøring med mye stopp og start, og medfører økte utslipp av klimagasser.

Det er funnet lite litteratur om kantstopps påvirkning på miljø, med det ble funnet noe informasjon om utslipp i sammenheng med redusert trafikkmengde og redusert fart. Det hadde vært spennende å finne en artikkel der miljøgevinsten fra redusert trafikkmengde på grunn av kantstopp overgår de negative miljøeffektene fra mer saktekjøring, bremsing, stopping og akselerering, men det var det dessverre ikke mulig å finne.

4 TRAFIKKTEORI

Flere teoretiske modeller og sammenhenger kan benyttes for å beskrive de ulike trafikksituasjonene som oppstår når busser stopper på kantstopp. I dette kapittelet forklares tre typer modeller. Den første modelltypen er trafikkstrømteori, som består av teorier som beskriver sammenhengen mellom trafikkmengde, tetthet og hastighet på en vegstrekning. Deretter beskrives sjokkbølgeteori, der forplantningen av sjokkbølger i homogene trafikkstrømmer beskrives. Den siste modellen som blir presentert er køteori, som er samling matematiske teknikker en trenger for å predikere kølengder og forsinkelser.

4.1 Trafikkstrømteori

Trafikkstrømteorier brukes til å beskrive samhandling mellom kjøretøy og infrastruktur ved bruk av matematiske modeller. Teoriene dreier seg om beskrivelse av vegtrafikk, modeller relatert til volum og hastigheter, trafikkoppførsel i kryss, bilfølging, trafikkbølgeteori og køteori. Viktige variabler i trafikkteori er volum, hastighet, tetthet, reisetid, belegg, tidsavstand mellom kjøretøy og distanse mellom kjøretøy. Det er også viktig å ta hensyn til menneskelige faktorer, da ulik menneskelig oppførsel også påvirker kjøreoppførselen (Gartner et al., 1997).

Trafikkstrømberegninger baserer seg på tre karakteristikker: Trafikkmengde (q), fart (u) og tetthet (k). Videre er teorien bygget på informasjon hentet fra Adolf D. Mays bok «Traffic Flow Fundamentals» (May, 1990).

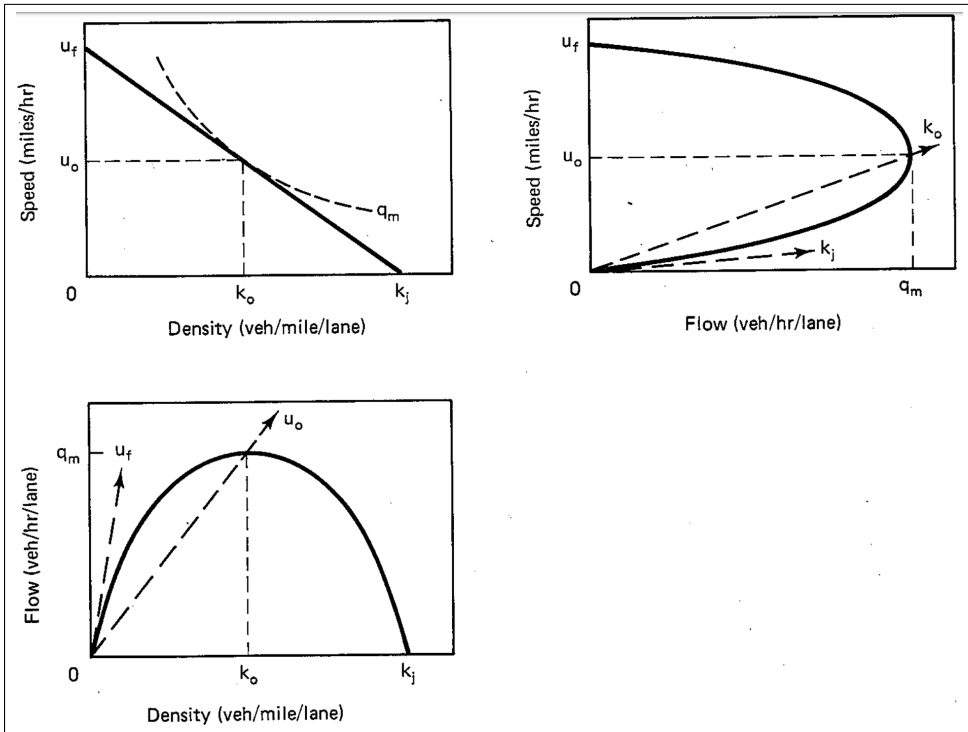
Trafikkmengde vil si antall kjøretøy som passerer et punkt eller en kort strekning i løpet av en tidsperiode og uttrykkes som timesrate per kjørefelt (kjt/t/felt). Strekningens eller punktets maksimale trafikkmengde (q_m) betegnes som kapasitet.

Fart er definert som den avstanden som tilbakelegges i løpet av en tidsperiode, og uttrykkes som distanse per time (km/t). I denne oppgaven benyttes kilometer i stedet for miles, som oppgis i boka. «Fri flyt»-fart (u_f) vil si farten som eksisterer under forhold der kjøretøyene har fri flyt. Optimal fart (u_o) er hastigheten som eksisterer under forhold med maksimal trafikkmengde.

Tetthet vil si antall kjøretøy som okkuperer en vegstrekning i et kjørefelt og uttrykkes som kjøretøy per avstand og per kjørefelt (kjt/km/felt). Maksimal tetthet (k_j) vil si tettheten som eksisterer når både trafikkmengden og farten nærmer seg 0, og kalles på engelsk «jam density». Optimal tetthet (k_o) eksisterer under forhold med maksimal tra-

fikkmengde.

Diagrammer som viser forenklede sammenhenger mellom tetthet, fart og trafikkmengde vises i figur 4.1.



Figur 4.1: Diagrammer som viser grunnleggende sammenhenger mellom tetthet, fart og trafikkmengde i trafikkstrømmer (May, 1990)

Trafikkstrømberegninger bygger på følgende sammenheng mellom tetthet, fart og trafikkmengde:

$$q = u \cdot k \quad (4.1.1)$$

Videre har May uttrykt denne sammenhengen ut ifra et lineær forhold mellom fart og tetthet:

$$u = u_f - \frac{u_f}{k_j} \cdot k \quad (4.1.2)$$

Ved svært lav tetthet vil trafikkmengden nærme seg null og fart nærme se farten ved fri flyt. Ved slike forhold vil sammenhengen mellom k_o og k_j være:

$$k_o = \frac{k_j}{2} \quad (4.1.3)$$

Videre kan sammenhengen mellom u_o og u_f uttrykkes:

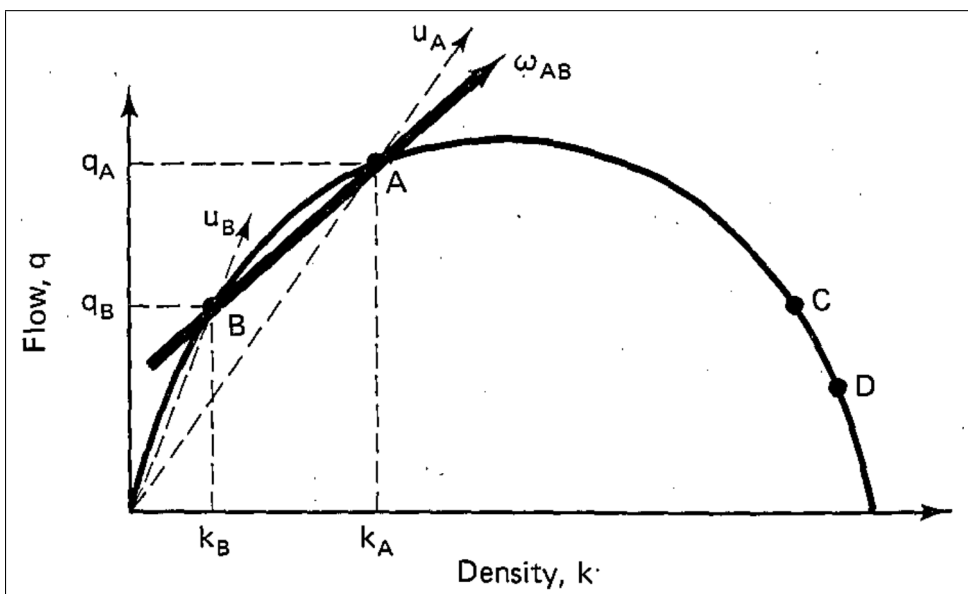
$$u_o = \frac{u_f}{2} \quad (4.1.4)$$

En lineær tilnærming av sammenhengen mellom fart og tetthet kalles Greenshields modell. Det finnes flere andre modeller som beskriver denne sammenhengen ut ifra andre tilnærminger, og modellene har ulike svakheter. Det beste ville vært å bruke flere modeller samtidig.

4.2 Sjokkbølgeteori

En sjokkbølge er en diskontinuitet av trafikkmengde eller tetthet som fører til at biler må skifte hastighet (Gartner et al., 1997). Når det skjer en endring i trafikkvolum eller tetthet, oppstår det en bølge som forplanter seg langs en rekke med kjøretøy som respons på endrede forhold forrest i rekken (May, 1990). Bølgen representerer forandringen i trafikkmengde og tetthet langs kjørebanelen. Når to trafikkstrømmer med ulik trafikkmengde og tetthet møtes, vil det genereres en sjokkbølge med endrede egenskaper. Sjokkbølgen kan bevege seg fremover eller bakover i forhold til vegen. Når hastigheten til sjokkbølgen er negativ, beveger den seg bakover i forhold til vegen. Vanligvis oppstår slike sjokkbølger når tettheten i trafikken er høyere foran enn bak på vegen, slik som det skjer når det dannes en kø. Når tettheten er høyere bak enn foran, skjer en diffusjon av strømning slik som det som skjer når køer løser seg opp og kjøretøyene én etter én kan øke hastigheten. Her beveger sjokkbølgen seg bakover langs med kjøretøyene som øker hastighet når de ankommer punktet med mindre tetthet (Gartner et al., 1997).

En sjokkbølge kan forklares ut ifra et trafikkmengde-tetthetsdiagram, som vist i figur 4.2. De to trafikkstrømmene som møtes betegnes som A og B. Trafikkmengde, tetthet og fart i trafikkstrøm A er notert som henholdsvis q_A , k_A og u_A . Trafikkstrøm B har trafikkmengde q_B , tetthet k_B og fart u_B . I trafikkstrøm B har kjøretøyene høyere fart enn i trafikkstrøm A, noe som gjør at disse kjøretøyene etter hvert vil ta igjen kjøretøyene i trafikkstrøm A. Når dette skjer dannes en sjokkbølge med en bestemt fart, ω_{AB} (May, 1990).



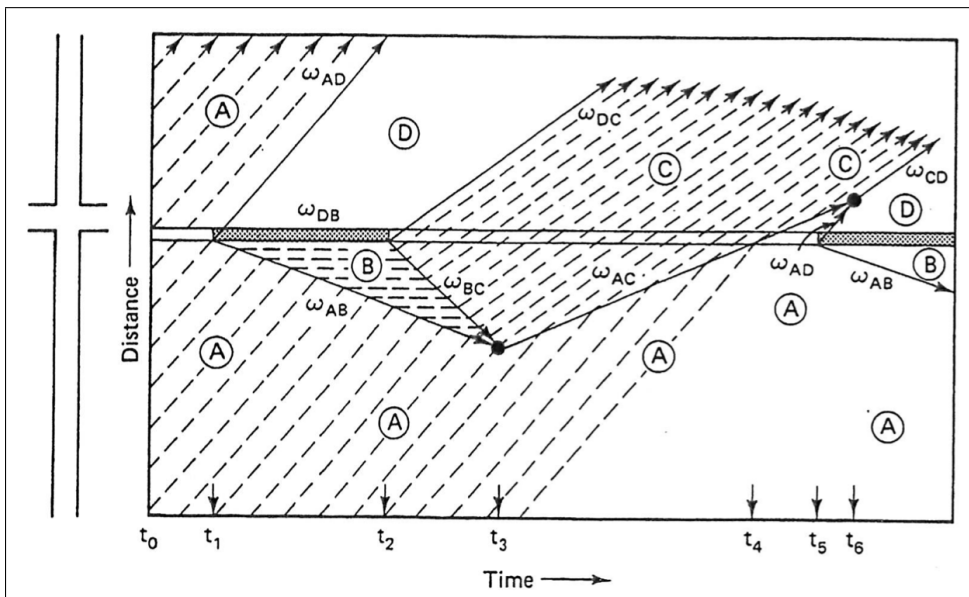
Figur 4.2: Sjøkkbølge forklart ut ifra et trafikkmengde-tetthetsdiagram (May, 1990).

Farten på sjøkkbølgen kan regnes ut ifra følgende sammenheng:

$$\omega_{AB} = \frac{q_A - q_B}{k_A - k_B} = \frac{\Delta q}{\Delta k} \quad (4.2.1)$$

4.2.1 Sjøkkbølger bak trafikklyset

Et tid-avstandsdiagram av sjøkkbølger ved trafikklyset vises i figur 4.3. På figuren viser det horisontale feltet i midten når det er grønt eller rødt lys, der markert felt betyr at trafikklyset viser rødt. De stiplede linjene viser kjøretøy, og hvor langt de har kjørt til ulike tider. Tilstand A viser trafikksituasjonen uten forstyrrelser, «free flow». Når trafikklyset skifter fra grønt til rødt ved tidspunkt t_1 , kommer kjøretøyene i tilstand B. Kjøretøyene får ikke kjørt videre og må stå i kø. På andre siden av trafikklyset finnes tilstand D, og der er det ingen kjøretøy. Når lyset blir grønt igjen ved tidspunkt t_2 , kan det første kjøretøyet kjøre videre, og deretter kan ett og ett kjøretøy følge etter. Kjøretøyene er nå i tilstand C. Når køen løser seg opp, vil kjøretøyene kjøre tettere, og dermed saktere, for å løse opp køen fortest mulig. Nye kjøretøy som ankommer området må stå i kø selv om lyset er grønt, fordi kjøretøyene i køen ikke har rukket å kjøre ennå. Køen strekker seg bakover til tidspunktet t_3 (May, 1990). Tidspunkt t_4 viser når alle kjøretøyene i køen har passert trafikklyset.



Figur 4.3: Sjokkbølge ved trafikkllys (May, 1990)

Sjokkbølgene i figuren vises med betegnelsen ω . De representerer forandringer i tilstander. For eksempel vil sjokkbølge ω_{AB} vise bakenden av køen, ω_{BC} vise fronten av køen og ω_{AC} vise når kjøretøy med fri fart møter enden av rekken av kjøretøy med lavere fart og høy tetthet.

4.2.2 Beregning ved bruk av sjokkbølgeteori

For å beregne på sjokkbølger må først de ulike trafikktilstandene identifiseres, for eksempel tilstand A, B og C (Aakre, 2019b):

- Tilstand A: Uforstyrret trafikk
- Tilstand B: Kø
- Tilstand C: Køen løser seg opp - maksimal tetthet

Tilstand A, B og C har ulike hastigheter, tettheter og trafikkmengder, henholdsvis u_A , k_A , q_A , u_B , k_B , q_B , u_C , k_C , q_C .

Tilstand A vil ha høyere fart og lavere tetthet enn tilstand B. Når kjøretøyene i tilstand A tar igjen kjøretøyene i tilstand B, dannes en sjokkbølge. Denne sjokkbølgen beskrives ut ifra følgende formel:

$$\omega_{AB} = \frac{q_A - q_B}{k_A - k_B} \quad (4.2.2)$$

Når kjøretøyene begynner å kjøre igjen etter å ha stått i kø, dannes en sjokkbølge som beskriver køens oppløsningshastighet.

$$\omega_{BC} = \frac{q_B - q_C}{k_B - k_C} \quad (4.2.3)$$

Det bakerste kjøretøyet som er involvert i køen flytter seg fremover med en hastighet lik sjokkbølge ω_{CA} .

$$\omega_{CA} = \frac{q_C - q_A}{k_C - k_A} \quad (4.2.4)$$

Ved bruk av sjokkbølgehastigheter kan man regne ut hvordan bakenden og fronten av køen beveger seg bakover. Posisjonene beskrives som funksjon av tiden siden køen startet ($t_{kø}$).

$$Front = u_B \cdot t_{kø} \quad (4.2.5)$$

$$Bakende = \omega_{AB} \cdot t_{kø} \quad (4.2.6)$$

Kø lengden finnes ved å sammenlikne bakenden og frontens posisjon.

$$Kø lengde = Bakende - Front \quad (4.2.7)$$

Antall kjøretøy i køen finner man ved:

$$Kø lengde(kjøretøy) = \frac{Kø lengde}{k_B} \quad (4.2.8)$$

Når det første kjøretøyet i køen kan kjøre videre uten hindring, vil fronten av køen begynne å flytte seg bakover. Frontens posisjon beskrives som funksjon av tiden siden køen begynte å løse seg opp (t_{opp}).

$$Front = \omega_{BC} \cdot t_{opp} \quad (4.2.9)$$

Når fronten og bakenden av køen har samme posisjon til samme tid etter oppløsningen startet, er køen løst opp.

Total tid med kø ($t_{tot.kø}$) vil være summen av tidene der køen begynner å løse seg opp og der køen er oppløst:

$$t_{tot.kø} = t_{kø} + t_{opp} \quad (4.2.10)$$

Total tid før alle kjøretøyene involvert i køen er forbi køens startpunkt finner man ved å regne ut tiden som det bakerste kjøretøyet bruker på å treffe startpunktet (t_{bak}).

$$t_{bak.} = \omega_{CA} \cdot Bakende \quad (4.2.11)$$

For å finne totalt antall kjøretøy som er involvert i køen må man først finne hele tidsperioden der alle kjøretøyene som ankommer involveres i køen. Da legger man sammen total tid med kø og tiden kjøretøyene i tilstand A bruker fra punktet der køen løser seg opp til startpunktet.

$$t_{tillegg} = \frac{Kølengde}{u_A} \quad (4.2.12)$$

$$t_{total} = t_{tot.kø} + t_{tillegg} \quad (4.2.13)$$

Deretter kan man finne totalt antall kjøretøy som er involvert i køen (N_{total}).

$$N_{total} = t_{total} \cdot q_A \quad (4.2.14)$$

Gjennomsnittlig forsinkelse kan man regne ut ved å finne forsinkelsene for forreste og bakerste kjøretøy.

$$Forsinkelse_{gj.snitt} = \frac{1}{2} \cdot (forsinkelse_{kjt.1} + forsinkelse_{kjt.N}) = \frac{1}{2} \cdot (t_{kø} + 0) \quad (4.2.15)$$

Ut ifra gjennomsnittlig forsinkelse kan man finne total forsinkelse for alle kjøretøy involvert i køen.

$$Forsinkelse_{total} = (forsinkelse_{gj.snitt} \cdot N_{total}) \quad (4.2.16)$$

4.3 Køteori

Køteori er en samling av matematiske teknikker for å analysere en strøm av objekter gjennom et nettverk. Nettverket kan inneholde flere områder der det er restriksjoner på hvor raskt og hyppig objektene kan passere. Dersom objektet ankommer et sted der det ikke umiddelbart kan passere, må det vente helt til det kan. Eksempler på slike objekter er alt som beveger seg mellom steder, slik som kjøretøy, mennesker, vann og penger. Restriksjonene kan være flaskehalsen i biltrafikken, betjeningsanlegg for mennesker, en ventil som regulerer vannvolum eller regler for transaksjoner av penger. Objektene er ikke identiske (Newell, 1982). Køteori benyttes i denne oppgaven til å beskrive hvordan kjøretøy venter i kø bak en restriksjon i trafikken. Blant annet vil trafikklys og vegkryss være en slik restriksjon (Aakre, 2019a).

I køteori kalles kjøretøyene for kunder, og kundene ankommer et betjeningssted til spesifikke tider. Betjeningsstedet krever litt tid for å betjene hver kunde, og kan kun betjene et visst antall kunder om gangen. Restriksjonene kan bestå av flere betjeningssteder samtidig, og det kan også ankomme kunder i flere strømmer. En kø dannes når kundene ankommer raskere enn betjeningsstedet bruker på å betjene dem (Newell, 1982).

4.3.1 Køsystemer

Et køsystem beskrives av (Aakre, 2019a):

- Ankomstfordeling
- Betjeningsfordeling
- Antall betjeningssteder
- Antall kunder det er plass til i en kø

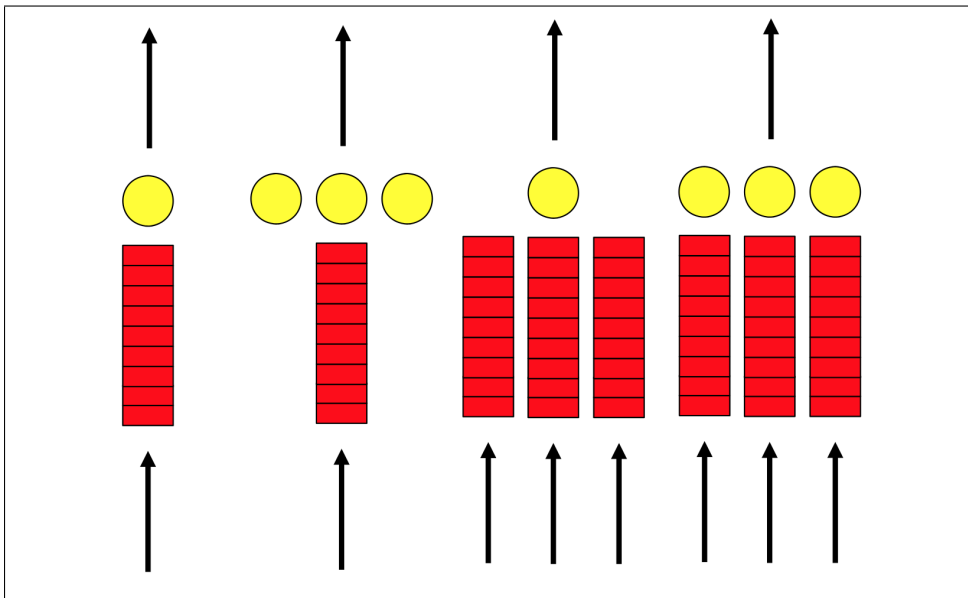
Ankomstfordeling er tid mellom ankomster til betjeningsstedet. Betjeningsfordeling er tid mellom betjening. Disse betegnes med samme typer notasjon. Fordelingene er som oftest tilfeldige, men de kan også være uniforme eller ha andre karakterer. Tilfeldig ankomstrate betegnes med en M (markovisk), og beskrives ved Poisson-fordeling for ankomstfordelingen og eksponentialfordeling for betjeningsfordelingen. Uniform ankomstrate betegnes med en G (General) (Aakre, 2019a; Zukerman, 2013). Ellers kan fordelingene være deterministiske (D), geometriske og uavhengige (GI) eller geometriske (Geom) (Zukerman, 2013).

Antall betjeningssteder er hvor mange parallelle betjeningssteder som finnes. Det vil betegnes med et tall.

Antall kunder det er plass til i en kø kan være ubegrenset eller begrenset. Vanligvis brukes null, et hvilket som helst tall eller uendelig for å beskrive antall plasser i køen. På en veg er det ofte ubegrenset med plasser, men for eksempel i kø til en ferje vil det være begrenset.

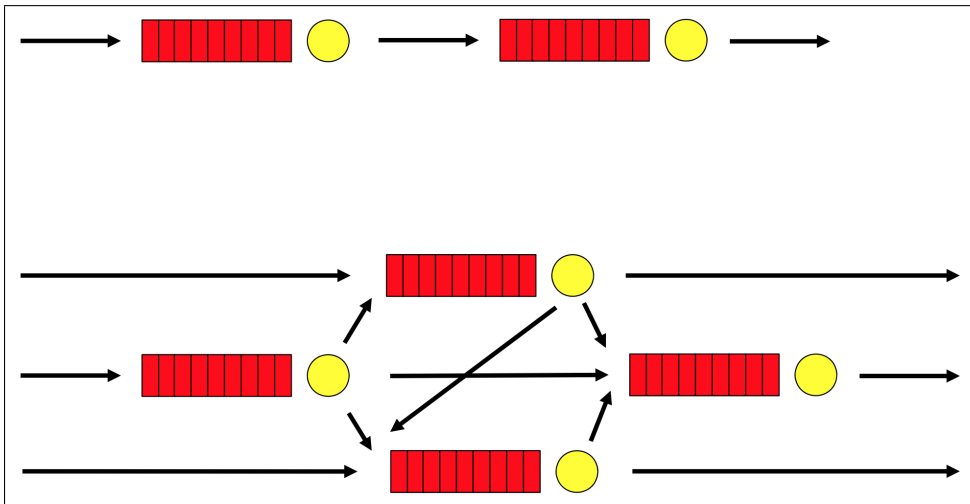
Dermed kan et køsystem betegnes som (ankomstfordeling, betjeningsfordeling, antall betjeningssteder, antall kunder i kø), for eksempel $(M, M, 1, \infty)$. Ofte antas ankomst- og betjeningsfordelingen å være tilfeldig, og man bruker derfor ofte kun antall betjeningssteder og antall plasser i køen til å beskrive køsystemet, for eksempel $(3, 8)$ (Aakre, 2019a).

Ulike typer køsystemer vises i figur 4.4. De runde feltene viser betjeningsstedene og firkantene viser kunder i kø. De to første systemene viser én kø bak ett og flere betjeningssted, og de to siste viser flere køer bak ett eller flere betjeningssted.



Figur 4.4: Eksempler på køsystemer (Aakre, 2019a)

Et køsystem kan også bestå av flere køer. De kan for eksempel være parallelle, i serie eller i nettverk. Eksempler på dette vises i figur 4.5. Det øverste systemet viser to køer i serie. Det nederste systemet viser et nettverk av køer, der noen er parallelle og noen i serie.



Figur 4.5: Nettverk av køer (Aakre, 2019a)

4.3.2 Beregning av stokastiske køsystemer ved bruk av køteori

Et markovisk køsystem er et stokastisk køsystem. Et slikt system har ingen hukommelse, som vil si at fremtiden kun avhenger av det som skjer nå.

Det gjøres en rekke forenklinger for å beskrive køsystemer ved bruk av formler (Aakre, 2019a).

Det antas at de tilfeldige ankomstene følger en Poisson-prosess med gjennomsnittsrate alfa (α). Dermed vil ankomstfordelingen følge en eksponentialfordeling på $1/\alpha$.

Betjeningstid antas å følge en eksponentialfordeling på $1/\beta$. Beta (β) vil dermed være det maksimale antall kunder som kan betjenes. Både alfa og beta betegnes med samme enhet; kjøretøy per tidsenhet.

Køsystemets utnyttelse rho (ρ), eller intensitet, er definert som ankomstrate delt på antall kunder som kan betjenes. $\rho = \alpha/\beta$. Når rho er større enn 1, er systemet mettet, og køen vil øke over tid (Aakre, 2019a). I stokastiske køsystemer er alltid utnyttelsen mellom 0 og 1, ($0 \leq \rho \leq 1$) (Zukerman, 2013).

Formler for et køsystem med ett betjeningssted

Disse formlene brukes for et (M/M/1/ ∞)-system. Formlene er hentet fra Aakres forelesning om køteori fra januar 2019.

Sannsynligheten for at alle betjeningsstedene er opptatt er:

$$P(\text{opptatt}) = \rho = \frac{\alpha}{\beta} \quad (4.3.1)$$

Sannsynligheten for ledige køsystem:

$$P(\text{ledig}) = 1 - \rho \quad (4.3.2)$$

Sannsynligheten for n kunder i systemet:

$$P(n) = (1 - \rho) \cdot \rho^n \quad (4.3.3)$$

Sannsynligheten for flere enn N kunder i systemet:

$$P(n > N) = \rho^{N+1} \quad (4.3.4)$$

Gjennomsnittlig antall kunder i systemet (i kø og som betjenes):

$$E(n) = \frac{\rho}{1 - \rho} = \frac{\alpha}{\beta - \alpha} \quad (4.3.5)$$

Gjennomsnittlig antall kunder som betjenes:

$$S(n) = \rho \quad (4.3.6)$$

Gjennomsnittlig antall kunder i kø:

$$L(n) = \frac{\rho^2}{1 - \rho} = E(n) - \rho = E(n) \cdot \rho \quad (4.3.7)$$

Gjennomsnittlig ventetid for alle kundene i systemet:

$$E(w) = \frac{\rho}{\beta - \alpha} \quad (4.3.8)$$

Gjennomsnittlig ventetid for de som venter:

$$E(w|w > 0) = \frac{E(w)}{\rho} = \frac{1}{\beta - \alpha} \quad (4.3.9)$$

Gjennomsnittlig tid i køsystemet:

$$E(\tau) = E(w) + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{\beta - \alpha} = E(w|w > 0) \quad (4.3.10)$$

Formler for systemer med flere betjeningssteder

Køsystemer med flere betjeningssteder beskrives av et annet sett med formler. Disse formlene brukes for et (M/M/N/∞)-system. N betegner antall parallelle betjeningssteder. Formlene er hentet fra Mays bok «Traffic Flow Fundamentals». Til tross for at dette er en nokså gammel bok, gås det ut ifra at formlene stemmer ettersom Mays formler for køsystemer med ett betjeningssted var like som Aakres formler (sist oppdatert i 2019).

Sannsynligheten for at alle betjeningsstedene er opptatt er:

$$P(\text{opptatt}) = \rho = \frac{\alpha}{\beta} \quad (4.3.11)$$

Utnyttelsesfaktor:

$$U_f = \frac{\rho}{N} \quad (4.3.12)$$

Sannsynligheten for ledige køsystem:

$$P(\text{ledig}) = P(0) = \frac{1}{\sum_{n=0}^{N-1} \left(\frac{\rho^n}{n!}\right) + \frac{\rho^N}{N![(1-\rho)/N]}} \quad (4.3.13)$$

Sannsynligheten for n kunder i systemet:

$$P(n) = \frac{P(0)}{n!} \text{ eller } \frac{\rho^n \cdot P(0)}{N^{n-N} \cdot N!} \quad (4.3.14)$$

Gjennomsnittlig antall kunder i kø:

$$L(n) = \frac{P(0) \cdot \rho^{N+1}}{N!N} \left(\frac{1}{[(1-\rho)/N]^2} \right) \quad (4.3.15)$$

Gjennomsnittlig antall kunder som betjenes:

$$S(n) = \rho \quad (4.3.16)$$

Gjennomsnittlig antall kunder i systemet (i kø og som betjenes):

$$E(n) = \rho + L(n) \quad (4.3.17)$$

Gjennomsnittlig tid i køsystemet:

$$E(\tau) = \frac{E(n)}{\rho \cdot \beta} \quad (4.3.18)$$

Gjennomsnittlig ventetid for alle kundene i systemet:

$$E(w) = E(\tau) - \frac{1}{\beta} \quad (4.3.19)$$

Gjennomsnittlig ventetid for de som venter:

$$E(w|w > 0) = \frac{E(w)}{\rho} \quad (4.3.20)$$

Svakheter ved stokastiske køsystemer

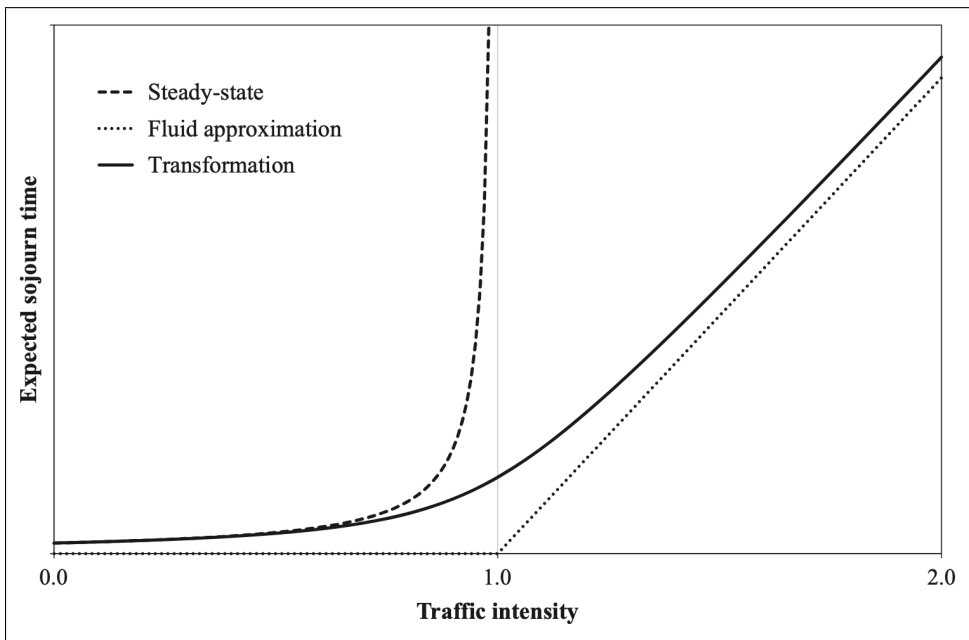
Formler for stokastiske køsystemer er bare gyldige for utnyttelser mellom 0 og 1 (Zukerman, 2013), altså når ankomstraten er mindre eller lik betjeningsraten. De er ikke avhengige av tid, og parameterne antas derfor å gjelde i ubegrenset tid. Ofte er ikke det realiteten. En kø vil ikke vokse i all evighet, men kunne løse seg opp etter hvert. Ved utnyttelser større enn 1 og variasjoner på grunn av tid kan man benytte andre metoder for å beregne køutvikling.

4.3.3 Tidsavhengige køsystemer

Tiden kan ha betydelig innvirkning på køsystemets ytelse. Mange typer køsystemer tar derfor hensyn til tidsavhengige endringer i parameterne. Tidsavhengige parameterendringer vil si at de er deterministiske (Schwarz et al., 2016).

For å beskrive overbelastningssituasjoner i køsystemet, kan det brukes modeller basert på både stokastiske og deterministiske køsystemer. En slik modell består av en transformasjon mellom disse, og konvergerer mot den stokastiske tilnærmingen ved synkende trafikkintensiteter (utnyttelse < 1) og mot den deterministiske tilnærmingen ved økende trafikkintensiteter (utnyttelse > 1) (Schwarz et al., 2016). Transformasjonen, samt en stokastisk og en deterministisk funksjon vises i figur 4.6.

Den stokastiske og den deterministiske tilnærmingen betegnes som henholdsvis «steady state» og «fluid approximation». Aksene viser trafikkintensitet og forventet oppholdstid, som vil si forsinkelse. Trafikkintensitet vil si utnyttelsen av systemet. Når systemet er mettet, vil den stokastiske tilnærmingen gå mot uendelig forsinkelse. Den deterministiske tilnærmingen vil øke mer gradvis, og dermed gi en riktigere representasjon av forsinkelsene som oppstår ved mettet system. Transformasjonen vil kunne gi den beste representasjonen av forsinkelser ved både mettede og umettede systemer.



Figur 4.6: Transformasjon mellom stokastisk og deterministisk tilnærming av køsystemer (Schwarz et al., 2016)

5 METODER

I dette kapittelet beskrives metodene som benyttes i masteroppgaven for å svare på forskningsspørsmålene. Egne observasjoner fra holdeplasser, modellering av forsinkelser i Excel og intervjuer skal benyttes for å vurdere fremkommelighet for buss, fremkommelighet for øvrig trafikk, trafiksikkerhetspåvirkning og miljøpåvirkning ved kantstopp.

5.1 Observasjoner fra holdeplass

Observasjoner fra metrobusser og ulike kantstopp ble brukt til å kartlegge ulike utforminger av kantstopp i metrobusstraseene, samt studere faktorer og forhold som kan avgjøre hvor effektiv og trafiksikker kantstoppene og bussens stopp på kantstoppene er. Forskningsspørsmålene spør blant annet om effekter av kantstopp for både bussen på holdeplass, annen trafikk og andre busser. Også omfanget av forsinkelser for øvrig trafikk og andre busser kan observeres ved holdeplasser. Det vil også observeres trafikkfarlige situasjoner dersom de oppstår.

Høsten 2019, i forbindelse med prosjektoppgaven, ble de tre metrobuslinjene tatt begge veier flere ganger og på utvalgte kantstopp ble det gjort observasjoner over lengre tid. Våren 2020 ble også andre utvalgte kantstopp observert. Disse ble valgt ut ifra innspill fra flere intervjuer. Det var planlagt å foreta ytterligere observasjoner av holdeplasser utover våren, men på grunn av myndighetenes anbefaling om å unngå kollektivtransport i forbindelse med koronaviruset ble disse ikke gjennomført. Å studere effektivitet og hendelser på holdeplasser ved unormale forhold ble ikke sett på som hensiktsmessig.

5.2 Modellering i Excel

Modellering av ulike typer kantstopp i Microsoft Excel hadde som hensikt å vurdere fremkommeligheten ved kantstopp for øvrig trafikk og andre busser.

5.2.1 Om modelleringen

Ved å bruke teori om trafikkstrømmer, køteori og sjokkbølgeteori kan man få informasjon om blant annet hvor raskt køer oppstår og løses opp, forsinkelser, antall kjøretøy som blir forsinket og sannsynligheten for å bli forsinket. Hvordan køer og forsinkelser oppstår når en buss stopper på kantstopp i kjørefeltet kan i tillegg vises grafisk.

Dette skulle modelleres ut ifra faktiske trafikkforhold, der inndata til modellen hentes ifra data fra holdeplasser i Trondheim. Denne innhenting ble ikke gjort da koronasi-

tuasjonen medførte at trafikksituasjonen og kollektivbruken i byen ikke var representativ for normale forhold. Ettersom disse dataene ikke lenger var mulig å anskaffe, vises effektene av ulike stoppetider, trafikkmengder og bussfrekvenser ved å endre på tilsvarende komponenter.

Det skal modelleres effekter av kantstopp uten muligheter for forbikjøring med én oppstillingsplass, og ved to kantstopp etter hverandre. Modelleringen skjer både ved bruk av sjokkbølgeteori og køteori, og anvendelse av de ulike fremstillingene beskrives ytterligere i kapitlene nedenfor.

5.2.2 Anvendelse av sjokkbølgeteori i modellen

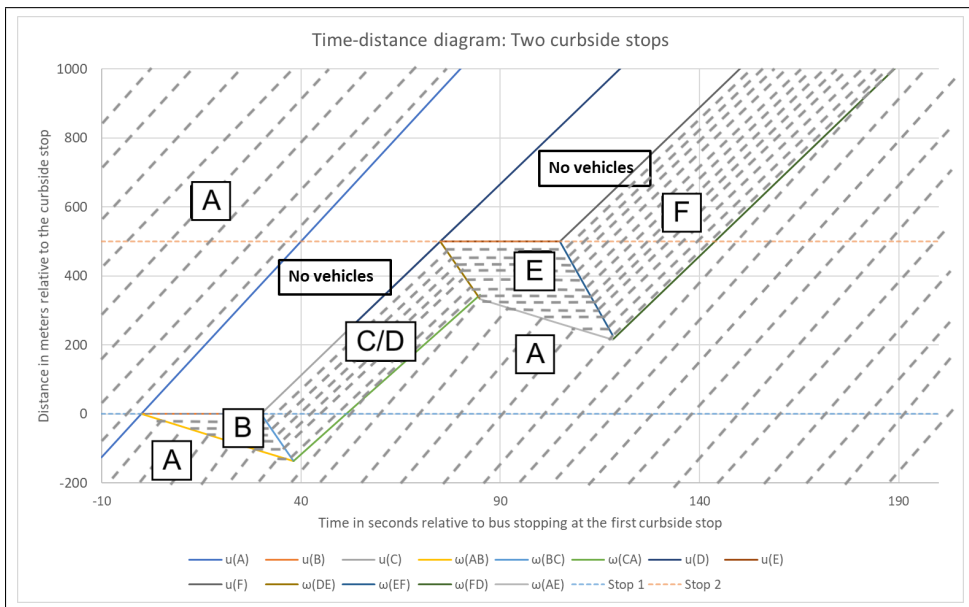
Køutvikling bak kantstopp kan beskrives ved bruk av sjokkbølgeteori. En buss som står på et kantstopp vil danne en sjokkbølge ved at biler i trafikken bak må stoppe. Sjokkbølgen følger køutviklingen bakover langs vegen. Når bussen begynner å kjøre igjen, begynner køen å oppløses forfra. Dette vises ved en ny sjokkbølge. Denne vil være raskere enn den som beskriver forrige. Når sjokkbølgen for kjøpløsning tar igjen sjokkbølgen for kødannelse, er køen oppløst.

Sjokkbølgeteori ved ett kantstopp

Sjokkbølger på kantstopp kan beskrives på samme måte som sjokkbølger ved trafikkløst, som vist i figur 4.3. Bussens stopp tilsvarer trafikkløst. Kjøretøyene ankommer køen som danner seg bak bussen fra en trafikktilstand uten forstyrrelser, såkalt «free flow». De må vente i kø så lenge bussen står på kantstoppet, og kan etter bussen har kjørt videre én etter én. Derimot vil ikke kjøretøyene kunne kjøre slik at de løser opp køen fortest mulig, slik som ved trafikkløst, men følge bussens fart.

Sjokkbølgeteori ved to kantstopp

Ved to kantstopp vil situasjonen ved det andre kantstoppet være litt annerledes. Når en buss kjører videre fra det første kantstoppet antas bussen å kjøre litt saktere enn det bilene ellers ville gjort. Da vil det ta lengre tid før køen løses opp, om den i det hele tatt rekker å gjøre det før bussen stopper på neste kantstopp. Sjokkbølger ved to kantstopp er forsøkt illustrert i figur 5.1.



Figur 5.1: Enkel illustrasjon av sjokkbølge ved flere kantstopp

Kantstopp 1 og 2 vises med stiplet lyseblå og oransje linje. Bokstavene viser de ulike trafikktilstandene. De heltrukne fargede linjene viser kjøretøyenes hastighet i de ulike trafikktilstandene, samt sjokkbølgens hastighet mellom de ulike trafikktilstandene. De stiplede grå linjene viser kjøretøyenes posisjon til ulike tider.

Trafikktilstandene og sjokkbølgene som oppstår på kantstopp 1 vil være de samme som ved ett kantstopp. Ved det andre kantstoppet vil det derimot bli litt annerledes.

Kjøretøyene som følger etter bussen fra kantstopp 1 er i tilstand C. Trafikken vil ha samme egenskaper når den ankommer kantstopp 2. Tilstand D er derfor lik tilstand C. Når bussen på nytt stopper på kantstopp, kommer kjøretøyene til tilstand E. Her må de vente i kø helt til bussen kjører videre. Her vil det i tillegg ankomme kjøretøy fra tilstand A. Køen ved kantstopp 2 vil altså først utvikle seg raskt på grunn av kjøretøyene som har fulgt bussen fra kantstopp 1. Deretter vil den utvikles litt saktere, ettersom bilene i tilstand A kjører med større avstand mellom seg. Når bussen kjører fra kantstoppet, antas det at den har samme fart som da den kjørte fra forrige kantstopp. Derimot antas det at bilene kjører litt tettere enn etter forrige kantstopp. Dette beskriver tilstand F.

I feltet markert «no vehicles» vil det ikke være noen kjøretøy. Dette vil gjøre innkjøring på vegen enklere, ettersom det dannes en lengre luke enn ved vanlig trafikk. Det er vanlig at trafikken kommer i puljer på grunn blant annet kantstopp eller trafikkllys, og at

det dermed dannes puljer. En pulje vil ikke representere trafikksituasjonen over lengre tid.

Beregning av sjokkbølger i modellen

For å beregne kølengder og forsinkelser ved bruk av sjokkbølgeteori brukes formlene i kapittel 4.2.2.

De ulike tilstandene ved ett kantstopp er som følger:

- A - Uforstyrret trafikk
- B - Buss på kantstopp
- C - Følger etter buss fra kantstopp

Hver trafikktilstand har ulike hastigheter, trafikkmengder og tettheter, beskrevet av sammenhengen fra kapittel 4.1: $q = u \cdot k$.

Sjokkbølgene vil være ω_{AB} , ω_{BA} og ω_{CA} , og kan regnes ut fra formel 4.2.2, 4.2.3 og 4.2.4.

Trafikksituasjonene ved to kantstopp er som følger:

- A - Uforstyrret trafikk
- B - Buss på kantstopp
- C - Følger etter buss fra kantstopp
- D - Følger etter buss til kantstopp
- E - Buss på kantstopp
- F - Følger etter buss fra kantstopp

Også her vil hver trafikktilstand har ulike hastigheter, trafikkmengder og tettheter, beskrevet av sammenhengen $q = u \cdot k$.

Sjokkbølgene ved to kantstopp vil være ω_{AB} , ω_{BA} og ω_{CA} for kantstopp 1, og ω_{DE} , ω_{EF} , ω_{DF} og ω_{AE} for kantstopp 2.

Ut ifra disse parameterne, samt tidene fra bussen stopper på og kjører fra kantstoppet, kan man regne ut kølengder ved ulike tidspunkter, tidspunkt og posisjon for der køen løser seg opp, total tid med kø, antall involverte kjøretøy og forsinkelser for både ett og to stopp, ut ifra formlene i kapittel 4.2.2.

5.2.3 Anvendelse av køteori i modell

Køteori kan benyttes for å beskrive effekter av kantstopp for annen trafikk. Køsystemet på kantstoppet vil ha en ankomstfordeling av kjøretøy bak bussen og en betjeningsfordeling ut ifra hvor mange busser som kan betjenes i løpet av en tidsperiode. Kantstoppet har ett eller flere betjeningssted for bussen og som oftest uendelig antall plasser i køen. Ved flere kantstopp etter hverandre vil det kunne oppstå flere køer i serie.

Stokastiske køsystemer: Ett betjeningssted

En kø bak et kantstopp vil kunne betegnes med en stokastisk tilnærming, som et $(1, \infty)$ -system. Det vil si at ankomstfordelingen og betjeningsfordelingen er tilfeldig.

Man kan dermed bruke formlene i kapittel 4.3.2 for å regne ut ønskede sannsynligheter, antall kjøretøy i kø og ventetid. I forbindelse med kantstopp vil det være interessant å se på sannsynligheten for å bli forsinket ved ulike ankomst- og betjeningsfordelinger, og ved hvilke ankomst- og betjeningsfordelinger sannsynligheten for forsinkelse er lik 1. Dette regnes ut ifra formel 4.3.1. Antall kjøretøy i køen og forsinkelser ved valgte ankomst- og betjeningsfordelinger kan regnes ut ved å bruke formel 4.3.7 og 4.3.9.

Når et stokastisk køsystem er mettet, betyr det at køen vil øke over tid. På et kantstopp vil bussene som stopper gjøre at systemet er mettet, og følgelig at køen vokser. Når dette vises i en graf, vil køen gå mot uendelig når utnyttelsen nærmer seg 1. Dette vil likevel ikke bety at køen og forsinkelsene er uendelig lange så fort systemet er mettet, men det betyr altså at køen vokser.

Med to kantstopp i serie vil ankomstfordelingen ved det andre kantstoppet være større enn ved det første på grunn av at kjøretøyene som har stått i kø bak bussen på det første kantstopp kjører tettere. Følgelig vil kølengden og forsinkelsene være større ved det andre enn det første kantstoppet.

Stokastiske køsystemer: Flere betjeningssteder

Formlene for systemer med flere betjeningssteder vil ikke kunne brukes for å beregne effekter av kantstopp slik som det ses på i denne oppgaven. De går ut ifra at betjeningsstedene er parallelle, og at køen fordeler seg etter ut ifra hvilke betjeningssteder som er ledige. Flere betjeningssteder på ett kantstopp vil være plassert bak hverandre, og ingen muligheter for forbikjøring vil gjøre at ledige betjeningssteder ikke alltid kan brukes. Dersom det står to busser på et kantstopp med to betjeningssteder, kan ikke buss nummer to kjøre før buss nummer en er ferdig. På samme måte kan ikke en ny buss stille seg på plass nummer en før bussen på plass nummer to er ferdig.

Ved gode forbikjøringsmuligheter mellom betjeningsstedene kan derimot disse formelene være anvendelige. Et annet eksempel på når formler for flere betjeningssteder kan brukes er en bussterminal eller et annet type knutepunkt med flere parallelle betjeningsspunkter.

Tidsavhengige køsystemer

Når systemet er mettet, kan man bruke tidsavhengige tilnæringer for å beskrive hvordan køen vokser. Dette er ikke blitt gjort i modelleringen i forbindelse med denne oppgaven. Det antas at en stokastisk tilnærming vil være tilstrekkelig for å beskrive hvordan ulike trafikkmengder og stoppetider påvirker forsinkelser og køutvikling. Ettersom det ikke er samlet inn trafikkdata ses det på som tilstrekkelig å kun se tendensen av effektene av buss på kantstopp ut ifra en stokastisk beskrivelse av køsystemet. Med data fra reell trafikk kan man ved bruk av tidsavhengige tilnæringer sammenlikne utregnede kølengder og forsinkelser med verdier fra faktiske forhold.

5.3 Intervjuer

Forskningsspørsmålene innebærer spørsmål om effekter av kantstopp for både bussen på holdeplass, annen trafikk og andre busser. Ved å intervju kollektivplanleggere, bussoperatører, en trafikksikkerhetsaktør og flere utrykningsetater vil man kunne få svar på disse spørsmålene fra flere synsvikler, i tillegg til bakgrunn og vurderinger for hvorfor de ulike løsningene er valgt. Disse personene vil også kunne formidle sine vurderinger av trafikksikkerhet på kantstopp.

5.4 Svakheter ved metodene

De fleste observasjonene er gjennomført høsten 2019 i forbindelse med prosjektoppgaven. Det var ønskelig å gjennomføre flere observasjoner utover våren 2020, men på grunn av koronaviruset vil ikke observasjonene være representative for en normal trafikksituasjon. Derfor ble ikke disse gjennomført. Med kunnskap fra litteraturstudiet, intervjuer og modellering ville det vært flere detaljer å legge merke til ved observasjoner fra holdeplasser.

Det var ønskelig å bruke data fra kantstopp i Trondheim for å estimere forsinkelser i Excel-modellen. På grunn av unormal trafikksituasjon tilknyttet koronaviruset ville ikke slike dataer hatt noe effekt. Derfor benyttes «eksempeltall» i modellene, noe som ses på som en svakhet. Da vil ikke resultatene kunne si noe om effektene for kantstoppene i Trondheim, men de vil likevel si noe om den generelle tendensen.

I Excel-modellen er det kun sett på ett kantstopp eller to kantstopp på rad uten muligheter til å kjøre forbi. Det er ikke tatt hensyn til at det er forskjellig hvor nært folk parkerer i kø, at busser tar hverandre igjen og ankommer med ulikt tidsintervall. Det hadde også vært interessant å se på hvordan kantstoppet med flere plasser organiseres ved flere enn én buss og hvordan kantstopp i kollektivfelt påvirker oppførselen til de andre bilene i kollektivfeltet.

For å vurdere effekten av kantstopp som tiltak burde man optimalt sett vurdert kantstoppet både før og etter det ble endret fra busslomme.

Noen av intervjuene ble gjennomført hjemmefra ved bruk av samtale tjenester på PC. I perioder kunne det være mye dårlig og skurrete lyd, noe som kan medføre at ikke alle detaljer som ble sagt ble oppfattet. Det gikk derimot ikke mye utover resultatene, da det aller meste ble hørt og forstått. Flere av intervjuene ble gjennomført på mail, og det kan derfor hende at det ikke alle relevante aspekter er formidlet. Ved en samtale er det erfart at det ofte dukker opp ytterligere detaljer, som ikke vil ha dukket opp i en mailtråd.

Ingen av metodene gir en god vurdering av kantstopps effekter på miljøet. Det var opprinnelig planlagt at modellering i trafikksimuleringsprogrammet Aimsun skulle estimere drivstofforbruket, og dermed CO₂-utslipp i køene som oppsto bak busser på kantstopp. Dessverre var det ikke tid til å få til slik modellering, og den ble dermed fjernet fra metodene. Denne metoden ville likevel ikke gitt en god vurdering av miljøeffektene på grunn av kantstopp. Det er ikke funnet data som sier noe om hvordan trafikkmengdene på de ulike vegstrekningene har endret seg siden holdeplassene ble gjort om fra busslommer til kantstopp. For å vurdere miljøeffektene av kantstopp måtte gevinsten fra reduksjon i trafikkmengde sammenliknes med økte CO₂-utslipp fra den gjenværendetrafikken, og det hadde ikke vært mulig å få til. Det må i tillegg medregnes at trafikkreduksjonen som eventuelt skjer kommer av at noen velger å kjøre alternative ruter. Dermed vil fortsatt disse gi CO₂-utslipp, bare på et annet sted.

6 DATAINNSAMLING

I dette kapitlet beskrives hvordan den praktiske datainnsamlingen til bruk i de ulike metodene foregikk.

6.1 Egne observasjoner

På ulike holdeplasser for metrobussen er det blitt observert hva som skjer når metrobussen kommer til, stopper ved og kjører fra holdeplassen. Det er gjort grundige observasjoner på kantstopp på Berg Studentby, Gløshaugen, i Elgeseter gate og i Olav Tryggvasons gate, samt kortere observasjoner andre steder. I tillegg har det vært gjort observasjoner ved å ta alle de tre metrobussene i begge retninger, samt ved å være passasjer i andre busser.

Observasjonene er gjort på forskjellige tider av døgnet, og ved forskjellige tider på året. Det syntes ikke å være nødvendig med observasjoner til faste tidspunkter, da observasjonene ikke skal brukes til annet enn å beskrive ulike komponenter i sammenheng med tidsbruk på holdeplass, og legge merke til trafiksikkerhetsaspekter, køutvikling og ulike kantstopputforminger. Da er det greit å kunne se effekter av kantstopp både ved liten og større trafikkmengder, samt ved få og mange bussreisende. Likevel ble de fleste observasjonene utført i ettermiddagsrushtiden, da det var flere elementer å observere ved stor trafikkmengde og mange bussreisende.

6.1.1 Observasjoner fra holdeplass

Fra holdeplasser er det observert detaljer fra bussers stopp på kantstopp, i tillegg til påvirkning på annen trafikk.

Observasjoner fra bussens stopp på kantstopp deles inn i tre deler; Bussens ankomst til kantstoppet, bussens opphold på kantstoppet og bussens avgang fra kantstoppet. I disse delene beskrives elementer, samt observasjoner av trafikken bak bussen, tilknyttet bussen som stopper.

Deretter beskrives observasjoner for påvirkning på annen trafikk i en egen del.

Bussens ankomst til kantstopp

Bussene som ankommer kantstoppet har en ulik mengde av kjøretøy bak seg. Køene består også av ulike typer kjøretøy, deriblant andre busser. Bussene kan også ankomme holdeplassen etter å ha stått i kø bak andre kjøretøy. Holdeplassene har kapasitet til å betjene et bestemt antall busser på en gang, og dersom holdeplassen er full må bussen vente. Når bussen skal stoppe på holdeplassen bruker den tid på å redusere

farten og manøvrere seg helt inntil kantsteinen før den står stille. Denne tiden varierer avhengig av farten bussen hadde før nedbremsing. Sammenliknet med busslomme vil tiden fra nedbremsing til stopp på holdeplassen være kortere ved kantstopp, da det er vanskeligere å manøvrere seg inntil kantsteinen inni en busslomme enn langs veien.

Opphold på kantstopp

Etter at bussen har stanset på holdeplassen tar det noen sekunder før dørene åpnes. Passasjerene har kjøpt billetter på forhånd, så sjåføren bruker ikke tid på billettering i bussen. Sjåføren eller passasjerene må trykke på knapper for å få åpnet dørene, avhengig av hvilken type buss som stopper. Metrobussen, for eksempel, har flere dører, og optimalt sett burde passasjerene fordelt seg likt ved dørene slik at mest mulig effektiv på- og avstigning skjer. Det skjer derimot ikke en slik jevn fordeling, hverken ved på- eller avstigning. Passasjerer skal både gå både av og på, og ofte oppstår det køer ved noen dører selv om andre dører står ledige. Det oppstår også små konflikter idet noen personer prøver å gå inn døra idet en person går ut. Det er heller ikke en uniform type passasjerer som skal av og på bussen. Folk bruker kort og lang tid på å komme seg inn og ut døra, har ulike behov for assistanse, bruker rullestol eller har med sykkel eller barnevogn. Busser med lavgulv gjør av- og påstigning enklere for flere. Det hender også at folk som skal på bussen kommer løpende og som lar bussen vente noen sekunder til. Det stopper også fly- og regionbusser på kantstoppene. I tillegg til de andre tidskomponentene, vil disse bussene også medføre ekstra tidsbruk på grunn av manuell billettering, legging av bagasje under bussen og å bruke trapp når man går inn i bussen. Når alle passasjerene som skal ombord i bussen er kommet ombord, kan dørene lukkes. Dette tar også noen sekunder. Før bussen kan kjøre videre fra holdeplassen vil bussjåføren klargjøre at alt er greit, både på holdeplassen og i bussen. Ofte venter bussen med å kjøre til alle har satt seg. Samtidig som bussen står stille på holdeplass, kommer det flere kjøretøy bakfra som blir ventende i køen.

Bussens avgang fra kantstopp

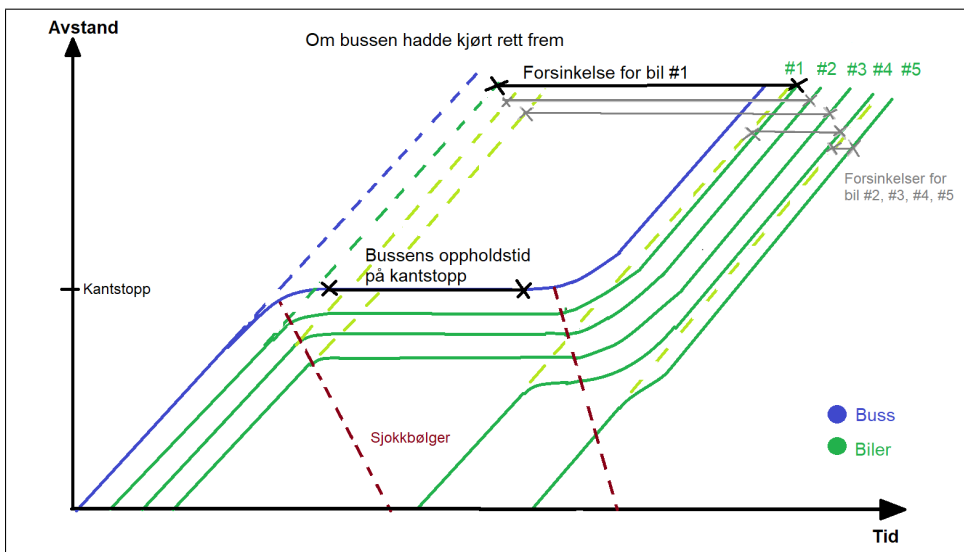
Deretter kan bussen kjøre videre fra holdeplassen. Ved kantstopp trenger ikke bussen å svinge inn på en trafikkert veg, men kan kjøre rett frem for å fortsette ruten sin. Bussen bruker også tid på å komme opp i riktig hastighet, og lengre tid jo høyere fart den skal oppnå. Kjøretøyene som har ventet bak bussen kan deretter begynne å kjøre. Det første kjøretøyet kan kjøre først, men må vente til bussen har kommet et lite stykke avgårde før det kan begynne å kjøre. Deretter kan de neste kjøretøyene i køen følge etter, men alle kjøretøyene må vente noen sekunder etter forrige kjøretøy har kjørt før de kan begynne å kjøre. Ettersom ventingen fortsetter etter bussen har kjørt, vil køen begynne å bevege seg bakover. Dette kan forklares ved sjokkbølge-teori, der endrede forhold i begynnelsen av en rekke biler gjør at en sjokkbølge forplanter seg bakover i rekken. Når en buss stopper på holdeplass oppstår det sjokkbølger både når bussen

står stille og når den begynner å kjøre igjen.

Påvirkning på annen trafikk

Bussene ankommer kantstoppet under varierte trafikkforhold. Det er observert at busser kjører alene på vegen og ikke påvirker annen trafikk i det hele tatt, og at de kjører i kø med både biler og andre busser både foran og bak seg. Køen kan bestå av blant annet personbiler, næringstransport og utrykningskjøretøy. Noen av disse er mer følsomme for forsinkelser enn andre.

Hvordan andre kjøretøy påvirkes av at buss stopper på kantstopp er forsøkt illustrert i et tid-avstandsdiagram i figur 6.1. Bussens bevegelse vises i blått og bilenes bevegelse vises i grønt. De heltrukne linjene viser bussens og bilenes bevegelse når bussen stopper på kantstopp. Blå og grønne stiplede linjer viser trafikken bevegelse dersom alle kunne kjørt rett frem. Røde stiplede linjer viser hvordan køen beveger seg bakover og løses opp forfra, såkalte sjokkbølger, og viser dermed også hvilke kjøretøy som involveres i køen. Disse linjene vil møtes i et punkt, der køen er løst opp.



Figur 6.1: Tegning av forsinkelser for kjøretøy bak buss på kantstopp

Man kan se at bussen i figuren har tre biler bak seg når den ankommer kantstoppet. Når bussen slipper av og på passasjerer på kantstoppet blir disse bilene ventende bak. Deretter kan de kjøre videre bak bussen. Deres forsinkelse vil bestå av tiden bussen bruker på opphold på holdeplass, i tillegg til tidstapet som oppstår ved nedbremsing til og akselerasjon fra kantstoppet. Innenfor perioden bussen ankommer, står på og forlater holdeplassen er det en rekke aktiviteter som skal gjennomføres. Disse aktivi-

tetene trenger tid, og hver enkelt vil være med på å påvirke forsinkelsene som oppstår bak bussen.

Forsinkelsen for bil nummer 1 er tydelig markert med svart øverst i figuren, og viser tidsforskjellen fra det tidspunktet bil nummer 1 ville ankommet et punkt om den hadde kjørt rett frem til det tidspunktet det ankommer punktet etter å ha stoppet på kantstopp. De andre bilenes forsinkelser vises i grått. Bil nummer 2 og 3 vil få omtrent like stor forsinkelse som bil nummer 1, men tid tilknyttet de foregående bilenes bremsing og akselerasjon vil i tillegg påvirke disse forsinkelsene. Slikt vil kunne variere ut ifra andre faktorer, slik som reaksjonstid, kjørestil, biltype og kjøreforhold.

Bil nummer 4 ankommer kantstoppet litt senere, men blir fanget opp av køen bestående av bil nummer 1, 2 og 3. Når bil nummer 4 ankommer er bussen iferd med å kjøre videre fra kantstoppet. Likevel blir bil nummer 4 stående en liten stund, for den må vente på at bil nummer 1, 2 og 3 kjører videre etter tur. Deretter kan bil nummer 4 følge etter de andre bilene bak bussen. Forsinkelsen for bil nummer 4 blir en god del mindre enn forsinkelsene for bil nummer 1, 2 og 3.

Bil nummer 5 innhenter køen uten å måtte stoppe. Forsinkelsen her består av tidstapet bilen får ved å justere farten og legge seg bak bil nummer 4, i tillegg til eventuelle endringer i fart bilen får ved å måtte kjøre bak en buss og fire biler.

De stiplede linjene som viser hvordan bilene ville kjørt rett frem bak bussen, kan også representere omtrentlig hvordan bilene ville kjørt dersom bussen stoppet i en busslomme. Da ville bussen kjørt av vegen, og forsinkelsene til de tre første bilene ville være svært små, kun bestående av tidstapet tilknyttet bussens nedbremsing før innkjøring til busslomme og de andre bilenes tilpasning til dette. Deretter måtte bil nummer 4 og 5 fulgt med på når bussen tenker å kjøre ut fra busslommen, da de vil måtte vente for å slippe den frem ved et slikt tilfelle. Forsinkelser tilknyttet busslommer vil være ubetydelige i forhold til forsinkelser fra kantstopp.

Trafikken bak består nødvendigvis ikke kun av personbiler, men også andre busser. Dersom en buss for eksempel kjører mellom bil nummer 3 og bil nummer 4, vil den måtte vente i kø mens buss nummer 1 er på kantstoppet og helt til både denne bussen og de tre bilene foran har kjørt før den kan stoppe på kantstoppet for å slippe på og av passasjerer. Når buss nummer 2 står på holdeplassen vil bil nummer 4 og 5 bli ventende bak.

Bussenes opphold på kantstoppet medfører forsinkelser både for biler og andre busser i trafikken bak. Mange busser som skal stoppe på kantstoppet over en kort tidsperiode

vil gjøre forsinkelsene for trafikken bak enda større. Mange biler i trafikken vil ikke ha like stor påvirkning på trafikken bak, ettersom bilene ikke stopper på samme måte som bussene gjør på holdeplass. Bilene følger trafikken fremover, og stopper dersom kjøretøyet foran stopper.

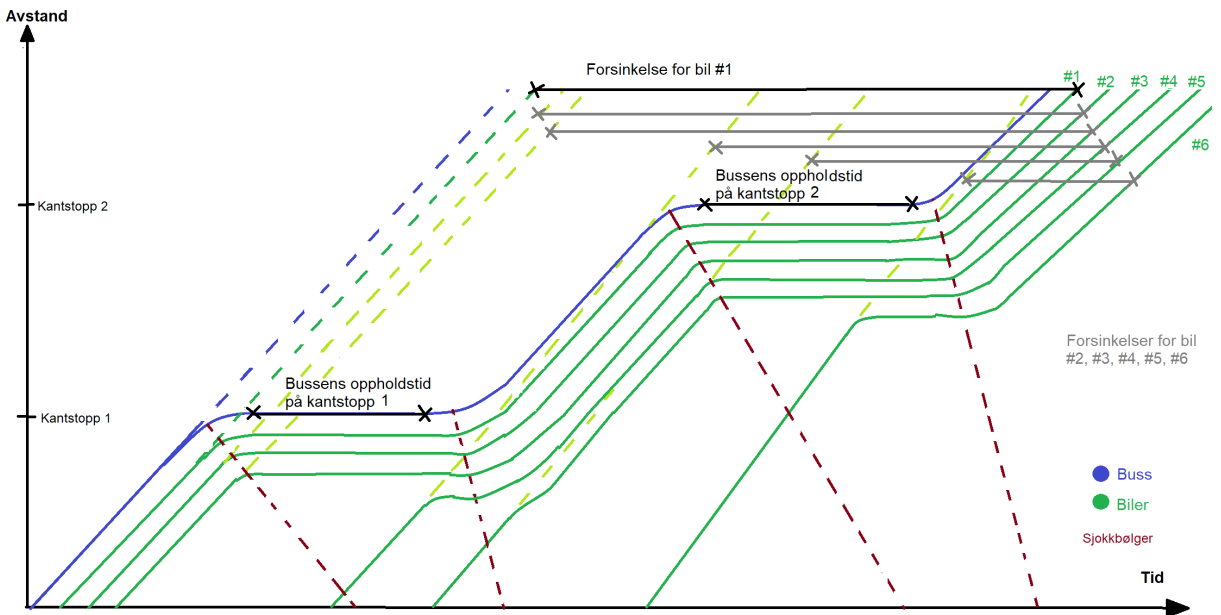
Likevel medfører også mange biler en viss forsinkelse for trafikken bak. Dersom kantstopp har flere oppstillingsplasser etter hverandre vil flere busser kunne stoppe for av- og påstigning av passasjerer samtidig. Ved mye trafikk havner det ofte flere biler mellom bussene. Når biler fyller opp bussenes oppstillingsplasser på kantstoppet vil trafikken bak få ekstra forsinkelser fordi bussen bak først må vente på å ankomme holdeplassen, og deretter bruke tid på holdeplassen når den får kommet frem. I tillegg vil mye trafikk medføre forsinkelser tilknyttet nedbremsing og akselerasjon, for eksempel fordi hvert kjøretøy vil vente til kjøretøyet foran har kommet et stykke unna før den starter å akselerere selv.

Flere kantstopp etter hverandre vil forsterke effekten for trafikken bak, da ytterligere forsinkelser oppstår. Figur 6.2 viser en illustrasjon på dette i et tid-avstandsdiagram. Bussens bevegelse vises i blått og bilenes bevegelse vises i grønt. De heltrukne linjene viser bussens og bilenes bevegelse når bussen stopper på kantstoppene. Blå og grønne stiplede linjer viser trafikken bevegelse dersom alle kunne kjørt rett frem, og vil dermed også kunne presentere bilenes bevegelse når busser kjører av vegen til en busslomme. Røde stiplede linjer viser hvordan køene beveger seg bakover og løses opp forfra.

Det første kantstoppet, bussen og de fem første bilene er lik som i figur 6.1. Etter bussens opphold på kantstopp 1 følger disse fem bilene i køen bak frem til kantstopp 2. Her må de igjen vente mens bussen har opphold på kantstopp 2, og forsinkelsen vil bestå av bussens opphold på kantstoppet, samt tidstap i forbindelse med bremsing, akselerering og køkjøring.

Bil nummer 6 kan kjøre forbi kantstopp 1 uten å stoppe eller endre farten, men vil ta igjen køen når den står stille bak bussen på kantstopp 2. Jo flere kantstopp etter hverandre, jo flere kjøretøy blir inkludert i køen. Dette vil etter hvert medføre store forsinkelser. Dersom det i tillegg er flere busser iblant bilene i rekken av kjøretøy, vil effekten for annen trafikk være betydelig.

Dette kan man også se ut ifra de inntegnede sjokkbølgene. Køen vil vokse raskere ved det andre enn det første kantstoppet, illustrert med en brattere linje. Effekten vil bli ytterligere forsterket ved flere og flere kantstopp, da flere og flere involveres i køen.



Figur 6.2: Tegning av forsinkelser for kjøretøy bak buss på flere kantstopp

Andre forhold

Om kantstoppet befinner seg i kjørefelt for blandet trafikk eller i kollektivfelt vil påvirke hvilke kjøretøy som blir involvert i køen bak bussen på kantstopp. I kollektivfelt vil kun busser, og eventuelle andre kjøretøy som kan kjøre i dette feltet, påvirkes. Annen trafikk kjører nærmest upåvirket forbi i eget kjørefelt. Ofte kan også busser som ikke skal stoppe på kantstoppet passere i kjørefeltet for annen trafikk ved siden av.

Muligheter for forbikjøring vil være avgjørende for hvor mye annen trafikk påvirkes. Tilfellene som er beskrevet ovenfor omhandler kjørefelt uten mulighet for forbikjøring. Dersom kjørefeltet er fysisk adskilt fra andre kjørefelt, vil kjøretøyene bak bussen ikke ha mulighet til å komme forbi. Påvirkningen for annen trafikk vil dermed bli større.

Den korte tiden en enkelt buss stopper på kantstoppet vil ikke medføre store forsinkelser for trafikken bak. Derimot vil flere kantstopp på rad, stor trafikkmengde og høy bussfrekvens tilsammen kunne medføre store forsinkelser. For de fleste bilførere vil ikke noen sekunders forsinkelse ha stor betydning. Noen typer kjøretøy vil derimot være mer sensitive for forsinkelser. Dette gjelder for eksempel personer som kjører bil i jobb, spesielt utrykningskjøretøy. Der vil noen sekunders forsinkelse her og der kunne ha alvorlige konsekvenser.

6.1.2 Observerte utforminger av kantstopp i metrobusstraseene

Ut ifra observasjoner fra turer med metrobussen, samt ytterlige observasjoner av noen kantstopp, har de ulike utformingene av kantstopp langs metrobusstraseene i Trondheim blitt kategorisert. Kategoriene er valgt med utgangspunkt i de ulike definisjonene av utforminger av kantstopp fra håndbok V123 (se kapittel 2.4), men med noen tilpasninger. Det følte for eksempel nødvendig å inkludere kantstopp i kollektivfelt. Kategoriene listes nedenfor, før de videre beskrives. Utformingene gir ulik påvirkning på trafikkavvikling, trafiksikkerhet og miljø. Beskrivelsene nedenfor er gjort ut ifra egne observasjoner. Bildene er hentet fra Google Street View, om ikke annet er spesifisert.

- Kantstopp med fortau og uten fysisk sperre mellom kjørefelt
- Kantstopp med delende trafikkøy
- Kantstopp i tofeltsveg med timeglassutforming
- Kantstopp med gang- og sykkelveg
- Kantstopp med sykkel ført bak plattform
- Kantstopp i kollektivfelt
- Kantstopp i adskilt kollektivfelt
- Kantstopp med passeringslomme
- Holdeplasser i kombinasjon med snuplass

Kantstopp med fortau og uten fysisk sperre mellom kjørefelt

Ved kantstopp i tofeltsveg stopper bussen i kjørefeltet og gjør at annen trafikk blir ventende bak. Trafikk fra motgående retning kan passere. Kjørefeltene skilles ofte med markeringer, mens noen steder er det ingen markeringer mellom kjørefeltene. Ofte er slike veger så smale at forbikjøring er vanskelig, men her vil sjeldent forbikjøring nødvendig uansett. Kantstopp i tofeltsveg uten fysisk sperre forekommer blant annet på i Bekkasinvegen. Dette vises i figur 6.3.



Figur 6.3: Kantstopp med fortau, og uten markeringer mellom kjørefelt på Bekkansinvegen

Kantstopp med delende trafikkø

Flere steder skilles kjørefeltene i tofeltsveger med fysiske barrierer, som for eksempel rekkverk eller høy kantstein. Her vil det være umulig for kjøretøy å komme seg forbi en buss som har stoppet på holdeplass i kjørefeltet. Slike kantstopp er spesielt kritiske for utrykningskjøretøy, og det kan oppstå trafikkfarlige situasjoner dersom noen forsøker å passere bussen. Kantstopp i tofeltsveg med fysisk sperre mellom kjørefelt forekommer blant annet på Gløshaugen og på Dyre halses gate, som vist i figur 6.4.



(a) Kantstopp med rekkverk og brostein som sperre mellom kjørefelt på Gløshaugen.

(b) Kantstopp med brostein mellom kjørefelt på Dyre Halses gate

Figur 6.4: Bilder av kantstopp med fysisk sperre mellom kjørefelt

Kantstopp i tofeltsveg med timeglassutforming

Timeglassbegrepet beskriver at det skjer en innsnevring til ett felt der kantstoppet forekommer og deretter en utvidelse til to felt 2.4.2. I dette tilfellet menes kantstopp i tofeltsveg med timeglassutforming at vegen innsnevres fra å være en firefeltsveg til å bli en tofeltsveg dersom bussholdeplassene forekommer på samme sted langs vegen. Innsnevringen til ett felt per kjøreretning gjør at all trafikk samles i dette kjørefeltet, og at alle må vente bak bussen på holdeplass. Etter bussholdeplassen vil vegen utvides til to felt i kjøreretningen. Både innsnevringen og holdeplassen i kjørefeltet kan skape køer og forsinkelser. En variant av en slik type utforming av holdeplass for metrobus forekommer blant annet på Moholt Studentby, bilder av dette vises i figur 6.5.



Figur 6.5: Bilder av kantstopp med timeglassutforming (Ulvnes, 2019)

Kantstopp med gang- og sykkelveg

Kantstopp med gang- og sykkelveg er kantstopp i kjørefeltet, med en gang- og sykkelveg langs strekningen. Et eksempel på en slik utforming finnes på Grilstadkleiva, og vises i figur 6.6.



Figur 6.6: Kantstopp med gang- og sykkelveg på Grilstadkleiva

Kantstopp med sykkel ført bak plattform

På kantstopp med sykkel ført bak plattform blir sykkelfeltet ledet bak plattformen for å unngå konflikter mellom sykkel og buss eller annen trafikk. Et eksempel på en slik utforming finnes på Berg Studentby, og vises i figur 6.7.



Figur 6.7: Kantstopp med sykkelveg ført bak plattform på Berg studentby

Kantstopp i kollektivfelt

Her stopper bussen i kjørefeltet for kollektivtrafikk. Annen trafikk blir ikke påvirket, da disse kjører på egne kjørefelt ved siden av. Busser, taxier og elektriske biler bruker derimot kollektivfeltet, og det vil være disse som må vente dersom en buss stopper på holdeplass. Disse kjøretøyene kan likevel velge å bruke det andre kjørefeltet dersom de har behov for å komme seg forbi. Busser som skal stoppe på holdeplassen må vente til det blir ledig plass på holdeplassen. Kantstopp i kollektivfelt på veier med blandet trafikk finnes blant annet på Hesthagen, Studentersamfundet, Solsiden og Prinsens gate. Bilde av kantstopp i kollektivfelt i Prinsens gate vises i figur 6.8. Man ser at det er et kollektivfelt ut ifra skiltningen øverst i bildet. Annen trafikk må benytte seg av venstre felt. Kantstoppet ligger litt bak i bildet, der bussen stopper.



Figur 6.8: Kantstopp i kollektivfelt i Prinsens gate

Kantstopp i adskilt kollektivfelt

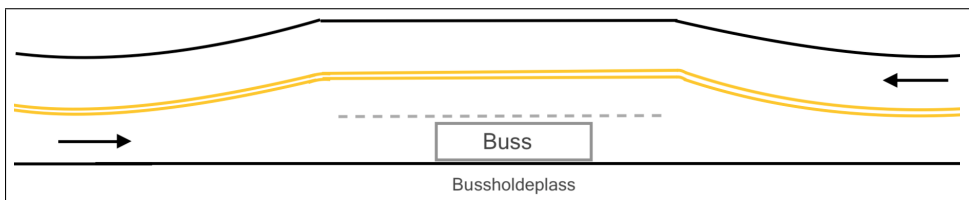
Kantstopp i kollektivfelt kan også utformes slik at kollektivfeltet ligger separat fra de andre kjørefeltene. Dermed kan ikke kjøretøy som har valgt å benytte seg av kollektivfeltet ha mulighet til å bytte felt dersom de har et ønske om å komme seg forbi busser på holdeplass. På Husebytunet 2 er kollektivfeltene plassert i midten av veggen, og adskilt fra vanlig trafikk som kjører på begge sider av kollektivfeltene. Et bilde av dette vises i figur 6.9.



Figur 6.9: Kantstopp i adskilt kollektivfelt på Husebytunet 2

Kantstopp med passeringslomme

Her ligger holdeplassen i kjørefeltet, men det er lagt opp til at annen trafikk kan kjøre forbi i en passeringslomme ved siden av. Dette illustreres i figur 6.10. Pilene viser kjøreretning. Et slikt kantstopp forekommer blant annet i Olav Tryggvasons gate 3, som vises i figur 6.11.



Figur 6.10: Tegning av kantstopp med passeringslomme



Figur 6.11: Bilde av kantstopp med forbikjøringsfelt i Olav Tryggvasons gate 3

Holdeplasser i kombinasjon med snuplass

Figur 6.12 viser en skisse fra 2018 av kantstoppet som bygges i kombinasjon med snuplass. Det ble dessverre ikke funnet noen gode bilder av den ferdige snuplassen. Bussen stopper på et kantstopp som er adskilt fra annen trafikk enn de som skal stoppe på holdeplassen. Utformingen likner på variant 1 og 2 fra Statens vegvesens utforminger av kantstopp i kombinasjon med snuplass (se kapittel 2.4.10).



Figur 6.12: Skisse av kantstopp i kombinasjon med snuplass (Miljøpakken, 2018b)

6.2 Excel-modell

Det ble ikke innsamlet noe data til bruk i Excel-modellen denne våren, selv om det var den opprinnelige planen. Data i Excel-modellen vil derfor være tall som kan brukes til å beskrive tendenser av hva som skjer når busser stopper på kantstopp. Nedenfor beskrives dataene som benyttes i de ulike fremstillingene.

6.2.1 Sjokkbølgeteori

For å regne på sjokkbølger, trengs det data om trafikkmengde, tetthet og hastighet for de ulike trafikktilstandene. I tillegg trengs det data om hvor lenge bussen stopper på kantstoppet. Ved to stopp etter hverandre vil avstanden mellom stoppene ha noe å si. Dataene antas å representere en reell trafikk situasjon, men vil bli brukt til å beskrive tendensen av effektene fra kantstopp.

Trafikkmengde, tetthet og hastighet

Valgte data vises i tabell 6.1 og 6.2. De antatte dataene vises med normal skrift, mens de utregnede dataene fra formelen $q = u \cdot k$ og de allerede åpenbare dataene (trafikkmengde og hastighet = 0 i kø) vises i kursiv.

Tabell 6.1: Trafikkmengde, tetthet og hastighet for kantstopp 1

Type	Trafikkmengde (kjt/t)	Tetthet (kjt/km)	Hastighet (km/t)
	q	k	u
A - uforstyrret trafikk	1000	<i>22,22</i>	45
B - kø	<i>0</i>	100	<i>0</i>
C - følger etter buss ¹	<i>2400</i>	60	40

Disse dataene gjelder både for ett kantstopp, og for det første kantstoppet ved to kantstopp etter hverandre. Det antas en hastighet på 45 km/t og en trafikkmengde på 1000 kjøretøy per time for uforstyrret trafikk. Den utregnede tettheten blir dermed 22,22 kjøretøy per km. I kø vil naturligvis trafikkmengden og hastigheten være lik 0. Tettheten vil være en del høyere enn for uforstyrret trafikk på grunn av at bilene kan stå mye nærmere hverandre enn i kø enn når de kjører. Det antas at hastigheten til bussen er 90 % av hastigheten til uforstyrret trafikk, og at tettheten er en del høyere (men ikke så høy som ved kø). Deretter regnes det ut en trafikkmengde på 2400 kjøretøy per time.

¹Ved senere ettertanke ser trafikkmengden og tettheten i tilstand C alt for høy ut, men det er valgt å ikke gjøre noe med dette da det kun ses på tendenser og ikke faktiske resultater som kan sammenliknes med virkeligheten.

Tabell 6.2: Trafikkmengde, tetthet og hastighet for kantstopp 2

Type	Trafikkmengde (kjt/t)	Tetthet (kjt/km)	Hastighet (km/t)
	q	k	u
D - følger etter buss ²	2400	60	40
E - kø	0	100	0
F - følger etter buss ³	2600	65	40

Kjøretøyene i tilstand D vil ha samme egenskaper som kjøretøyene i tilstand C. Når de stopper i køen i tilstand E, er det antatt en lik tetthet som i tilstand B; 100 kjøretøy per km. I tilstand F antas det at bussen har samme fart som bussen ut fra kantstopp 1, men at bilene her kjører enda litt tettere.

Stoppetid

Bussens stopp på kantstopp består av tre tidskomponenter:

- Ankomst til kantstopp
- Opphold på kantstopp
- Avgang fra kantstopp

Det er et mål at metrobussen bruker under 15 sekunder på kantstoppet (Miljøpakken, e). Ankomsten til kantstoppet består av den tiden bussen bruker på å bremse og stoppe før dørene kan åpnes. Avgangen fra kantstoppet består av den tiden bussen bruker fra dørene er lukket til bussen har kjørt, akselerert og kommet opp i fart. Oppholdet på kantstoppet består av langt flere komponenter. Observert tidsbruk på kantstopp er beskrevet i kapittel 6.1.1. De viktigste komponentene er inkludert her.

Blant tidskomponentene for opphold på kantstoppet er blant annet mengden og typen passasjerer som skal av og på bussen. En stor gruppe passasjerer vil bruke lengre tid på å komme seg på og av bussen enn noen få passasjerer. Noen passasjerer bruker lang tid av og på bussen. Blant annet kan det oppstå kø ved noen dører selv om andre dører er ledige og ulike brukergrupper som rullestolbrukere trenger ekstra terminaltid ved på/avstigning med bistand fra sjåfør med rullestolrampe i buss.

Ulike busstyper har i tillegg ulik intern terminaltid. Busser med mange dører vil for eksempel bruke kortere tid enn busser med få dører. For eksempel vil fly- og regionbusser ha økt tidsbruk på grunn av manuell billettering, at alle passasjerer går inn

²Trafikkmengden og tettheten er like som i tilstand C, og er dermed også for høye.

³Her ser også trafikkmengden og tettheten for høye ut, men disse dataene vil også kunne beskrive tendensene av det som skjer ved kantstopp.

samme dør og at det brukes tid på å legge bagasje under bussen.

Ekstra tid på holdeplass kan også oppstå på grunn av tekniske problemer, for eksempel ekstra tid fordi dører ikke går igjen med en gang.

Det ønskes å vurdere effekten av kantstopp ved stort sett normale trafikkforhold. Stoppe-
tid vil variere i stor grad og avhenge av mange ulike faktorer, også flere enn de som er
nevnt.

Valgte data for stoppetid i modelleringen er:

- 15 sekunder
- 20 sekunder
- 25 sekunder
- 30 sekunder

Disse vil bli vurdert for både ett og to kantstopp. Ved det andre kantstoppet antas det
at bussen stopper like lenge som ved forrige kantstopp.

Avstand mellom kantstopp

Avstanden mellom kantstopp vil i realiteten ha mye å si for fremkommeligheten for
busser og annen trafikk. Hyppige kantstopp vil gjøre køutviklingen større. I forbindelse
med det nye rutetilbudet i Trondheim skal bussholdeplassene ha en avstand mellom
seg på 500 til 700 meter (Sollie et al., 2016).

Valgt holdeplassavstand i modellen vil være:

- 500 m

6.2.2 Køteori

I køteori trengs det data om ankomstfordeling og betjeningsfordeling.

Ankomstfordeling

Ankomstfordelingen vil si trafikkmengden i køsystemet. Det er valgt å se på buss-
mengde i stedet for total trafikkmengde. Dette er fordi køteori antar at alle kundene i
systemet skal betjenes, men i denne oppgaven er det kun bussene som skal betjenes.
Det antas likevel at resultatene fra køteori også vil gjelde annen trafikk.

Ved bruk av køteori i modellen ses det på ulike forhold ut ifra økende bussmengder, fra
10 til 230 busser i timen.

Betjeningsfordeling

Betjeningsfordeling vil si hvor mange kjøretøy som kan betjenes i løpet av en tidsperiode. Det antas at betjeningsfordelingen vil være lik bussmengden delt på bussenes stoppetid.

Valgte data for stoppetid er:

- 15 sekunder
- 20 sekunder
- 25 sekunder
- 30 sekunder

Følgelig blir betjeningsfordelingene:

- 0,067 kjt/s
- 0,05 kjt/s
- 0,04 kjt/s
- 0,033 kjt/s

I resultatene vil funksjoner av ulike betjeningsfordelinger ved ulike ankomstfordelinger sammenliknes, men her vil stoppetidene vises i grafene i stedet for betjeningsfordelingen. Dette er fordi det er enklere å forholde seg til stoppetider enn betjeningsfordelinger.

6.2.3 Opprinnelig plan: videoopptak

Opprinnelig var det tenkt å registrere bussers oppholdstid på ulike kantstoppformer ved bruk av videoopptak. Videoopptakene kunne dessverre ikke gjennomføres som følge av tiltakene i forbindelse med koronapandemien våren 2020. Myndighetene oppfordret folk til å unngå kollektivtransport og unødvendig reising dersom det var mulig, og førte til at trafikken var svært ulik fra normalen. Eventuelle målinger av stoppetid for buss, trafikkmengde, kødannelse m.m. ville ikke gitt representative verdier for en normal trafikksituasjon.

6.3 Intervjuer

Totalt ble det holdt åtte intervjuer. Intervjuene ble holdt med representanter fra Miljøpakken, AtB, Vy Buss AS, Mobilitet AS, Trygg trafikk Trøndelag, Trøndelag politidistrikt, Legevakta i Malvik, Melhus, Midtre Gauldal og Trondheim, og Trøndelag brann- og redningstjeneste. Det er intervjuet én person fra hver organisasjon, og det antas at disse kan representere organisasjonens mening selv om det ikke er sikkert at alle ansatte i hver organisasjon er enige.

Ett av disse intervjuene ble gjennomført i person, tre ved bruk av samtaletjenester på PC, ett på telefon og tre på mail. På grunn av koronasituasjonen kunne ikke flere gjennomføres i person, da det tok lang tid å finne riktige og villige personer å intervju og man etterhvert ble sendt hjem fra skole og kontor. Intervjuene ble avholdt mellom 1. mars og 5. juni, men de fleste i løpet av april.

Intervjuene ble gjennomført som en samtale med noen forhåndslagde spørsmål. Etter som intervjuobjektene har ulik bakgrunn og forhold til kantstopp, ville ikke uniforme spørsmål ha best effekt. Intervjueren ønsket i tillegg å få vite om erfaringer og aspekter i sammenheng med kantstopp som hun ikke var klar over på forhånd, og ved å ha en samtale kommer slike detaljer lettere frem. Intervjuene er vedlagt i vedlegg C. Ett av intervjuobjektene sendte henvendelsen videre til bekjente i andre deler av landet. Han fikk blant annet svar fra en representant fra bussoperatørselskapet Tide AS. Disse svarene er også inkludert i vedleggene.

Svarene er forsøkt kategorisert ut ifra tanker om utforming, fremkommelighet, trafiksikkerhet og andre forhold, men ofte er går disse elementene inn i hverandre. Der navnene på intervjuobjektene er skrevet har intervjuobjektet godkjent dette.

7 RESULTATER

Kapittelet viser resultater fra modellering av kantstopp i Excel, samt en oversikt over de viktigste observasjonene og svar fra intervjuer. Intervjuene i sin helhet finnes i vedlegg C.

7.1 Observasjoner

Det er blitt gjort en rekke observasjoner fra kantstopp som kan vurdere trafikkavviklingen og faktorer tilknyttet kantstopp.

7.1.1 Buss på kantstopp

Det er observert at bussene stopper raskt og enkelt på kantstoppet og kan like raskt og enkelt kjøre videre derfra. Her spares tid sammenliknet med stopp i busslomme.

Oppholdet på kantstoppet oppleves stort sett som effektivt, der passasjerer raskt kan komme seg av og på bussene. Effektiv av- og påstigning kommer både av bussenes og plattformens utforming. Bussene har flere dører som kan benyttes til av- og påstigning, og lavgulv i bussene samt riktig utformede plattformhøyder gir liten høydeforskjell mellom bussgulv og plattform. I tillegg gjør passasjerenes eget ansvar for forhåndskjøpte billetter at det ikke brukes tid på billettering i bussen.

Selve oppholdet på holdeplass kan gjøres like effektivt i busslomme som på kantstopp, tidsbesparelsene ved kantstopp kommer av enkel stopping og manøvrering, enkel kjøring ut ifra kantstoppet.

7.1.2 Øvrig trafikk bak kantstopp

Bussene observeres i ulike trafikkbilder. Det kan være mange kjøretøy både foran og bak bussen idet det ankommer kantstoppet, og det kan være få. Når bussen stopper danner det seg en kø av kjøretøy bak den. Kjøretøyene kan blant annet være personbiler, næringstransport og utrykningskjøretøy. Disse kjøretøyene må vente når bussen står på kantstoppet, og kan én etter én kjøre videre når bussen kjører.

Bussens oppholdstid på kantstoppet er ofte kun noen få sekunder, og kjøretøyene bak vil dermed ikke forsinkes i stor grad. Derimot vil flere busser som stopper i løpet av en kort periode raskt kunne føre til større forsinkelser. De fleste kjøretøy vil ikke ha betydelig påvirkning av forsinkelser fra kantstopp, annet enn at de kommer litt senere frem. Forsinkelsene kan likevel oppleves irriterende på grunn av at de ofte fremstår unødvendige. Kantstoppet kan for eksempel være plassert der det tidligere lå en busslomme som muliggjorde forbikjøring av bussen. Innsparing av noen sekunder

for bussens fremkommelighet medfører flere sekunders forsinkelse for annen trafikk. Andre typer kjøretøy er derimot mer følsomme for forsinkelser, for eksempel utrykning-skjøretøy, der kjøring gjentatte ganger bak kantstopp gir forsinkelser med potensielle alvorlige konsekvenser.

7.1.3 Buss bak kantstopp

Det er også observert busser i kø bak busser på kantstopp. Disse vil også få forsinkelser av dette, noe som gjør fremkommeligheten for bussen dårligere. Tidsbesparelsene fra effektive stopp på og start fra kantstopp kan dermed utlignes av økt tidsbruk i kø bak kantstopp, men det er vanskelig å si hvor store tidsbesparelsene og forsinkelsene faktisk er. Ved få busser i trafikken blir ikke andre busser forsinket av busser på kantstopp.

I tillegg bør det nevnes at biler mellom to busser som skal stoppe på kantstoppet kan medføre forsinkelser for busser bak ved at de opptar plass på kantstopp med plass til flere busser. Uten disse bilene ville bussen kunne stoppet på kantstoppet samtidig som bussen foran, og slippe forsinkelser tilknyttet den første bussens stopp siden den selv stopper samtidig. Slike hendelser medfører også ytterligere forsinkelser for trafikken bak, da to busser med opphold samtidig også gagnar deres fremkommelighet.

7.1.4 Trafikksikkerhet ved kantstopp

På kantstoppene ble det også observert hvordan trafikksikkerheten ivaretas. Kantstopp skiller seg fra busslommer ved at ventearealet ligger inntil vegen. Eventuelle forskjeller i hvordan trafikksikkerheten ivaretas antas dermed å være tilknyttet dette. Det er derimot ikke blitt lagt merke til noen tiltak som er særskilte for kantstopp. De observerte elementene for å sikre god trafikksikkerhet ved kantstopp vil altså også være å finne ved busslommer.

Det ble lagt merke til at de fleste kantstopp har tilknytning til gangfelt eller fotgjenger-underganger for å trygt kunne passere vegen på vei til eller fra kantstoppet. Der det er sykkelfelt på innsiden av ventearealet er det også markerte gangfelt for å krysse disse på en trygg måte. For å hindre villkryssing er det i tillegg ofte plassert rekkverk mellom kjørefeltene og mellom ventearealet og sykkelfeltet. Ellers er det observert belysning på alle vurderte kantstopp, som vil medføre økt trafikksikkerhet ved at fotgjengere oppdages tidlig.

Busslommer tillater høyere fartsgrenser enn ved kantstopp. Det ser ut til at kjøretøyene som kjører i gater med kantstopp observerer trafikksituasjonen godt, som kan antas å komme av lavere hastigheter. Ut ifra de observasjonene som er gjort er det ikke observert hverken ulykker eller nesten-ulykker i tilknytning til kantstopp.

Det er likevel antatt en større risiko for noen typer ulykker ved kantstopp. For eksempel kan kantstopp medføre økt fare for påkjørsel bakfra, ettersom det for noen kan komme overraskende på at en buss plutselig stopper i vegbanen. Ved passering av busser på kantstopp i må det forbikjørende kjøretøyet over i motsatt kjørefelt. Iblant kan det være kjøretøy eller elementer i det andre kjørefeltet som ikke er oppdaget og kan medføre kollisjoner. Spesielt gjelder dette der kantstopp er lokalisert i uoversiktlige områder, for eksempel i nærheten av svinger og høgbrekk. Kantstopp er ofte plassert i gater med flere kjørefelt i samme retning, for eksempel i kollektivfelt. Forbikjøring her vil være mye tryggere.

7.1.5 Miljø i forbindelse med kantstopp

På grunn av busser som stenger vegen på kantstopp, vil øvrig trafikk oppleve økt køkjøring og flere stopp. Miljøeffekter i forbindelse med kantstopp skyldes hyppigere bremsing og akselerasjon blant øvrig trafikk, som følge av dette. Svært lave hastigheter, bremsing og akselerasjon medfører økte utslipp av klimagasser. Sammenliknet med busslomme vil kantstopp medføre mer bremsing og akselerasjon, samt saktegående kjøring, og dermed en økning i utslipp per kjøretøy.

Samtidig er kantstopp ment som et tiltak som styrker bussens fremkommelighet, og reduserer mengden av personbiler ved at de i stedet velger miljøvennlige transportmidler. Færre personbiler vil medføre mindre utslipp. Hvorvidt kantstopp har ført til en reduksjon i personbiler er usikkert, og umulig å si noe om ut ifra observasjonene gjort i forbindelse med denne oppgaven.

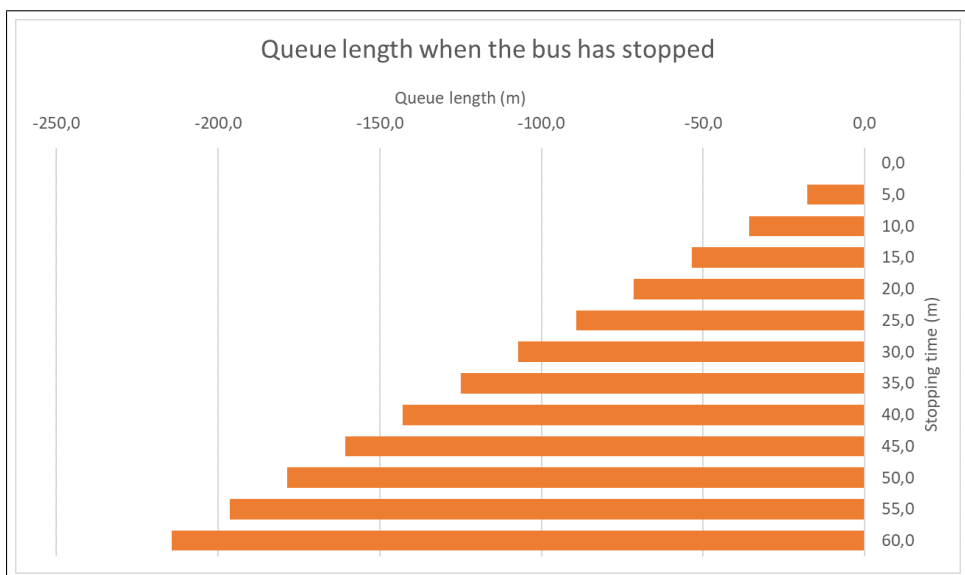
Miljøeffekter ved kantstopp burde vurderes over tid, og ved bruk av andre metoder enn kun observasjoner. Da vil man kunne få en vurdering på hvordan balansen mellom miljøgevinsten fra færre personbiler og økte utslipp fra gjenværende biltrafikk er, og dermed få en bedre fremstilling av kantstopps funksjon som miljøtiltak.

7.2 Modellering i Excel

Modellering av køutvikling i Excel ved bruk av både sjokkbølgeteori og køteori viser tendenser av hvordan kantstopp påvirker annen trafikk.

7.2.1 Sjokkbølgeteori

Ved bruk av sjokkbølgeteori er det funnet køutviklinger ved kantstopp ut ifra ulike stoppetider for bussen. Figur 7.1 viser generelt hvordan en kø blir lengre jo lengre bussen står på holdeplassen. Aksene viser kølengde i meter og stoppetid i sekunder.



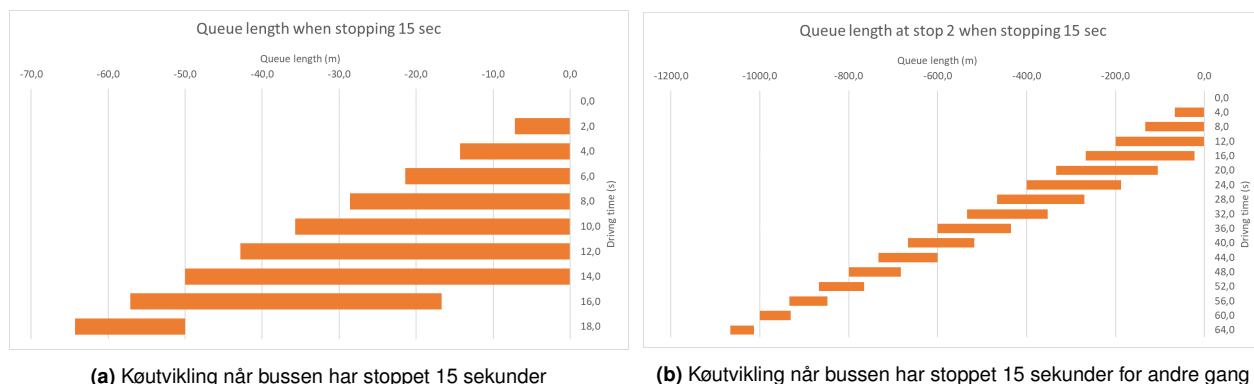
Figur 7.1: Kølengde ut ifra hvor lenge bussen står på kantstoppet

Stoppetid = 15 sekunder

En stoppetid på 15 sekunder er Miljøpakkens mål for metrobussens stopp på kantstopp (Sollie et al., 2016). Køutvikling og tid-avstandsdiagram for stopp på 15 sekunder vises nedenfor.

Køutvikling

I figur 7.2 vises køutvikling når bussen har stoppet 15 sekunder på første og andre kantstopp. Køutviklingen ved første kantstopp tilsvarer også utviklingen for kun ett kantstopp. På det andre kantstoppet antas det at bussen allerede har stoppet 15 sekunder på kantstopp 1.



(a) Køutvikling når bussen har stoppet 15 sekunder

(b) Køutvikling når bussen har stoppet 15 sekunder for andre gang

Figur 7.2: Køutviklinger ved ett og to 15 sekunders stopp

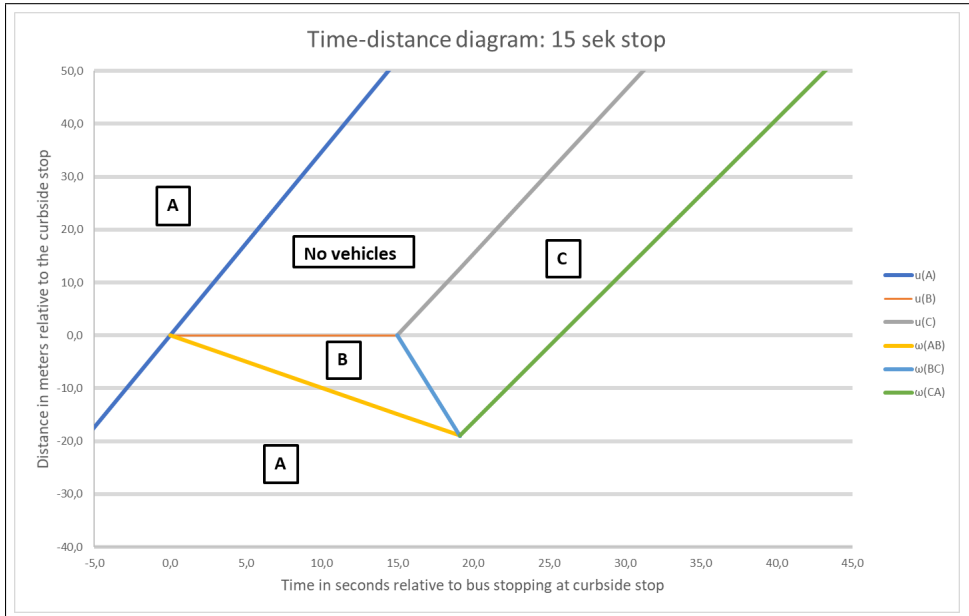
Aksene viser kølengde i meter og tiden fra bussen stopper i sekunder. Fra første figur kan man se at køen er på sitt lengste idet bussen kjører videre fra kantstoppet, og at den deretter raskt løser seg opp igjen. Da er den litt over 50 meter lang. Køen rekker å bli litt lengre før den løser seg opp etter 18 sekunder.

I andre figur har de fleste av kjøretøyene som involveres i køen allerede stoppet ved ett kantstopp og fulgt etter bussen. Ved 15 sekunder er kølengden over 200 meter, altså en god del lengre enn ved kantstopp 1. I dette tilfellet vil køen fortsette bakover i over ett minutt før den blir løst opp.

Effekten av flere kantstopp etter hverandre er godt synlig selv ved 15 sekunders stopp.

Tid-avstandsdiagram

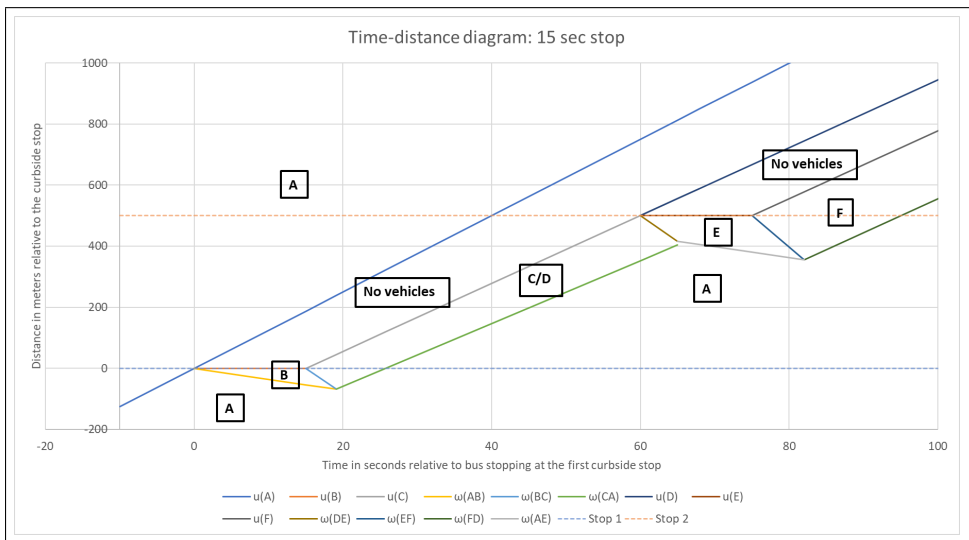
Sjokkbølger som følger køtviklingene ved kantstoppet vises i tid-avstandsdiagram. Figur 7.3 viser sjokkbølger og hastigheter ved ett kantstopp.



Figur 7.3: Tid-avstandsdiagram ved 15 sekunders stopp

De ulike tilstandene betegnes med bokstaver. Feltet mellom linjene $u(A)$, $u(B)$ og $u(C)$ vil være tomt for kjøretøy. Kjøretøy som kjører mot kantstoppet etter at bussen har stoppet vil måtte stoppe bak og deretter følge etter bussen videre. Hvert kjøretøys forsinkelse vil være tidsperioden fra det ankommer den gule linja (skiftet mellom tilstand A og B) til det det ankommer den lyseblå linja (skiftet mellom tilstand B og C).

Figur 7.4 viser sjokkbølger og hastigheter for to kantstopp etter hverandre, begge med 15 sekunders stoppetid.



Figur 7.4: Tid-avstandsdiagram ved to 15 sekunders stopp

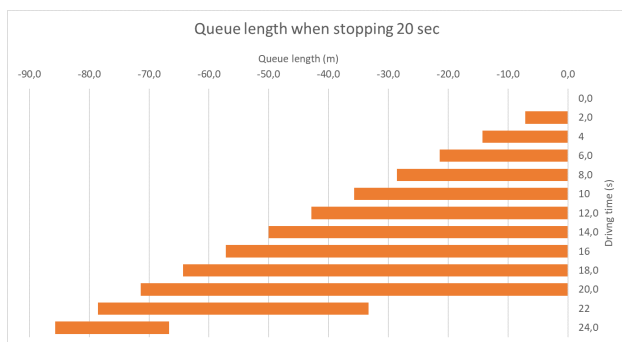
Man kan se at flere vil bli forsinket og at gjennomsnittlig forsinkelse vil bli lengre ved det andre kantstoppet. Det er fordi køen vil vokse raskt på grunn av at det allerede følger en del kjøretøy etter bussen. Dermed vil en lik stoppetid medføre at flere kjøretøy involveres i køen og større forsinkelser enn ved ett stopp.

Stoppetid = 20 sekunder

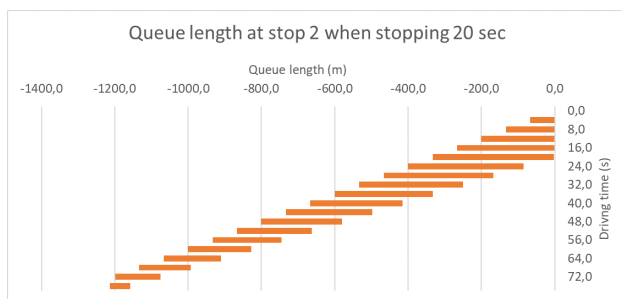
Køutvikling og tid-avstandsdiagram for stopp på 20 sekunder vises nedenfor.

Køutvikling

Figur 7.5 viser køutvikling når bussen har stoppet 20 sekunder på to kantstopp etter hverandre. Køutviklingen ved første kantstopp tilsvarer også utviklingen for kun ett kantstopp. På det andre kantstoppet antas det at bussen allerede har stoppet 20 sekunder på kantstopp 1.



(a) Køutvikling når bussen har stoppet 20 sekunder



(b) Køutvikling når bussen har stoppet 20 sekunder for andre gang

Figur 7.5: Køutviklinger ved ett og to 20 sekunders stopp

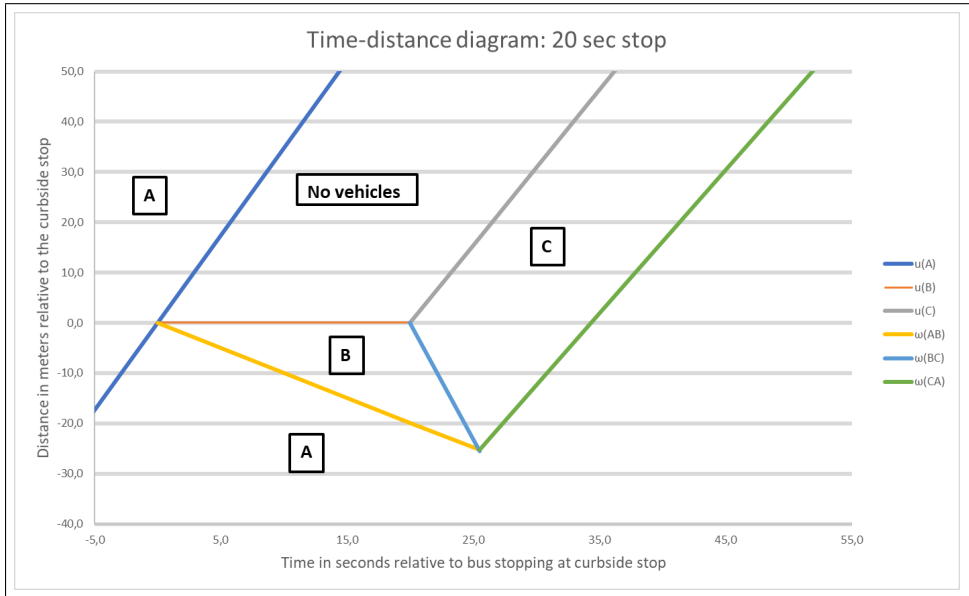
Aksene viser kølengde i meter og tiden fra bussen stopper i sekunder. På samme måte som ved 15 sekunders stopp vil køen utvikle seg raskere og involvere flere kjøretøy ved det andre stoppet enn det første.

I første figur kan man se at køen er over 70 meter på sitt lengste idet bussen kjører videre fra kantstoppet. Deretter løser den seg raskt opp igjen. Til sammenlikning var kølengden når bussen kjørte videre etter 15 sekunder litt over 50 meter lang. 5 sekunder lengre stoppetid tilsvarer altså omtrent 20 meter med kø. Køen etter 20 sekunders stopp løser seg opp etter 24 sekunder.

I andre figur har de fleste av kjøretøyene som involveres i køen allerede stoppet ved ett kantstopp og fulgt etter bussen. Etter 20 sekunders stoppetid er kølengden over 300 meter. Sammenliknet med to 15-sekundersstopp tilsvarer 5 ekstra sekunder på hvert stopp 100 meter med kø. Effekten av lengre stoppetid blir altså lengre ved økende stoppetid.

Tid-avstandsdiagram

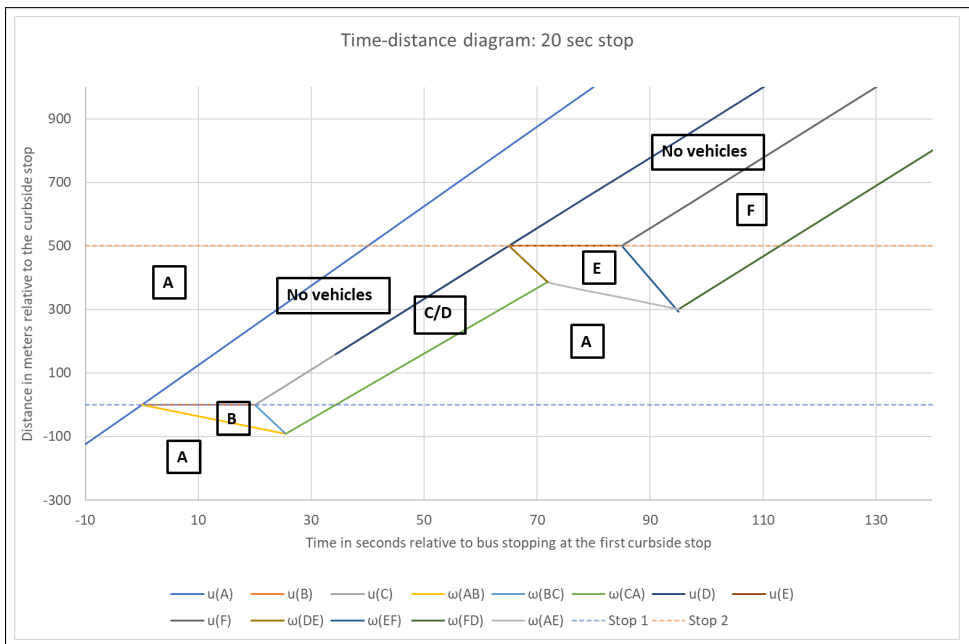
Køtviklingene ved kantstoppet beskrives med bruk av sjokkbølger. Dette vises i tid-avstandsdiagram. Figur 7.6 viser sjokkbølger og hastigheter ved ett kantstopp.



Figur 7.6: Tid-avstandsdiagram ved 20 sekunders stopp

Man kan se at de gjennomsnittlige forsinkelsene ved 20 sekunders stopp vil være større enn ved 15 sekunders stopp på grunn av lengre stoppetid. Det vil også gjøre at flere kjøretøy involveres i køen.

Sjokkbølger og hastigheter for to kantstopp etter hverandre, begge med 20 sekunders stoppetid, vises i figur 7.7.



Figur 7.7: Tid-avstandsdiagram ved to 20 sekunders stopp

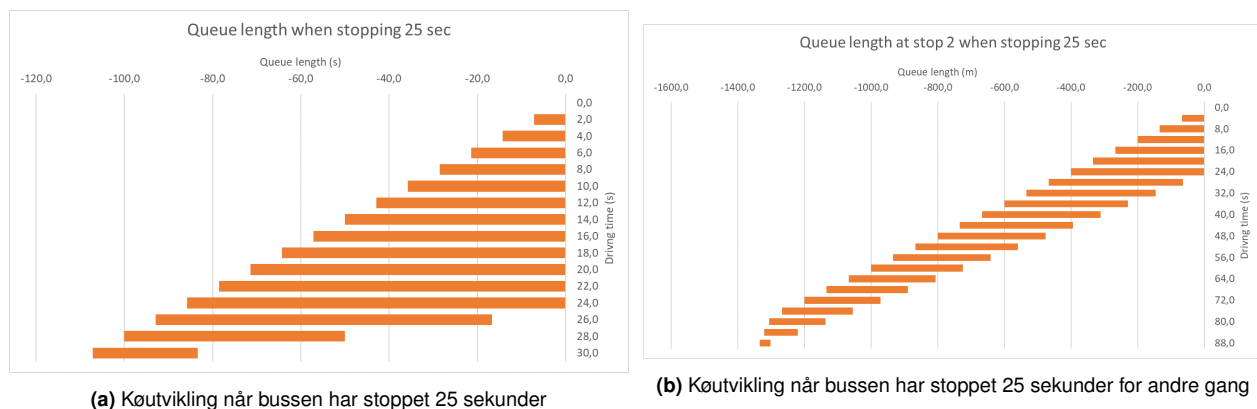
Flere vil bli forsinket og gjennomsnittlig forsinkelse vil bli lengre ved det andre enn det første kantstoppet.

Stoppetid = 25 sekunder

Køutvikling og tid-avstandsdiagram for stopp på 25 sekunder vises nedenfor.

Køutvikling

Køutvikling når bussen har stoppet 25 sekunder på to kantstopp etter hverandre vises i 7.8. Køutviklingen ved første kantstopp tilsvarer også utviklingen for kun ett kantstopp. På det andre kantstoppet antas det at bussen allerede har stoppet 25 sekunder på kantstopp 1.



(a) Køutvikling når bussen har stoppet 25 sekunder

(b) Køutvikling når bussen har stoppet 25 sekunder for andre gang

Figur 7.8: Køutviklinger ved ett og to 25 sekunders stopp

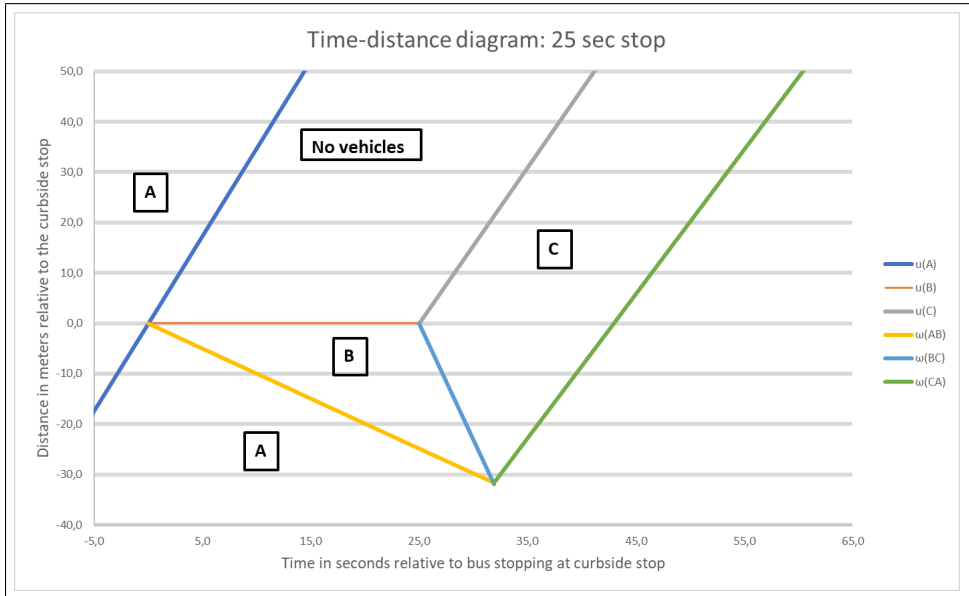
Aksene viser kølengde i meter og tiden fra bussen stopper i sekunder. På samme måte som ved 15 og 20 sekunders stopp vil køen utvikle seg raskere og involvere flere kjøretøy ved det andre stoppet enn det første.

Ved første kantstopp er køen ca. 85 meter lang etter 25 sekunders stopp. Deretter tar det ca. 5 sekunder før køen er oppløst.

Etter 25 sekunders stoppetid på andre kantstopp er kølengden over 400 meter. Køen fortsetter bakover i ca. 65 sekunder (fra bussen har kjørt videre) før den løser seg opp. I denne figuren kan man se at den raske køutviklingen avtar ved ca. $t = 80$ sekunder. Det vil si at det ikke lenger er flere kjøretøy som følger etter bussen fra første kantstopp, og at de nye kjøretøyene som ankommer køen ankommer sjeldnere.

Tid-avstandsdiagram

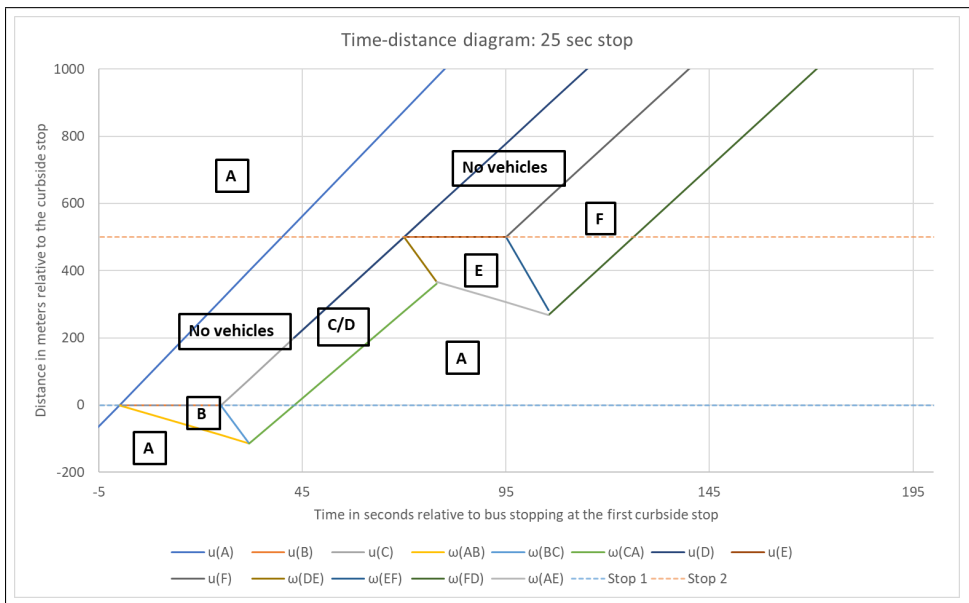
Køtviklingene ved kantstoppet beskrives med bruk av sjokkbølger. Dette vises i tid-avstandsdiagram. Figur 7.9 viser sjokkbølger og hastigheter ved ett kantstopp.



Figur 7.9: Tid-avstandsdiagram ved 25 sekunders stopp

Figuren viser at de gjennomsnittlige forsinkelsene ved 25 sekunders stopp er større enn ved 15 og 20 sekunders stoppetid på grunn av lengre stoppetid. Det vil også gjøre at flere kjøretøy involveres i køen.

Figur 7.10 viser køtvikling ved bruk av sjokkbølger for to kantstopp etter hverandre, der bussen har stoppet 25 sekunder på begge kantstopp.



Figur 7.10: Tid-avstandsdiagram ved to 25 sekunders stopp

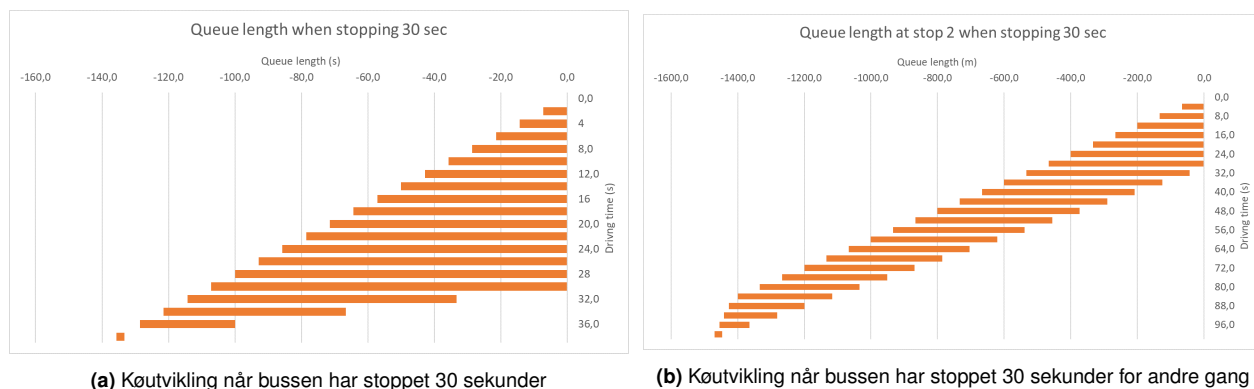
Ved to kantstopp etter hverandre med 25 sekunders stopp ser man igjen effekten av at flere vil bli forsinket og at gjennomsnittlig forsinkelse vil bli lengre ved det andre kantstoppet. Man ser også at flere kjøretøy involveres i rekken bak bussen etter den har kjørt videre fra kantstopp 2, enn fra kantstopp 1. Dette ser man også i de andre tid-avstandsdiagrammene for to stopp.

Stoppetid = 30 sekunder

Køtvikling og tid-avstandsdiagram for stopp på 30 sekunder vises nedenfor.

Køtvikling

I 7.11 vises køtvikling for to kantstopp etter hverandre. For det første kantstoppet tilsvarer køtviklingen også den for kun ett kantstopp. På det andre kantstoppet antas det at bussen allerede har stoppet 30 sekunder på kantstopp 1.



(a) Køtvikling når bussen har stoppet 30 sekunder

(b) Køtvikling når bussen har stoppet 30 sekunder for andre gang

Figur 7.11: Køtviklinger ved ett og to 30 sekunders stopp

Aksene viser kølengde i meter og tiden fra bussen stopper i sekunder. Køen utvikler seg raskere og involverer flere kjøretøy ved det andre stoppet enn det første.

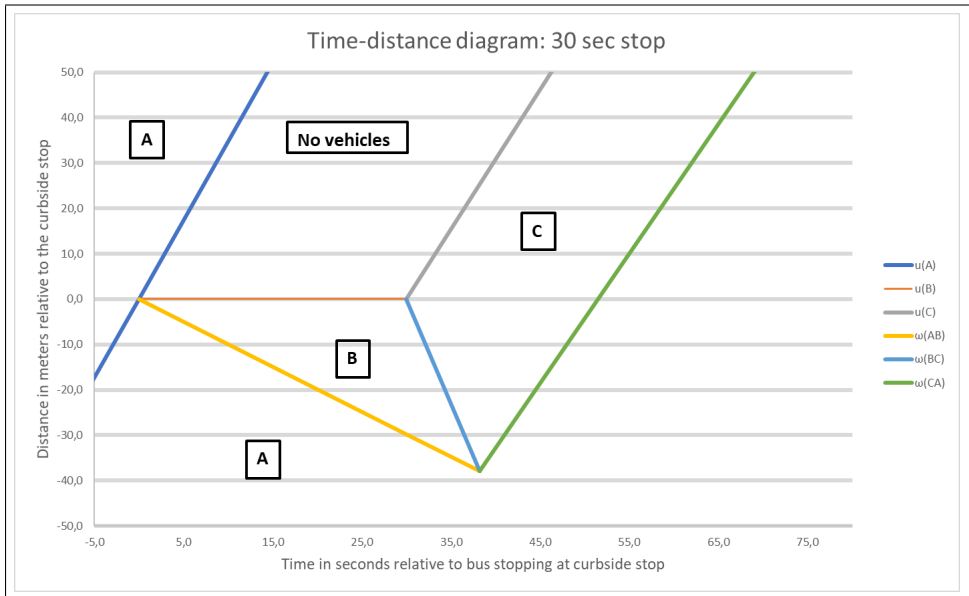
30 sekunders stopp på første kantstopp tilsvarer en kølengde på oppimot 110 meter. Køen løses opp etter ca. 8 sekunder.

I andre figur har de fleste av kjøretøyene som involveres i køen allerede stoppet ved ett kantstopp og fulgt etter bussen. Ved ca. 84 sekunder ser man at køen ikke vokser like raskt. Da er det ikke lenger flere kjøretøy som har fulgt etter bussen fra kantstopp 1. Etter 30 sekunders stoppetid er kølengden ca. 500 meter. Sammenliknet med to 25-sekundersstopp tilsvarer 5 ekstra sekunder på hvert stopp 100 meter med kø.

Ved to kantstopp vil altså 5 ekstra sekunder på hvert stopp tilsvare 100 meter med kø på det andre kantstoppet, som også var funnet ved å sammenlikne 15 og 20 sekunders stopp.

Tid-avstandsdiagram

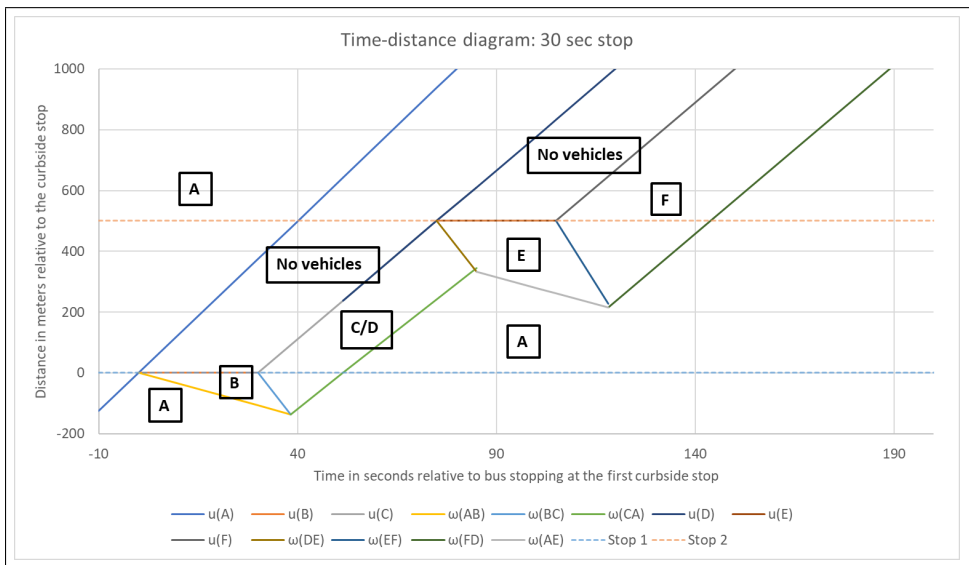
Figur 7.12 viser køtviklingene ved ett kantstopp med bruk av sjokkbølger.



Figur 7.12: Tid-avstandsdiagram ved 30 sekunders stopp

De gjennomsnittlige forsinkelsene ved 30 sekunders stopp er større enn ved 15, 20 og 25 sekunders stoppetid på grunn av lengre stoppetid. Det vil også gjøre at flere kjøretøy involveres i køen.

Figur 7.13 viser køtviklinger ved sjokkbølger og hastigheter for to kantstopp etter hverandre, begge med 30 sekunders stoppetid.



Figur 7.13: Tid-avstandsdiagram ved to 30 sekunders stopp

Fra figuren kan man se at flere vil involveres i køen og at gjennomsnittlig forsinkelse vil bli lengre ved det andre kantstoppet enn det første.

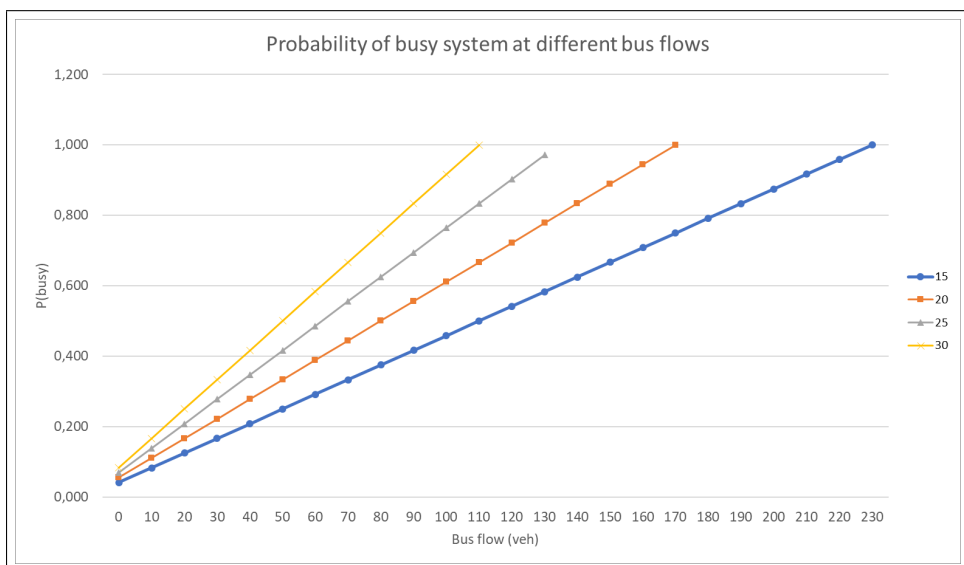
Sammenlikning av kølengder og tid-avstandsdiagram for ett og to 15, 20, 25 og 30 sekunders stopp viser generelt at lengre stoppetider medfører større forsinkelser og lengre køer, og at flere kantstopp etter hverandre forsterker effektene ytterligere.

7.2.2 Køteori

Effekter av kantstopp ved bruk av køteori vises ved å sammenlikne ulike funksjoner av ulike stoppetider. Alle grafene har utnyttelser mellom 0 og 1.

Sannsynligheter for kø

Sannsynligheter for å havne i kø ved ulike bussmengder for 15, 20, 25 og 30 sekunders stoppetid vises i figur 7.14.



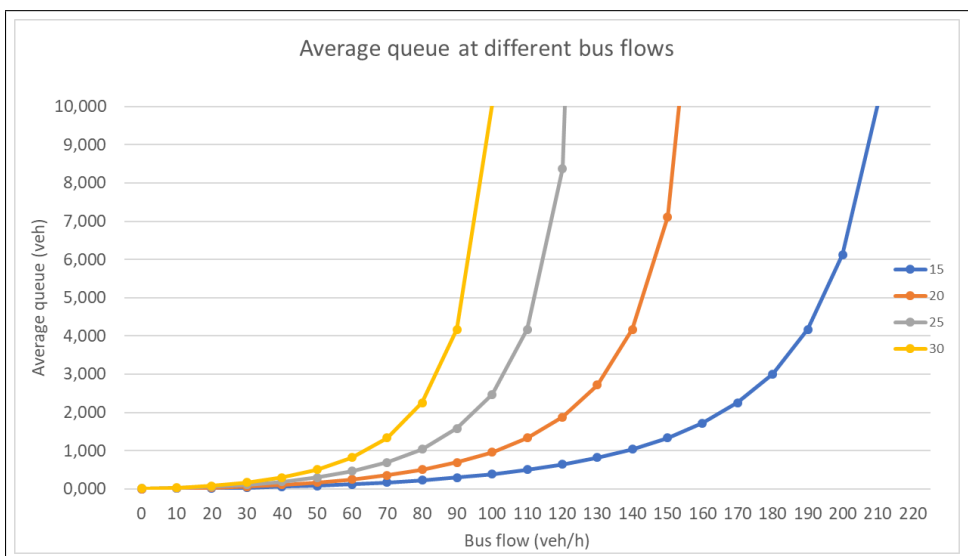
Figur 7.14: Sannsynlighet for et opptatt system ved ulike bussmengder

Blå linje viser 15 sekunders stopp, oransje linje viser 20 sekunders stopp, grå linje viser 25 sekunders stopp og gul linje viser 30 sekunders stopp.

Ved økende bussmengder vil det være en større sannsynlighet for å havne i kø. Denne sannsynligheten øker også ved økende stoppetider, der økningene vil være størst for lengst stoppetider.

Gjennomsnittlige kølengder

Gjennomsnittlig antall biler i kø ved ulike bussmengder for 15, 20, 25 og 30 sekunders stoppetid vises i figur 7.15



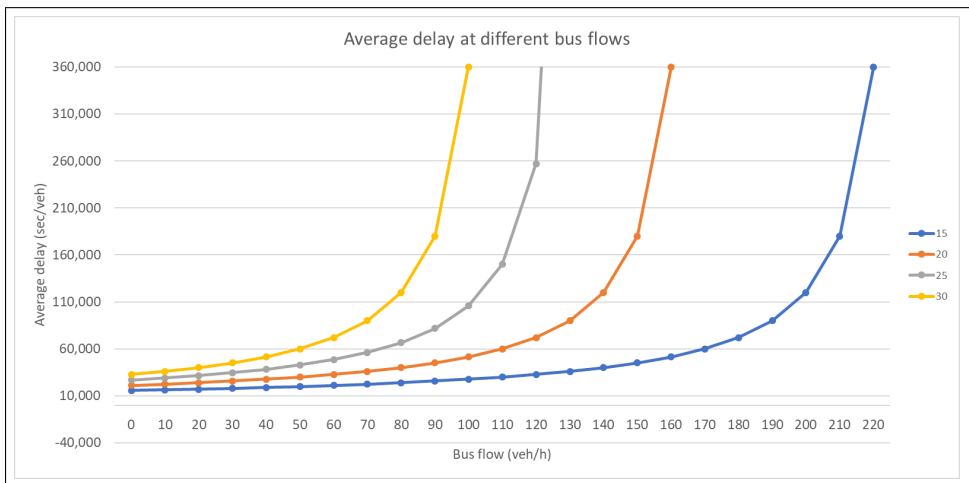
Figur 7.15: Gjennomsnittlige køer ved ulike bussmengder

Blå, oransje, grå og gul kurve viser henholdsvis 15, 20, 25 og 30 sekunders stoppetid.

Ved økende bussmengder vil det bli flere gjennomsnittlig antall kjøretøy i køen. Gjennomsnittlig antall kjøretøy i køen vil også øke ved økende stoppetider, og den øker kraftig ved høye bussmengder. Økningene vil være størst for lengst stoppetider. Når utnyttelsen til systemet (eller sannsynligheten for å havne i kø) er lik 1, vil kurvene gå mot uendelig. Dette betyr at køene vokser.

Gjennomsnittlige forsinkelser

Gjennomsnittlige forsinkelser ved ulike bussmengder for 15, 20, 25 og 30 sekunders stoppetid vises i figur 7.16.



Figur 7.16: Gjennomsnittlige forsinkelser ved ulike bussmengder

Blå, oransje, grå og gul kurve viser henholdsvis 15, 20, 25 og 30 sekunders stoppetid.

Gjennomsnittlige forsinkelser per kjøretøy vil bli større ved økende bussmengde. Slik som de andre funksjonene vil også gjennomsnittlige forsinkelser øke ved økende stoppetider, og kraftigere ved høye bussmengder. Ved lengre stoppetider vil gjennomsnittlige forsinkelser øke raskere enn ved kortere stoppetider.

Man kan se fra både køteori og sjokkbølgeteori at kølengder og forsinkelser øker jo større trafikkmengde og lengre stoppetider busser har.

7.3 Intervjuer

Det er både enigheter og uenigheter tilknyttet effekter av kantstopp i forbindelse med fremkommelighet, trafikkikkerhet og miljø. Resultater fra intervjuer med representanter fra Miljøpakken, AtB, Vy Buss AS, Tide AS, Mobilitet AS, Trygg trafikk Trøndelag, Trøndelag politidistrikt, Ambulansetjenesten i Sør-Trøndelag og Trøndelag brann- og redningstjeneste presenteres nedenfor.

7.3.1 Buss på kantstopp

Kantstopp prioriterer fremkommeligheten til kollektivtrafikken foran biltrafikken.

Forutsigbarhet

AtB trekker frem at det betyr mye for dem at bussen er forutsigbar. Forutsigbarhet vil si at bussen har god fremkommelighet, og dermed er punktlig. Fremkommeligheten for bussen kan blant annet økes ved kollektivfelt, aktiv bussprioritering (signalanlegg) og begrensninger i bilbruk langs de viktigste kollektivtraseene.

Inn- og utkjøring ved kantstopp

Holdeplasser utformet som kantstopp gjør at bussen enkelt og raskt kan stoppe på og komme avgårde fra kantstopp. Både Miljøpakken og AtB AS trekker frem at bussen sparer tid på inn- og utkjøringer av kantstopp. Ved kantstopp slipper bussjåføren å svinge av vegen, og den kommer i tillegg enklere inntil kantsteinen. Også Tide AS bemerker at busslomme gjør det vanskelig å manøvrere seg på plass på en måte som gjør at midt- og bakdører kommer tilstrekkelig nær fortauskanten. Dette tar noen ekstra sekunder. Harald Sehm (Vy buss AS) forteller at en fordel med kantstopp sammenliknet med busslomme er at alle bussene i bussrekken greier å legge hele skutesiden helt inntil kantsteinen. Ved busslomme oppleves det at det blir glippe mellom bakdør og kantstein på den siste bussen ved flere busser samtidig. Steinar Simonsen (Mobilitet AS) nevner at kantstopp også gjør kjøreturen mer behagelig for passasjerene og at å komme tett inntil plattformkanten er viktig med hensyn til universell utforming.

Vy buss AS og Tide AS forteller at forskjellen i tidsbruk på inn- og utkjøring på kantstopp og busslomme oppleves som marginal. Som regel er det ikke noe problem å komme seg ut fra en busslomme i hastigheter opptil 60 km/t, da medtrafikanter viser stor grad av hensyn. Likevel gjør kantstopp det i enkelte tilfeller enklere for bussen å holde ruta si, ettersom bussen ligger først også etter holdeplassen.

Sehm legger til at kantsteinen på kantstoppet skal være slipt slik at bussen ikke skades når den kjører inntil plattformen. Når alle busser stopper på det samme stedet inntil kantsteinen oppstår det spordannelser. Spor kommer av bremsing og akselerasjon fra bussene. Etter hvert vil sporene bli så dype at bussen blir for lav for kantsteinen.

Dette kan medføre skader på bussen. For å unngå slike skader må overbygningen og grunnarbeidet være godt.

Opphold

Heggland bemerker at de nye metrobussene gjør hvert stopp mer effektivt med fire dører for av- og påstigning og ved å la passasjerene selv sørge for å ha gyldig billett før de går ombord. En økning i antall busspassasjerer vil altså ikke nødvendigvis medføre økt tidsbruk på holdeplass med metrobussene. Generelt vil kantstopp og metrobuss gi mer effektivt tidsbruk sammenliknet med busslommer og andre busser. Likevel vil alltid noen stopp ta mer tid, spesielt dersom det stopper fly- eller regionbuss som skal ha manuell billettering inn samme dør.

7.3.2 Øvrig trafikk bak buss på kantstopp

Kødannelse

Kantstopp er en holdeplassestype som prioriterer bussens fremkommelighet fremfor andre kjøretøys fremkommelighet. Følgelig oppleves kødannelse i forbindelse med kantstopp. Simonsen (Mobilitet AS) understreker bussens oppholdstid som en viktig parameter når det kommer til fremkommelighet. Lange stopp fører til at flere blir stående i kø, både busser og øvrig trafikk, nevner Heggland (Miljøpakken).

Fremkommeligheten for annen trafikk påvirkes også av mengden av busser som stopper der over kort tid. Flere busser som stopper rett etter hverandre fører til en økning i forsinkelser for trafikken bak, sier Trond Halvorsen (Politiet). Brannvesenet, ved Ole Ludvigsen, har også opplevd forsinkelser i forbindelse med kantstopp, ofte der det er høy tetthet av busser. I tillegg til mengden busser som skal stoppe over en tidsperiode på kantstopp vil også oppholdstiden påvirke fremkommeligheten. Forsinkelser ved mange busser vil også oppstå ved busslommer.

Forbikjøring

Feltskifter

I flerfeltsveger fører kantstopp til flere feltskifter på grunn av passering av buss på kantstopp. Kantstopp er ofte plassert i kollektivfelt. Kollektivfelt kan de fleste steder benyttes av motorsykkel, taxi, elbil og alltid av uniformerte utrykningskjøretøy. Glenn Earl Eide (Trygg trafikk) forteller at busser på kantstopp i kollektivfelt medfører at flere kjøretøygrupper kan måtte skifte felt. Utrykningskjøretøy vil dermed hindres unødige dersom det i tillegg er tett trafikk eller kø i kjørefeltene. Busslommer langs flerfeltsveger brukes hyppig av bussjåfører når de blir innhentet av utrykningskjøretøy. Kantstopp vanskeliggjør bussers mulighet til å slippe utrykningskjøretøy frem.

Svein-Helge Herrmann (Legevakta) har opplevd dette flere ganger i Trondheim. Tidligere har det vært god fremkommelighet for utrykningskjøretøy i kollektivfelt, da busser har kunnet kjøre inn i busslommer for å slippe dem forbi. Kantstopp gjør at utrykningskjøretøy måtte bytte kjørefelt ofte for å komme seg forbi busser, noe som gjør dem uforutsigbare. Kjøretøy foran på vegen følger med på utrykningskjøretøyets bevegelser, og flytter seg for å gi dem fri veg. Når utrykningskjøretøyene bytter kjørefelt ofte vil også kjøretøyene foran i køen flytte seg fra side til side. Dette skaper utfordringer for fremkommeligheten til utrykningskjøretøyene. Noen ganger har de kun har tenkt til å passere en buss og deretter fortsette å kjøre i kollektivfeltet, men en forflytning av trafikkbildet foran men idet de kjører forbi bussen gjør at det å kjøre videre i kollektivfeltet ikke lenger gir like god fremkommelighet. Hyppige feltskifter og følgene av dette tar tid.

Ludvigsen (Brannvesenet) møter utfordringer ved forbikjøring av busser på grunn av at brannbiler er store kjøretøy. Det gjør de mindre smidige, og gjør forbikjøring av lange kjøretøy vanskeligere. I tillegg gjør størrelsen at de har dårligere akselerasjon enn biler med vanlig størrelse. Et stopp eller en fartsdump vil gjøre at de mister all hastighet, og bruker lang tid å komme opp i hastighet igjen. Brannvesenet kan kjøre fortere enn fartsgrensa, men det er likevel vanskelig å utligne tidstapet som oppstår på grunn av tapt flyt. Han forteller også om at det tidligere var god fremkommelighet i kollektivfeltet, men at kantstopp og mange elbiler har medført at fremkommeligheten ikke lenger er like god.

Midtrabatt

Fysiske hindere mellom kjørefelt, som for eksempel midtrabatter, gjør forbikjøring umulig. Blant intervjuobjektene er det enighet i at midtrabatter bør unngås for å sikre fremkommelighet for annen trafikk.

Simonsen (Mobilitet AS) poengterer at det er viktig at infrastrukturen utformes slik at andre busser og kjøretøy kan passere. Fysiske refuger på venstre side av kantstoppet medfører at trafikken blir helt låst ved et langvarig stopp. Slike løsninger må unngås, ikke minst av hensyn til utrykningskjøretøy.

Doble sperrelinjer vil ha tilnærmet samme effekten som midtrabatter, forteller Sehm (Vy Buss AS). Han opplever at heltrukken dobbel sperrelinje bakover på kantstopp reduserer forbikjøring. For å sikre trafiksikkerheten til fotgjengere vil en trafikkøy kunne ha samme nytten som en midtdeler. Med tanke på fremkommelighet er en midtdeler for lang.

For Politiet, Legevakta og Brannvesenet er det ønskelig med løsninger som muliggjør forbikjøring for utrykningskjøretøy. Overkjørbare midtrabatter eller doble sperrelin-

jer ses på som gode løsninger.

Herrmann (Legevakta) forteller at dersom ambulanser krysser en midtrabatt for å kjøre forbi i motsatt kjøreretning, vil uoppmerksomhet fra andre bilister føre til at de kan bli låst i feil kjøreretning.

Bussfelt kan også være adskilt fra andre kjørefelt med midtdeler eller andre fysiske sperrer. Utrykningskjøretøy kan velge å kjøre i bussfeltet eller sammen med øvrig trafikk. Ludvigsen (Brannvesenet) opplever at det kan være langt mellom krysningspunkt, og at det ikke er mulig å krysse dersom de har valgt feil felt. Brannvesenet foretrekker helst kollektivfelt i høyre kjørefelt, slik at det er lettere å veksle mellom feltene for å komme seg raskt frem.

Noen ganger vil også brannbilen blokkere trafikken ved utrykning. I disse tilfellene blir trafikken blokkert mye lenger enn ved bussens stopp på kantstopp. I slike tilfeller trenger også bussen alternativer. Da vil metrobussen kunne ha vanskeligheter for å komme seg rundt.

Alternative ruter

Redusert fremkommelighet på grunn av kantstopp kan føre til at personer velger å kjøre alternative ruter. Dette merkes av kjøretøy i utrykning. Halvorsen (Politiet) har flere ganger måtte velge andre ruter for å unngå kantstopp under stor trafikk. Også Ludvigsen (Brannvesenet) forteller om at brannvesenet velger å endre utrykningsruter som følge av høy tetthet med busser og mange passasjerer enkelte steder.

Herrmann (Legevakta) forteller derimot at de som kjører utrykningskjøretøy på Legevakta kjenner til gode utrykningsruter for i hele byen. Økt omfang av kantstopp har ikke medført at utrykningsrutene er endret i stor grad.

7.3.3 Busser bak buss på kantstopp

Busser i kø

Det oppleves at busser blir stående i kø bak busser på kantstopp. AtB forteller at dette skjer oftest ved kantsteinstopp i Midtbyen og ved trafikkerte holdeplasser. Likevel oppleves det at kantstopp generelt gjør det enklere for bussen å holde ruta si.

Tide AS opplever at man blir stående i kø for å komme seg på holdeplassen i traseer der flere linjer kjører parallelt og der rutefrekvensen er høy. Flere kantstopp etter hverandre bør unngås, da disse fører til ytterligere køutvikling. Han kjører selv av og til på en linje med seks kantstopp etter hverandre langs en trasé i Bergen med mye

personbiltrafikk i rushtiden, og forstår medtrafikanternes frustrasjon.

Bussopphopning

At busser som kjører samme trasé parallelt hopper seg opp etter hverandre er et problem ved kantstopp. Dette beskrives både av Heggland (Miljøpakken) og Sehm (Vy Buss AS). Alle bussene i rekken må vente på at bussene foran har forlatt holdeplassen før de kan kjøre videre, selv om bussen ikke har behov for å stoppe på holdeplassen.

Heggland sier at det var mange busser som kjørte samme rute parallelt før det nye rutesystemet ble satt i drift i august 2019. Det nye rutesystemet med metabussene har gjort at færre busser kjører samme trasé. Likevel kan fortsatt bussopphopning oppstå. Dette er imidlertid ikke et like stort problem som tidligere, siden sannsynligheten for at alle bussene i rekken skal stoppe på alle holdeplassene er stor. Forsinkelsene vil være verre for busser som ikke har behov for å stoppe på holdeplassen i utgangspunktet. Etersom rutesystemet har redusert antallet holdeplasser, vil sannsynligheten for at alle bussene stopper på alle holdeplasser være stor. Derimot vil fly- eller regionbusser i rekken medføre større problemer. Lengre oppholdstider på grunn av manuell billettering vil medføre økte forsinkelser for trafikken bak, deriblant bussene i rekken, og at flere blir stående i kø. Flybusser på vei fra flyplassen, samt ekspressbusser, har ofte flere stopp der ingen passasjerer skal av. Å havne bak i en rekke av busser som stopper etter hverandre på kantstopp medfører unødvendig tidsbruk for disse.

Sehm (Vy Buss AS) trekker frem viktigheten av at busser får rotere i forbindelse med bussopphopning. Når bussene kjører i rekke må den fremste bussen alltid stanse og de som er bak blir værende bak. Dersom busser som skal gjennom sentrum og videre kjører først i rekken vil disse måtte stoppe på alle holdeplasser for av- og påstigning av folk som «bare» skal til sentrum. Busslommer på enkelte holdeplasser vil muliggjøre rotasjon i rekkefølgen av bussene. Dermed kan en buss som «bare» skal til sentrum eller nærmeste tettsted og ikke har avstigende passasjerer kunne kjøre forbi busser som skal gjennom sentrum og videre, slik at denne bussen kan laste personer på neste holdeplass. Da vil den gjennomkjørende bussen slippe å stanse for å laste noen som bare skal til sentrum. Fremkommeligheten vil bussene vil forbedres ved å innsette noen busslommer og unngå mange kantstopp etter hverandre. Antall kjørebane vil også være avgjørende for fremkommeligheten, da flere felt muliggjør forbikjøring.

Også AtB nevner bussopphopning i sitt svar. I gater der det er mange busser bør det være muligheter for forbikjøring. Derimot vil stort sett alle bussene i en normal hverdag stoppe ved de samme busstoppene slik at det som regel blir noenlunde godt der det er få linjer og tid mellom avgangene.

7.3.4 Trafikksikkerhet ved kantstopp

Generelt

Trafikksikkerhet er det aller viktigste som må vurderes ved planlegging av infrastruktur, forteller Simonsen (Mobilitet AS). Om trafikksikkerheten er tilfredsstillende eller ikke avgjør om bussholdeplassen kan etableres på aktuelt sted eller på planlagt måte. Dersom kantstopp medfører ekstra utfordringer for å få til en trafikksikker løsning, kan busslomme vurderes.

AtB synes at det er tenkt mye på sikkerheten i metrobusstraseene med kantstopp. De opplever at denne er ivaretatt på en god måte.

Fart

Kantstopp anlegges ved lave fartsgrenser (opptil 50 km/t i kjørefelt for blandet trafikk, og opptil 60 km/t i kollektivfelt), forteller Heggland (Miljøpakken). Lave fartsgrensene gjør at eventuelle trafikkulykker har lavere konsekvens enn ved andre holdeplastyper som er tilknyttet veger med høyere fartsgrenser. Noen kantstopp vil derimot ha høyere risiko for trafikkulykker enn andre holdeplastyper på grunn av lokalisering og forhold tilknyttet omgivelsene.

Eide (Trygg trafikk AS) beskriver at store hastighetsforskjeller mellom kjøretøy er uheldig. Det stiller store krav til oppmerksomhet fra hvert enkelt kjøretøy og kan bety kortere reaksjonstid dersom noen gjør uventede manøvre eller oppfatter situasjoner sent. For eksempel vil en buss på kantstopp gi store hastighetsforskjeller til andre kjøretøy.

I tillegg nevner Eide at man vet fra forskning at menneskekroppen tåler sammenstøt med harde gjenstander dårlig ved hastigheter over 40 km/t. Kantstopp bør derfor unngås på steder med fartsgrense over 40 km/t. Dette vil gjelde både ved kantstopp i kollektivfelt og i kjørefelt for blandet trafikk.

Forbikjøring

Forbikjøring av busser på kantstopp kan medføre trafikkfarlige situasjoner. Både Vy Buss, Tide og Brannvesenet forteller om at trafikkfarlige situasjoner kan oppstå ved at biler kjører forbi busser på kantstopp i litt for høy hastighet. Ludvigsen (Brannvesenet) sammenlikner det med å fyke forbi en buss som står i busslomme i feltet ved siden av.

Sehm (Vy Buss AS) legger i tillegg til at dette vil være utrygt dersom det også er stopp på andre siden og dersom folk skal over veien. Han opplever derimot at de fleste som kjører forbi har sjekket godt at det er klart før de passerer, og at farlige forbikjøringer

skjer sjeldent. Det vil likevel være en idé å unngå mange kantstopp etter hverandre, for å unngå at stressede personer kjører forbi.

Fotgjengere

Sehm opplever kantstopp som tryggere enn busslomme for passasjerer som skal av og på bussen. Dette er på grunn av at ved busslomme fortsetter trafikken forbi buskene som står i busslommen med like stor hastighet, mens de ved kantstopp senker de farten ved forbikjøring eller stanser bak, avhengig av om det er tofeltsveg eller én kjørebane.

Tide nevner at det er en risiko for at fotgjengere krysser foran bussen, særlig om det er fotgjengerfelt umiddelbart foran bussholdeplassen. Ved buss på kantstopp kan kryssende fotgjengere være vanskelig å oppdage, og medføre fare for ulykker ved for eksempel forbikjøring. Også Eide (Trygg trafikk) nevner risikoen for at fotgjengere kan komme ut i vegbanen der sikten er hindret, enten bak eller foran bussen.

Eide (Trygg Trafikk) sier at bussholdeplasser der bussen svinger fysisk ut av vegbanen og inn på holdeplass og derfra leder sårbare trafikanter vekk fra annen trafikk vil være tryggere enn kantstopp. Bybusser som stanser ved kantstopp i ordinære kjørefelt vil ved påkjørsel kunne innebære høyere risiko for passasjerer. I busser uten monterte setebelter eller der passasjerer har reist seg opp eller ikke satt seg ned vil passasjerene har forhøyet risiko. Fotgjengere som står eller går tett inntil en flerfeltsveg, på en høyhastighetsveg eller i nærheten av en høyhastighetsveg utgjør en risiko for trafikkulykker, sier Eide.

Herrmann (Legevakta) sier at folk på kantstopp vil kunne sammenliknes med at det er folk på fortauet. Dermed tenkes ikke trafiksikkerheten på kantstopp på som verre eller bedre enn ved andre elementer i vegsystemet. Det er alltid en risiko å ferdes i trafikken. Bilførere må være oppmerksomme uansett.

Ifølge Halvorsen (Politiet) har ikke Politiet fått inntrykk av at kantstopp er mer trafiksikkert enn busslomme. Ventende bussreisende står nærmere vegbanen, noe som er trafikkfarlig ved lek eller fyll på ventearealet sammenliknet med dersom ventearealet er plassert lengre vekk fra vegbanen. Dersom det ikke er egne sykkelfelt vil syklistene kunne foreta skumle forbikjøringer av busser på kantstopp, både i vegbanen og på fortauet dersom det ikke er egne sykkelfelt. Politiet mener at myke trafikanter bør separeres fra vegbanen mest mulig for å gjøre ventearealet tryggest mulig. Dette gjør busslomme til det sikreste alternativet.

Ved utforming av kantstopp mener Halvorsen at det bør velges løsninger som skal gjø-

re det vanskelig for fotgjengere å havne i vegbanen, og også vanskelig for kjøretøy å havne på fortauet eller i andre farlige situasjoner. I tillegg bør det være lav fart forbi kantstopp, siden de som venter står nærme vegbanen.

Ludvigsen forteller at brannvesenet opplever kantstopp som en dårligere holdeplassløsning enn busslomme med tanke på trafiksikkerhet. Tilstedeværelsen av myke trafikanter vil være skummelt uansett holdeplasstype, men kantstopp vil føre til en større risiko for ulykker. Med tanke på fotgjengers sikkerhet bør man alltid senke farten når man passerer et kantstopp.

Midtrabatt

Midtrabatter mellom kjørefelt anvendes for å øke trafiksikkerheten ved kantstopp, forteller Heggland (Miljøpakken). Disse vil vanskeliggjøre villkryssing av fotgjengere og gjøre forbikjøring umulig, slik at området omkring kantstoppet gjøres tryggere for fotgjengere.

Det hender likevel at personer kjører opp på midtrabatten eller fortauet. Ludvigsen forteller at Brannvesenet blant annet har opplevd at bussen har kjørt opp på fortauet for å slippe dem forbi. Ved å kjøre over midtrabatter eller opp på fortauet kan man overraske andre trafikanter og skape farlige situasjoner. Det anbefales at kantstopp utformes med overkjørbare refuger for å sikre fremkommelighet når passering er nødvendig.

Simonsen (Mobilitet AS) omtaler løsninger med dobbel sperrelinje som en god løsning som ivaretar både sikkerhet og nødsituasjoner.

Forutsigbarhet

Kantstoppet og løsninger tilknyttet dette bør være forutsigbare. Eide (Trygg trafikk) bemerker dette, og sier at det gjelder både forutsigbar infrastruktur og forutsigbar trafikantatferd.

Logiske og lettleste løsninger tilknyttet kantstoppet er viktig. Halvorsen (Politiet) nevner at mye ulik kollektivskilting gjør at for eksempel mopedene må bytte fil ofte og følge ekstra godt med når de kjører, og gjør de ekstra sårbare. Det antas dermed en økning i antall mopedulykker som følge av dette. En buss som plutselig stopper i kjørefeltet kan også komme overraskende på kjøretøy bak, og medføre økt risiko for ulykker.

Ludvigsen (Brannvesenet) nevner også at kantstopp er best anvendt på oversiktlige plasser. Da vil ulykker tilknyttet at kjøretøy blir overrasket av busser som stopper i kjørefeltet lettere unngås.

Lite registrert data

Det finnes lite registrert data fra trafikkfarlige situasjoner ved kantstopp. Ulykker blir ofte registrert, men ikke ubehagelige episoder og nesten-ulykker. Heggland (Miljøpakken) sier at det derfor er vanskelig å måle trafikksikkerheten ved kantstopp, og at trafikksikkerhetsmessige tiltak blir ofte valgt ut ifra hva en selv mener.

Sehm (Vy buss) ser også problemene ved lite data. Man må alltid tenke på hvilke trafikkfarlige situasjoner som kan oppstå ved planlegging av infrastruktur. Ved å inkludere verneombudet kan potensielle trafikkfarlige situasjoner lettere oppdages, og det oppleves at der verneombudet har vært med i planleggingsfasen blir det en bedre løsning for kollektivtrafikk.

7.3.5 Miljø i forbindelse med kantstopp

Fra intervjuene er det generelt lite kommentarer tilknyttet miljøeffekter som følge av kantstopp. Svarene tilknyttet miljø er nevnt her.

Reduksjon av biltrafikk

Aslak Heggland fra Miljøpakken nevner at Miljøpakken skal bygge tiltak som reduserer biltrafikk, men at de ikke har regnet på hvor mye utslipp som reduseres som følge av dette. Kantstopp er et tiltak som skal bidra til reduksjon i personbiltrafikken. Også Steinar Simonsen (Mobilitet AS) poengterer at en viktig effekt av kollektivtrafikken er at det bidrar til reduserte utslipp dersom det får biltrafikanter til å velge kollektive løsninger. Dette argumentet ligger bak mye av tankegangen i kollektivplanleggingen, forteller han.

Bussflyt

AtB nevner bedre bussflyt i forbindelse med kantstopp enn busslommer som en miljøgevinst. Utkjøring fra kantstopp sikrer buss bedre flyt enn buss som må ut fra busslomme med vikeplikt på veger med stor ÅDT. Innføring av kantstopp avgir dermed mindre klimatiske utslipp av CO₂, NO_x og PM10, samt drivstofforbruk sammenliknet med ordinære busslommer.

Bremsing og akselerasjon

Det er enighet blant flere av intervjuobjektene i at kantstopp fører til mer bremsing og akselerasjon for annen trafikk. Som kjent bidrar dette til økte utslipp av klimagasser.

Størrelsen på økningen i utslipp er nødvendigvis ikke så stor. Som oftest resulterer kantstopp i marginalt mer utslipp for bilene som blir stående å vente, sier Simonsen.

Ole Ludvigsen (Trøndelag brann- og redningstjeneste) nevner at økningen i drivstofforbruk og utslipp ved stopp er større ved store kjøretøy, slik som brannbilen. Han legger til at brannbilen ikke kjører så økonomisk i utgangspunktet, men at dette forverrer seg enda mer når kantstopp fører til mer stopp og start og flere feltskifter.

Harald Sehm (Vy Buss) nevner i tillegg at mye bremsing og akselerasjon i forbindelse med kantstopp og mange busser etter hverandre kan føre til mer dekkslitasje.

Økning i busstrafikk

Sehm sier at det er lagt merke til mye tomkjøring i Trondheim. Flere busser på vegene enn nødvendig vil også gi mer utslipp. Også Halvorsen har registrert at ved mye busstrafikk har flere av bussene god plass til passasjerer. Det stilles derfor spørsmål ved om det er behov for alle bussene som kjører i dag.

8 DISKUSJON

I dette kapittelet vil det diskuteres fordeler og ulemper ved kantstopp for bussen som stopper på kantstoppet, annen trafikk, andre busser, trafiksikkerhet og miljø. Diskusjonen vil ta utgangspunkt i egne observasjoner og egne erfaringer fra modellering i Excel, samt de gjennomførte intervjuene. Til slutt diskuteres hvordan kantstopp generelt fungerer som tiltak.

8.1 Effekter av kantstopp for busser på kantstoppet

Det virker som om det er en generell oppfatning at kantstopp øker fremkommeligheten til bussen. Fra både observasjoner og svar fra intervjuer kommer det frem at kantstopp gjør at bussen sparer tid på inn- og utkjøring til holdeplassen sammenliknet med busslomme. Tidsbesparelsene fra innkjøring kommer av at busslommer har mer krevende manøvrering for at bussen skal få stilt seg helt inntil plattformen i forhold til ved kantstopp. Ved utkjøring sparer bussen tid på å kunne kjøre rett frem fra kantstoppet, i stedet for å presse seg ut i trafikken fra busslommen. Tidsbruken for oppholdet på kantstoppet vil være tilnærmet lik som ved busslomme. Der er det stort sett bussens egenskaper som gir størst reduksjoner i oppholdstid.

Derimot sier bussoperatørselskapene Vy buss AS og Tide AS at denne innsparingen oppleves som minimal. Andre kjøretøy er generelt flinke til å slippe bussen frem etter at den har stoppet i busslomme.

Til tross for at det skjer tidsbesparelser og at bussen er sikret god fremkommelighet når det skal videre fra kantstoppet, er ikke disse effektene betydelige for bussen i seg selv. Tiltaket vil likevel fremme kollektivtransporten. Når bussen blokkerer vegen på kantstoppet, vil annen trafikk måtte vente bak. Dersom dette gjør at færre kjører bil, kan det gagne busstrafikken på grunn av at færre biler på vegene medfører bedre fremkommelighet på vegene generelt og dersom flere velger å ta buss, kan bussystemet etter hvert oppgraderes med for eksempel hyppigere avganger.

Selv om ikke de øyeblikkelige effektene av kantstopp spiller så stor rolle for bussen på kantstoppet, vil derimot langtidseffektene potensielt ha flere positive konsekvenser.

8.2 Effekter av kantstopp for øvrig trafikk

Det er opplagt at buss på kantstopp medfører forsinkelser for annen trafikk. Jo lengre tid bussen stopper, jo flere kjøretøy involveres og jo større forsinkelser oppstår. Dette kommer frem fra både modellering av kantstopp ved bruk av sjokkbølgeteori og

køteori, samt intervjuer og observasjoner. I hvilken grad disse forsinkelsene er av betydning varierer.

Utfordringen ved kantstopp for annen trafikk er at det er begrensede muligheter for forbikjøring, noe som også er noe av konseptet for kantstopp. Dermed må kjøretøyene vente i kø til bussen har kjørt videre. Noen sekunders forsinkelse her og der vil ikke påvirke den generelle biltrafikanten i stor grad. For de aller fleste vil kantstopp kun føre til at kjøretøyet kommer litt senere frem til det det skal. Forsinkelsen vil stort sett ikke ha ytterligere konsekvenser, men dersom bilførere på forhånd vet at de skal benytte seg av traseer med kantstopp kan de beregne litt ekstra reisetid for å komme seg frem tidsnok. Likevel uttrykker Tide AS at de forstår medtrafikantenes frustrasjon. Det kan oppleves unødvendig å måtte vente i kø gjentatte ganger på en strekning fordi bussen skal stoppe på flere kantstopp på rad, når bussen bare ville brukt noen få ekstra sekunder på å stoppe i busslomme.

Konsekvensene for annen trafikk kan også få bilførere til å benytte seg av andre, mer effektive transportmidler enn bilen, for eksempel bussen. På denne måten fremmes bussen som reisemiddel og ved at flere ønsker å ta buss kan også systemet forbedres ytterligere. Færre kjøretøy på vegen vil også føre til bedre fremkommelighet for de kjøretøyene som er igjen, da færre kjøretøy kan involveres i køen. Derimot vil en økning i passasjermengde kunne føre til lengre oppholdstider på holdeplassen, og på grunn av dette føre til at de kjøretøyene som involveres i køen får større gjennomsnittlige forsinkelser.

På den andre siden finnes det trafikanter som er svært sensitive for forsinkelser. For utrykningskjøretøy kan fremkommeligheten avgjøre om arbeidet de gjør blir suksess eller fiasko. I tillegg til forsinkelser fra køkjøring ved kantstopp, nevnes også forsinkelser på tofeltsveger med kantstopp tilknyttet feltskifter når bussen kjøres forbi. Deres feltskifter for å komme forbi bussen (som ikke kan kjøre inn i en busslomme for å slippe utrykningskjøretøyene forbi) medfører at trafikken foran foretar feltskifter for å gi fri veg til utrykningstøylene. Utrykningskjøretøyets opprinnelig planlagte kjøretrasé blir dermed endret. På denne måten blir også utrykningskjøretøyene forsinket på grunn av kantstopp. Ved spørsmål om utrykningskjøretøyene har måttet bytte utrykningsrute til andre gater på grunn av kantstopp, svarer de både ja og nei. Politiet og Brannvesenet har opplevd å endre utrykningsruter som følge av kantstopp, mens Legevakta forteller at disse ikke har blitt endret i stor grad. De strekningene der kantstopp fører til svært dårlig fremkommelighet har også vært dårlige før endringen, og dermed vært unngått før. Det kan altså litt ulike oppfatninger av om kantstopp har ført til «litt verre» eller «mye verre» fremkommelighet for utrykningskjøretøy. Uansett vil forsinkelser av alle typer være dårlig for utrykningskjøretøy, utelukkende fordi utrykningskjøretøy er

avhengig av å komme raskest mulig frem til målet. Kantstopp vil være en medvirkende årsak til at forsinkelser oppstår.

En annen utfordring med kantstopp er midtrabatter mellom kjørefeltene. Dette hindrer forbikjøring, som ofte kan være trafikkfarlige. Noen ganger vil derimot forbikjøring være helt nødvendig. Utrykningskjøretøy må i slike tilfeller kjøre i motgående kjørefelt for å komme forbi bussen. Her kan de ende opp med å bli låst i feil kjøreretning. Fremkommeligheten her vil variere ut ifra oppførselen til annen trafikk, men siden det er knyttet større risiko til slike forbikjøring enn til feltskifter i flerfeltsveger anses fremkommeligheten som dårligere på vegger med midtrabatt enn uten. Stort sett alle intervjuobjektene ser på overkjørbare midtrabatter eller doble sperrelinjer som bedre løsninger enn midtrabatt mellom kjørefelt. Dette er på grunn av at de ønsker å sikre fremkommelighet ved behov for nødvendige forbikjøring. Excel-modellen er også modellert med utgangspunkt i at det ikke er muligheter for å kjøre forbi, slik som ved midtrabatter mellom kjørefelt. Doble sperrelinjer ville ikke ført til noen endringer i modellen eller resultatene for annen trafikk, men det er enkelt at forstå at utrykningskjøretøy vil få bedre fremkommelighet når de får muligheten til å kunne kjøre forbi ett og ett kjøretøy i køen, spesielt dersom det er dårlig sikt eller mange kjøretøy i motgående kjørefelt.

Ut ifra modellene kan man se at noen få sekunders ekstra stoppetid medfører at flere biler involveres i køen og at hvert kjøretøys gjennomsnittlige forsinkelse blir lengre. Dette forsterkes ytterligere ved større trafikkmengder, flere busser som stopper på kantstoppet og ved flere kantstopp etter hverandre. Dette kommer også frem fra intervjuene.

Det er usikkert hvorvidt bussene klarer å holde en gjennomsnittlig stoppetid på 15 sekunder på sikt, som er Miljøpakkens målsetning for metrobussen. Dersom bussen blir mer attraktiv, vil flere passasjerer som skal av og på bussen føre til økte stoppetider. Dette vil antakeligvis løses ved å sette flere busser i drift. Samtidig ser man også at økt bussfrekvens gir større forsinkelser for involvert trafikk. Det eneste kravet om bussantall fra håndbøkene ved utforming av kantstopp er at det skal være færre enn 30 busser i dimensjonerende time i gater. I vegger er det ikke et slikt krav, og der tilettes kantstopp opp til en ÅDT på 12 000. Kantstopp i slike vegger vil ikke være en god løsning, da det blir mye kø og utålmodige bilister. AtB sier selv at det ved enkelte holdeplasser i Midtbyen kan det være opptil 80 passeringer i timen. Det er også her bussene oftest opplever forsinkelser. Det antas derfor at det burde settes krav eller anbefalinger for dimensjonerende antall busser i timen også ved utforming av holdeplass i vegger.

Sjokkbølgediagrammene viser tydelig at to kantstopp etter hverandre fører til at gjennomsnittlig forsinkelse og antall involverte kjøretøy øker på det andre kantstoppet. Denne effekten vil følgelig forsterkes ved flere og flere kantstopp etter hverandre. Dette har også flere av intervjuobjektene opplevd. De anbefaler at flere kantstopp etter hverandre unngås på grunn av køutviklingen, samt frustrasjonen, som oppstår. Metrobussen har stort sett egne traseer, og på grunn av dette har det blitt ansett som greit å anlegge flere kantstopp etter hverandre. Generelt bør det likevel anbefales å redusere antall kantstopp etter hverandre, hvis mulig, men at løsningen til slutt kan avgjøres av lokale forhold.

8.3 Effekter av kantstopp for andre busser

På samme måte som andre kjøretøy blir påvirket av busser på kantstopp, blir også andre busser det. Det vil si at økte stoppetider på holdeplass, mye trafikk, høy bussfrekvens, flere kantstopp etter hverandre og midtdelere vil føre til dårligere fremkommelighet og forsinkelser for andre busser.

Høy bussfrekvens fører til at busser som kjører samme strekning parallelt hopper seg opp. Problemet med bussopphopning er kort beskrevet at når busser kjører samme strekning rett etter hverandre, vil den første bussen stoppe på kantstoppet for å ta opp passasjerer hver gang. De andre bussene må vente bak. Rekken av busser består av busser som etter hvert skal til ulike steder og som ikke alltid har behov for å stoppe for å ta på eller av passasjerer. I dette tilfellet vil ikke kantstoppet være et godt fremkommelighetstiltak for bussen. Dette kan derimot gjøres bedre ved å muliggjøre rotasjon i bussrekkefølgen noen steder, for eksempel ved sette inn busslommer noen steder slik at mange kantstopp etter hverandre unngås.

8.4 Effekter av kantstopp på trafikksikkerhet

Det er delte meninger om hvorvidt kantstopp er en god eller dårlig løsning som trafikksikkerhetstiltak. Ofte er det ikke kantstoppet alene som påvirker trafikksikkerheten til det bedre eller verre, men kantstoppet i kombinasjon med andre tiltak. Disse tiltakene kan også kombineres med busslomme. I tillegg er det også et problem med lite registrert data fra trafikkfarlige situasjoner ved kantstopp. Utformingen må derfor velges ut ifra egne meninger, og helst suppleres med tanker fra verneombud i busselskap.

Kantstopp anlegges ved lave fartsgrenser, og fører til at ulykkeskonsekvensene reduseres dersom det skal oppstå en trafikkulykke. Til tross for lave fartsgrenser, mener Trygg Trafikk at store hastighetsforskjeller, som mellom en buss som står stille og an-

nen trafikk, er uheldig. Det krever ekstra oppmerksomhet for hver enkelt fører og kan medføre kortere reaksjonstid dersom uventede situasjoner oppstår. Lave fartsgrenser vil likevel gjøre det enklere å oppfatte situasjoner raskt, og dersom det allerede er bestemt at det skal være et kantstopp der vil lave fartsgrenser gjøre trafikksikkerheten bedre.

Eide (Trygg Trafikk) ser på holdeplasser der bussen svinger fysisk ut av vegbanen som tryggere enn kantstopp. Fotgjengere tett inntil vegbanen utgjør en risiko for trafikkulykker. Dette er flere enige i. Herrmann (Legevakta) sammenlikner derimot passasjerer på kantstopp med fotgjengere på fortau. Dermed ses ikke kantstopp på som mindre eller mer trafikksikkert enn ved andre elementer i vegsystemet. Sehm (Vy Buss) synes derimot at kantstopp oppleves som mer trafikksikkert enn busslomme for fotgjengere, på grunn av at bilene senker farten når de kjører forbi eller stopper bak bussen. Ved busslomme fortsetter trafikken forbi bussen på busslomme i like stor hastighet. Alle intervjuobjektene har gode poeng når det kommer til vurderingen av kantstopp for fotgjengeres sikkerhet. Som Herrmann tidligere har nevnt er det alltid en risiko å ferdes i trafikken. Bilførere må være oppmerksomme uansett. Likevel kan man ikke utelukke at bilførerne noen ganger ikke er oppmerksomme nok. For å ta hensyn til disse situasjonene bør sårbare trafikanter, slik som fotgjengere, ledes litt vekk fra kjørebane når de går av og på, samt venter på bussen. Kantstopp kan utformes på en god måte med tanke på fotgjengeres sikkerhet dersom det er plassert på oversiktlige plasser der det sikres god sikt og at det er lave fartsgrenser på strekningen.

8.5 Effekter av kantstopp på miljø

Kantstopp er i utgangspunktet et tiltak som skal bidra positivt til miljøet ved å redusere biltrafikken. Den reduseres som følge av at bussen blir et mer attraktivt reisemiddel enn personbil. Derimot vil de bilene som er igjen på vegene havne oftere i kø på grunn av at bussen blokkerer kjørefeltet, og medføre mer utslipp på grunn av mer stopp og start, bremsing, akselerasjon og lave hastigheter. I tillegg nevnes det at bussen vil få en reduksjon i utslipp i de tilfeller den slipper å kjøre ut fra busslomme med vikeplikt på vegger med stor trafikk. Busser i trafikken bak busser på kantstopp vil derimot oppleve mer køkjøring, noe som øker utslippene. Balansen mellom mindre utslipp på grunn av færre biler og bedre bussflyt, og mer utslipp på grunn av køkjøring er udefinert.

Også her sammenliknes øyeblikkseffekter med langtidseffekter. Når kantstoppet er bygd, er det øyeblikkseffektene man legger merke til. Antakeligvis er det derfor disse tiltakene som blir avgjørende ved vurdering av kantstopp som miljøtiltak i kort tid etter innføring; at kantstopp medfører lange køer med mye utslipp. Om man derimot

vurderer kantstoppet etter en lengre tidsperiode, kan man sammenlikne trafikkmengden fra før og etter kantstoppet ble bygd. Da vil nok balansen bli annerledes dersom kantstoppet fungerer som sin hensikt.

8.6 Kantstopp som tiltak generelt

Man ser både fordeler og ulemper av kantstopp som tiltak generelt. Effektene av kantstoppet kan beskrives som ganske sammensatte.

Kantstopp gir fordeler for bussen på kantstoppet, men ulemper for bussene og resten av trafikken bak. Ulemper for trafikken bak fører deretter til fordeler for bussen ved at flere velger å kjøre buss. Flere passasjerer fører til lengre stoppetider og flere busser på vegene, og høy bussfrekvens medfører større forsinkelser, og dermed flere ulemper, for andre busser og den øvrige trafikken.

Effektene fra kantstopp er både momentane og langtidsvirkende. Slike effekter er vanskelige å sammenlikne. Over tid vil kantstopp kunne være et godt tiltak for miljøet ved at busstransporten gjøres mer attraktiv. I øyeblikket er det køkjøring og følgende økte utslipp som beskriver kantstoppets effekter best.

Trafikksikkerheten ved kantstopp er også diskuterbar. Fotgjengere på kantstopp vil være en risiko fordi de står nærme vegbanen, men samtidig er det ikke noe nytt at fotgjengere spaserer langs kjørebanen. Busslommer tillater høyere fartsgrenser enn kantstopp på vegen holdeplassen befinner seg på. Biler vil dermed kjøre sakte forbi busser på kantstopp og fortere forbi busser i busslomme, selv ved lik avstand mellom buss og kjørefelt. Med hensyn til at bilførere kan være uoppmerksomme bør bussholdeplasser optimalt utformes som busslomme med lave fartsgrenser ved siden av av hensyn til sikkerheten.

Ved en fullstendig vurdering av kantstopp som tiltak bør man inkludere flere andre forhold som ikke er sett på her. Denne oppgaven begrenser seg til å omhandle fremkommelighet, trafikksikkerhet og miljø, og noen utelatte forhold er blant annet nevnt i kapittel 1.2. Man må også huske på at kantstopp kan være eneste løsning noen ganger, for eksempel på grunn av begrenset areal eller begrensede kostnader.

9 KONKLUSJON

Politiske målsetninger om reduserte utslipp har ført til en satsning på å stagnere veksten i personbiltransporten til tross for økt befolkningsvekst i de største byområdene. Ved å innføre tiltak som gjør kollektivtransport mer attraktivt, vil man få flere til å velge kollektivtransport i stedet for personbil. Kantstopp er et slikt tiltak, da den fremmer bussens fremkommelighet og gjør personbilen mindre attraktiv.

Det er sett på eksisterende krav og anbefalinger for holdeplassutforming i veger og gater, samt gjennomført en litteraturstudie om kantstopp og dets tilhørende elementers påvirkning på fremkommelighet, trafiksikkerhet og miljø som et grunnlag for oppgaven. Metodene i oppgaven er deretter brukt for å vurdere kantstopps effekter på bussen på holdeplasser, annen trafikk, andre busser, trafiksikkerhet og miljø.

9.1 Konklusjon

Konklusjoner av kantstopps effekter for bussen på kantstoppet, annen trafikk, andre busser, trafiksikkerhet og miljø beskrives nedenfor ved å besvare forskningsspørsmålene.

Hvilke fordeler har bussen som stopper på kantstopp?

Bussen som stopper på kantstopp får fordeler av kantstopp ved at den stenger kjørefeltet når den stopper. Dette kan føre til at flere vil velge buss fremfor personbil på sikt, som følge av forsinkelsene som oppstår for annen trafikk. De øyeblikkelige fordelene av kantstopp er at bussen får enklere inn- og utkjøring av holdeplassen enn ved busslomme. Tidsbesparelser ved innkjøring kommer av enklere manøvrering inntil plattformkanten ved å stoppe i vegbanen enn å svinge inn i en busslomme. Ved utkjøring slipper bussen å måtte «presse seg ut» i vegen blant annen trafikk. Kantstopp gjør at bussen kan kjøre rett frem, og er sikret god fremkommelighet et godt stykke fremover på vegen.

Hvordan blir annen trafikk påvirket av kantstopp?

Kantstopp medfører generelt dårligere fremkommelighet for annen trafikk ved at de må vente i kø bak busser på kantstopp. Disse forsinkelsene er ofte kun noen sekunder, og gir som oftest ikke andre konsekvenser for annen trafikk enn at de kommer litt senere frem. Flere kantstopp etter hverandre vil derimot raskt føre til økte gjennomsnittsforsinkelser for hvert kjøretøy som involveres i køen og at antall kjøretøy som involveres i køen øker, og bør derfor unngås. Selv noen sekunders forsinkelse kan ha svært store konsekvenser for andre typer kjøretøy, for eksempel utrykningskjøretøy. Den negative effekten på utrykningskjøretøy kan gjøres bedre ved å la midtrabattene være overkjørbare eller ved bruk av doble sperrelinjer. Det kan også oppstå andre tilfeller der det

er nødvendig å passere bussen, for eksempel om bussen får motorstopp. På flerfeltsveger taper utrykningskjøretøy tid på at bussen ikke kan kjøre inn i busslommer for å slippe dem forbi. De må gjennomføre hyppige feltskifter for å passere bussen, noe som medfører at trafikken foran gjennomfører feltskifter for å gi fri veg. Dette fører til at utrykningskjøretøyets planlagte trasé endres, og dermed til ytterligere forsinkelser for utrykningskjøretøyene. Å gjøre om noen av kantstoppene til busslommer vil ha en effekt for utrykningskjøretøyenes fremkommelighet i dette tilfellet.

Hvordan kan andre busser påvirkes av kantstopp?

Også busser opplever ulemper i forbindelse med kantstopp når de ikke står på holdeplassen selv. De blir forsinket når de står i kø bak bussen, og manglende forbikjøringsmuligheter vil i tillegg medføre at bussene ikke får byttet rekkefølge og dermed hopper seg opp bak hverandre når de kjører samme strekning. Dersom færre busser kjører samme strekning vil dette bli et mindre problem. Å sette inn noen busslommer iblant kantstoppene vil også redusere problemet.

Hvordan påvirkes trafiksikkerhet og miljø ved kantstopp?

Det ser ikke ut til at kantstopp foreløpig påvirker trafiksikkerheten i stor grad, men at fotgjengere nærme vegbanen knyttes til en større risiko for at ulykker forekommer. Lave fartsgrenser forbi kantstopp vil derimot redusere risikoen for at ulykken er alvorlig dersom den forekommer.

Buss på kantstopp fører til økte utslipp fra bilene som må kjøre i kø på grunn av denne. Likevel vil kantstopp kunne være et godt tiltak for miljøet på lang sikt. Dette vil i så fall skje som følge av reduserte utslipp på grunn av at tiltakets mål om at personbiltrafikken ikke øker. Muliggjøring av mest mulig jevn kjørehastighet vil bidra til mindre utslipp. Dette kan derimot være vanskelig å oppnå på strekninger med kantstopp. Reduksjon av de faktorer som forsterker køutviklingen vil derfor være gode tiltak for å begrense utslippene fra annen trafikk, for eksempel ved å redusere bussfrekvensen, stoppetiden eller antall kantstopp etter hverandre.

Samlet vurdering

Kantstopp fører til forsinkelser for trafikken bak, og blir et større og større problem ved flere kantstopp etter hverandre, høy busstrafikk og høy biltrafikk. Av hensyn til andre trafikanter, bør mange kantstopp etter hverandre unngås der dette er mulig. Ved å innsette busslommer iblant vil dette også gagne busstrafikken, ettersom det muliggjør at bussene får byttet rekkefølge og dermed generelt får bedre fremkommelighet. Høy bussfrekvens fører både til bussopphopning og økte forsinkelser for annen trafikk, og det bør derfor settes krav til maksimalt antall busser i timen for alle typer strekninger med kantstopp. Kantstopp bør anlegges i gater uten mye biltrafikk, da dette bidrar til

økte forsinkelser for både busser og annen trafikk. Det bør i tillegg tilrettelegges bedre for forbikjøring slik at dette kan gjennomføres i de tilfeller det er nødvendig. Dette kan løses med doble sperrelinjer eller overkjørbare midtrabatter.

De nevnte tiltakene som reduserer omfanget av køutviklingen vil også være gode tiltak med tanke på miljøet. Av trafikksikkerhetshensyn bør fartsgrensene på strekninger med kantstopp være lave.

Dersom nevnte hensyn tas, vil kantstopp kunne være et godt element i trafikkbildet.

9.2 Refleksjoner

Det oppsto utfordringer under arbeidet med denne oppgaven som følge av Covid 19. Videoopptak og ytterligere observasjoner kunne ikke gjennomføres som planlagt på grunn av unormal trafikksituasjon. Bussrutene ble endret, biltrafikken gikk ned og folk ble oppfordret til å ikke ta buss. Videoopptak skulle blant annet gi inndata til modellen i form av gjennomsnittlige stoppetider, samt registreringer av kølengder. De registrerte kølengdene skulle dermed sammenliknes med resultater fra modellen, og avgjøre om modellen var egnet til å estimere faktiske kølengder og forsinkelser. Dette førte til at Excel-modelleringen som metode ble gjennomført på en annen måte, der antatte vanlige stoppetider ble sammenliknet for å vise effektene av kantstopp på annen trafikk. I tillegg fikk også de andre metodene en større rolle i oppgaven på bakgrunn av dette. Selve strukturen i oppgaven ble også endret.

De fleste intervjuene ble gjennomført med videosamtaler eller mailkorrespondanse. Det opplevdes som litt mer utfordrende enn å sitte overfor hverandre i samme rom. Blant annet kunne kvaliteten på lyden være dårlig, og det kan ha vært gått glipp av potensielt viktige detaljer ved bruk av mail.

9.3 Videre arbeid

For å gi en riktigere vurdering av kantstopps effekter på annen trafikk bør det ved videre analyser gjennomføres datainnsamlinger på veger som anlegger kantstopp der det før har vært busslomme. Data bør samles inn både før og etter kantstoppet er anlagt, slik at forskjellen i effekter fra busslomme og kantstopp kan beskrives. Det bør samles inn data fra bussholdeplasser flere forskjellige steder og av ulik utforming, og flere ganger på hver holdeplasser. I tillegg bør det registreres hvordan logistikken foregår inne på kantstopkene, både for passasjerer og busser. Ved å ta hensyn til lokale forskjeller vil man gjøre resultatene mer representative for flere kantstopp andre steder i landet, og dermed mer gyldige for en generell vurdering. Det bør også gjøres vurderinger tilknyttet de ulike utformingene hver for seg. For å estimere langtidsvirkninger av kantstopp

vil det anbefales å samle inn nye data en god stund etter at kantstoppet anlegges. Da kan man vurdere om kantstopp over tid forbedrer fremkommeligheten på vegene og om de faktisk fører til mindre vekst i personbiltrafikken, som er hensikten. Det bør også spesifiseres om vurderingen omfatter ett kantstopp eller en strekning med flere kantstopp.

Analysene bør gjennomføres ved bruk av flere metoder. Mikrosimulering vil for eksempel kunne gi enda mer detaljerte resultater, ettersom det tas hensyn til enkeltkjøretøys oppførsel. Flere intervjuer, blant annet inkludering av intervjuer med busspassasjer og «vanlige» trafikanter, vil også anbefales for å få mer representative meninger fra ulike grupper.

Det bør gjøres grundige undersøkelser for krav til ÅDT ved kantstopp, da man bør være sikker på at busser på kantstopp kun påvirker en akseptabel mengde kjøretøy. Også krav til bussmengder bør undersøkes grundigere, slik at de ikke medfører at busser hopper seg opp. Det bør tas hensyn til at det dannes puljer av kjøretøy i trafikken, og at det derfor kan komme mange biler og busser på en gang.

Grensen for når kantstopp medfører for mange ulemper for bussen til at det er et godt tiltak for buss bør undersøkes i videre analyser, altså ved å se grundigere på hvordan en buss på kantstopp slår tilbake på andre busser. Denne grensen vil være annerledes enn grensen der kantstopp er uakseptabelt for annen trafikk.

Det bør i tillegg inkluderes og tas hensyn til flere forhold enn de som er inkludert i oppgaven ved vurdering av kantstopp. Denne oppgaven begrenset seg til å kun vurdere effektene på trafikksikkerhet og miljø, i tillegg til fremkommelighet for busser og andre kjøretøy. Påvirkning på andre forhold vil kunne gi en mer korrekt vurdering av kantstopp som tiltak. Eksempler på forhold som kan inkluderes er nevnt i kapittel 1.2.

Vurderingen av kantstopps effekter på trafikksikkerhet og miljø kan gjøres bedre ved å benytte seg av flere metoder enn kun intervjuer og observasjoner, som ble benyttet her. Flere intervjuer vil også her være anbefalt for å få en grundigere vurdering. For trafikksikkerhetseffekter bør man i tillegg se på utviklingen av trafikkulykker fra før og etter busslommen ble utformet som kantstopp. Dette kan gjøres ved å både se på rapporterte ulykker eller å observere ulykker og nesten-ulykker ved ulike kantstopp.

For riktigere vurderinger av effekter fra kantstopp på miljøet, bør det regnes på økte og reduserte utslipp fra økt køkjøring og lavere personbilvekst. I denne oppgaven er det for det meste sett på miljøeffekter i form av utslipp. En grundigere vurdering av miljøeffekter bør også inkludere effekter på lokale forhold, slik som støy og vegstøv.

FIGURER

Scientific Article	1
1 Connection between speed and fatalities (TØI, 2012)	9
2 CO ₂ -emissions as function of speed and acceleration, combined with measures from a diesel car (Panis et al., 2006)	10
3 Drawing of delays for vehicles behind bus at curbside bus stop	12
4 Shockwaves at curbside bus stops	13
5 Effects of two curbside bus stops with 20 seconds stops	17
6 Average delays at different bus flows	18
Tilleggsdokument	29
1.1 Slik ser metrobussen ut. Busstypen er Van Hool ExcuiCity (Miljøpakken, d).	31
1.2 I denne figuren vises linjekartet for 2019. De tre metrobusstraseene fra 2016 er markert med grå farge, og tallene 1, 2 og 3. Knutepunkt og omstigningspunkt er markert med en grå prikk (AtB, 2019).	33
1.3 Kantstopp er holdeplass i kjørebanelen (Hanssen, 2019)	34
2.1 Skisse av busslomme (Vegdirektoratet, 2014)	37
2.2 Skisse av kantstopp (Vegdirektoratet, 2014)	38
2.3 Utformingsanbefaling for kantstopp. Mål i meter, og n angir antall busser som forventes å stoppe samtidig (Vegdirektoratet, 2019).	40
2.4 Krav til kantstopp (Vegdirektoratet, 2014).	40
2.5 Kantstopp med utlagt plattform (Vegdirektoratet, 2014).	42
2.6 Timeglasstopp (Vegdirektoratet, 2014).	42
2.7 Kantstopp i gater med parkering (Vegdirektoratet, 2014).	43
2.8 Kantstopp med delende trafikkøye (Vegdirektoratet, 2014).	43
2.9 Kantstopp med gang- og sykkelveg (Vegdirektoratet, 2014).	43
2.10 Kantstopp med sykkelfelt (Vegdirektoratet, 2014).	44
2.11 Kantstopp ved sykkeltrasé ført bak plattform (Vegdirektoratet, 2014).	44
2.12 Kantstopp med to oppstillingsplasser og sykkel ført bak plattform (Veg- direktoratet, 2014).	44
2.13 Kantstopp uten fortau (Vegdirektoratet, 2014)	45
2.14 Kantstopp i kombinasjon med snuplass variant 1 (Vegdirektoratet, 2014)	45
2.15 Kantstopp i kombinasjon med snuplass variant 2 (Vegdirektoratet, 2014)	46
2.16 Kantstopp i kombinasjon med snuplass variant 3 (Vegdirektoratet, 2014)	46
3.1 Ulik skilting av kollektiv- og sambruksfelt (Vegdirektoratet, 2014)	53

3.2	Eksempel på kollektivgate med skilting (Vegdirektoratet, 2014)	54
3.3	Profilkantstein gjør det lettere for bussen å kjøre inntil plattformen (Hestenes et al., 2019).	62
3.4	Rapportering ved vegtrafikkulykker (TØI, 2012)	69
3.5	Risikofaktorer for trafikkulykker ved holdeplasser (Phillips et al., 2019) .	71
3.6	Sammenheng mellom fart og dødsulykker (TØI, 2012)	74
3.7	Utslipp som funksjon av gjennomsnittsfart (Elvik, 2012)	78
3.8	CO ₂ -utslipp som funksjon av fart og akselerasjon, kombinert med målinger fra en diesebil (Panis et al., 2006)	79
3.9	Vegtiltaks potensiale til å bidra til reduksjon av CO ₂ -utslipp. Potensialet fra tiltak i forbindelse med nullvekstmålet sees som nummer seks i rekken (Miljødirektoratet et al., 2020)	81
3.10	Reduksjon i CO ₂ -utslipp fra vegtrafikk og personbiler i Trondheimsområdet fra 2009 til 2018. Måles i CO ₂ -ekvivalenter (Lervåg, 2020). . . .	82
4.1	Diagrammer som viser grunnleggende sammenhenger mellom tetthet, fart og trafikkmengde i trafikkstrømmer (May, 1990)	86
4.2	Sjokkbølge forklart ut ifra et trafikkmengde-tetthetsdiagram (May, 1990).	88
4.3	Sjokkbølge ved trafikklys (May, 1990)	89
4.4	Eksempler på køsystemer (Aakre, 2019a)	93
4.5	Nettverk av køer (Aakre, 2019a)	94
4.6	Transformasjon mellom stokastisk og deterministisk tilnærming av køsystemer (Schwarz et al., 2016)	98
5.1	Enkel illustrasjon av sjokkbølge ved flere kantstopp	101
6.1	Tegning av forsinkelser for kjøretøy bak buss på kantstopp	108
6.2	Tegning av forsinkelser for kjøretøy bak buss på flere kantstopp	111
6.3	Kantstopp med fortau, og uten markeringer mellom kjørefelt på Bekkansinvegen	113
6.4	Bilder av kantstopp med fysisk sperre mellom kjørefelt	113
6.5	Bilder av kantstopp med timeglassutforming (Ulvnes, 2019)	114
6.6	Kantstopp med gang- og sykkelveg på Grilstadkleiva	115
6.7	Kantstopp med sykkelveg ført bak plattform på Berg studentby	116
6.8	Kantstopp i kollektivfelt i Prinsens gate	117
6.9	Kantstopp i adskilt kollektivfelt på Husebytunet 2	118
6.10	Tegning av kantstopp med passeringslomme	118
6.11	Bilde av kantstopp med forbikjøringsfelt i Olav Tryggvasons gate 3 . . .	119
6.12	Skisse av kantstopp i kombinasjon med snuplass (Miljøpakken, 2018b)	120
7.1	Kølengde ut ifra hvor lenge bussen står på kantstoppet	129
7.2	Køutviklinger ved ett og to 15 sekunders stopp	130
7.3	Tid-avstandsdiagram ved 15 sekunders stopp	131
7.4	Tid-avstandsdiagram ved to 15 sekunders stopp	132

7.5	Køutviklinger ved ett og to 20 sekunders stopp	133
7.6	Tid-avstandsdiagram ved 20 sekunders stopp	134
7.7	Tid-avstandsdiagram ved to 20 sekunders stopp	135
7.8	Køutviklinger ved ett og to 25 sekunders stopp	136
7.9	Tid-avstandsdiagram ved 25 sekunders stopp	137
7.10	Tid-avstandsdiagram ved to 25 sekunders stopp	138
7.11	Køutviklinger ved ett og to 30 sekunders stopp	139
7.12	Tid-avstandsdiagram ved 30 sekunders stopp	140
7.13	Tid-avstandsdiagram ved to 30 sekunders stopp	141
7.14	Sannsynlighet for et opptatt system ved ulike bussmengder	142
7.15	Gjennomsnittlige køer ved ulike bussmengder	143
7.16	Gjennomsnittlige forsinkelser ved ulike bussmengder	144

TABELLER

1	Data for traffic flow, density and speed	14
2.1	Anbefalinger for holdeplasstype i veg ut ifra dimensjoneringsklasse (Vegdirektoratet, 2019)	39
2.2	Anbefalinger for holdeplasstype i veg (Vegdirektoratet, 2014)	40
6.1	Trafikkmengde, tetthet og hastighet for kantstopp 1	121
6.2	Trafikkmengde, tetthet og hastighet for kantstopp 2	122

REFERANSER

- Arvid Aakre. Queueing theory. Universitetsforelesning januar 2019, 2019a. Traffic Engineering Research Centre, Department of Civil and Environmental Engineering, NTNU.
- Arvid Aakre. Traffic Flow Theory – part 1 Macroscopic models. Universitetsforelesning januar 2019, 2019b. Traffic Engineering Research Centre, Department of Civil and Environmental Engineering, NTNU.
- AtB. Slik blir holdeplassene. Online. URL <https://www.atb.no/stasjoner-og-holdeplasser/slik-blir-holdeplassene-article13022-1697.html>.
- AtB. Linjekart 2019. Online, 2019. URL https://www.atb.no/getfile.php/1316513-1574255073/Rutekart_2019/AtB_linjekart%20august%202019.pdf.
- Mari Betanzo and Kristine Wika Haraldsen. Færre holdeplasser, flere reisende. *Urbanet Analyse*, 2016. URL <https://samferdsel.toi.no/forskning/farre-holdeplasser-flere-reisende-article33731-2205.html>.
- Ann Iren Bævre. Nå heter det ikke lenger superbuss. Online, 2017. URL <https://www.adressa.no/nyheter/trondheim/2017/06/09/Nå-heter-det-ikke-lenger-superbuss-14851238.ece>. Hentet 01.05.2020.
- COWI. Evaluering av bussholdeplasser i Trondheim. Technical report, Trondheim kommune, 2014.
- Rune Elvik. Fartsgrenser. In Alena Høye, Rune Elvik, Michael W. J. Sørensen, and Truls Vaa, editors, *Trafikksikkerheshåndboken*, chapter 3.11. Transportøkonomisk institutt, 2012. ISBN 978-82-480-1399-0. URL <https://tsh.toi.no>.
- Per Frøyland, Øystein Ristesund, and Steinar Simonsen. Superbusskonsept og midtstilt kollektivfelt. Technical Report 312, Statens vegvesen, 2014. URL https://www.vegvesen.no/_attachment/1433163/binary/1120651?fast_title=Superbusskonsept+og+midtstilt+kollektivfelt.pdf.
- Nathan H. Gartner, Carroll J. Messer, and Ajay K. Rathi. *Monograph on Traffic Flow Theory*. Federal Highway Administration, 1997.
- Kyrre Gran and Andreas Larsson. Kapasitet på holdeplasser og i kollektivfelt. Technical Report 3, Sweco, January 2013. URL https://www.vegvesen.no/_attachment/683644/binary/982255?fast_title=Kapasitet+på.
- Weihua Gu, Yuwei Li, Michael J Cassidy, and Julia B Griswold. On the Capacity of Isolated, Curbside Bus Stops. *Transportation Research Part B: Methodological*, 45(4):714–723, 2011. ISSN 0191-2615. doi: <https://doi.org/10.1016/j.trb.2011.01.001>. URL <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0191261511000026>.

Weihua Gu, Michael J. Cassidy, and Yuwei Li. Models of Bus Queueing at Curbside Stops. *Transportation Science*, 49(2):204–212, 2014. ISSN 0041-1655. doi: 10.1287/trsc.2014.0537. URL <https://doi.org/10.1287/trsc.2014.0537>.

Torsten Hanssen. Motorstopp på holdeplasser uten busslomme blokkerer all trafikk i samme retning, 2019. URL

<https://www.adressa.no/nyheter/trondheim/2019/08/14/>

Motorstopp-på-holdeplasser-uten-busslomme-blokkerer-all-trafikk-i-samme-retning?ece?

Ingvild Hestenes, Sindre Hognestad, Jacob Deichmann, Tarjei Vonheim, and Solveig Kornstad. Innstegsprosjektet. Buss i Trondheim. In *Møteinnkalling 23.10.19 med vedlegg*. Rambøll, Miljøpakken, 2019. URL <https://miljopakken.no/wp-content/uploads/2019/10/M\T1\oteinnkalling-23.10-2019-med-vedlegg.pdf>.

Alena Høye. Holdeplasser for buss og trikk. In Alena Høye, Rune Elvik, Michael W. J. Sørensen, and Truls Vaa, editors, *Trafikksikkerhetshåndboken*, chapter 3.27. Transportøkonomisk institutt, 2010a. ISBN 978-82-480-1399-0. URL <https://tsh.toi.no>.

Alena Høye. Sambruksfelt, kollektivfelt og kjørefeltrestriksjoner for tunge kjøretøy. In Alena Høye, Rune Elvik, Michael W. J. Sørensen, and Truls Vaa, editors, *Trafikksikkerhetshåndboken*, chapter 3.18. Transportøkonomisk institutt, 2010b. ISBN 978-82-480-1399-0. URL <https://tsh.toi.no>.

Alena Høye. Midtdelelere. In Alena Høye, Rune Elvik, Michael W. J. Sørensen, and Truls Vaa, editors, *Trafikksikkerhetshåndboken*, chapter 1.21. Transportøkonomisk institutt, 2014a. ISBN 978-82-480-1399-0. URL <https://tsh.toi.no>.

Alena Høye. Vegbelysning. In Alena Høye, Rune Elvik, Michael W. J. Sørensen, and Truls Vaa, editors, *Trafikksikkerhetshåndboken*, chapter 1.18. Transportøkonomisk institutt, 2014b. ISBN 978-82-480-1399-0. URL <https://tsh.toi.no>.

Alena Høye. Fysisk fartsgulering. In Alena Høye, Rune Elvik, Michael W. J. Sørensen, and Truls Vaa, editors, *Trafikksikkerhetshåndboken*, chapter 3.12. Transportøkonomisk institutt, 2015. ISBN 978-82-480-1399-0. URL <https://tsh.toi.no>.

Alena Høye. Kryssingsmuligheter for fotgjengere. In Alena Høye, Rune Elvik, Michael W. J. Sørensen, and Truls Vaa, editors, *Trafikksikkerhetshåndboken*, chapter 3.14. Transportøkonomisk institutt, 2019. ISBN 978-82-480-1399-0. URL <https://tsh.toi.no>.

Reebu Zachariah Koshy and V. Thamizh Arasan. Influence of Bus Stops on Flow Characteristics of Mixed Traffic. *Journal of Transportation Engineering*, 131(8):640–643, 2005. ISSN 0733-947X. doi: 10.1061/(ASCE)0733-947X(2005)131:8(640).

Henning Lervåg. Evaluering av resultater - Miljøpakken 2019. Technical report, Miljøpakken, May 2020. URL <https://miljopakken.no/wp-content/uploads/2020/05/Evaluering-Milj\T1\opakken-2019.pdf>.

Svein Lysø. Bussveien - testing av holdeplassøyder. Technical Report 398, Statens vegvesen, 2018. URL <https://miljopakken.no/wp-content/uploads/2018/09/Vedlegg-52-18-Bussveien-testing-av-holdeplassh\T1\oyder-sluttrapport.pdf>.

Adolf Darlington May. *Traffic Flow Fundamentals*. 1990.

Miljødirektoratet, Statens vegvesen, Kystverket, Landbruksdirektoratet, Norges vassdrags-og energidirektorat, and Enova. Klimakur 2030: Tiltak og virkemidler mot 2030. Technical Report M-1625, Miljødirektoratet, 2020. URL <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m1625/m1625.pdf>.

Miljøpakken. Aktører. Online, a. URL <https://miljopakken.no/om-miljopakken/organisasjonen/aktorer>.

Miljøpakken. Finansiering. Online, b. URL <https://miljopakken.no/om-miljopakken/okonomi/finansiering>.

Miljøpakken. Målsettinger. Online, c. URL <https://miljopakken.no/om-miljopakken/organisasjonen/malsettinger>.

Miljøpakken. Hva er metrobussen? Online, d. URL https://www.vegvesen.no/_attachment/2157442/binary/1234482?fast_title=Informasjonsark+-+Hva+er+Metrobuss.pdf. Hentet 01.05.20.

Miljøpakken. Stasjoner for metrobuss, e. URL <https://miljopakken.no/om-metrobuss/stasjoner-metrobuss>. Hentet 11.10.2019.

Miljøpakken. Saksgrunnlag – prinsippklaringer for superbuss. Online, 2017a. URL <https://miljopakken.no/wp-content/uploads/2017/02/Sak-3-17a-Vedlegg-1-Stasjonsstruktur.pdf>. Hentet 01.05.20.

Miljøpakken. Superbusskonseptetnavn. Technical report, Miljøpakken, 2017b. URL <https://miljopakken.no/wp-content/uploads/2017/06/Vedlegg-38b-Superbusskonseptetnavn-1.pdf>.

Miljøpakken. Metrobuss. prosjekteringsanvisning for stasjoner., 2018a. URL www.mercell.com%2Fm%2Ffile%2FgetFile.ashx%3Fid%3D94883762%26version%3D0&usg=AOvVaw0eVI7uHhC-7F06B9M-YuRE.

Miljøpakken. Bygging på Lund snuplass. Online, 2018b. URL <https://miljopakken.no/nyheter/bygging-pa-lund-snuplass-tunnelvegen-stenges>.

- Gordon Frank Newell. *Applications of Queueing Theory*. Monographs on statistics and applied probability. Chapman and Hall, 2nd edition, 1982. ISBN 9780412245008. URL <https://books.google.no/books?id=5jbxAAAAMAAJ>.
- Suresh Pandian, Sharad Gokhale, and Alope Kumar Ghoshal. Evaluating effects of traffic and vehicle characteristics on vehicular emissions near traffic intersections. *Transportation Research Part D*, 14(3):180–196, 2009. ISSN 1361-9209.
- Luc Int Panis, Steven Broekx, and Ronghui Liu. Modelling Instantaneous Traffic Emission and the Influence of Traffic Speed Limits.(report). *Science of the Total Environment*, 371(1-3): 270, 2006. ISSN 0048-9697.
- Ross O. Phillips, Siri Hegna Berge, and Oddrun Helen Hagen. Effekt av holdeplasser på trafikkikkerhet og framkommelighet. Technical report, Transportøkonomisk Institutt, August 2019.
- Regjeringen. Belønningsordningen, bymiljøavtaler og byvekstavtaler. Online, 2020. URL <https://www.regjeringen.no/no/tema/transport-og-kommunikasjon/kollektivtransport/belonningsordningen-bymiljoavtaler-og-byvekstavtaler/id2571977/>.
- Samferdselsdepartementet. Nasjonal transportplan - NTP. Online. URL <https://www.regjeringen.no/no/tema/transport-og-kommunikasjon/nasjonal-transportplan/id2475111/>.
- Samferdselsdepartementet. Meld. St. 33 (2016–2017). Nasjonal transportplan 2018-2029. Technical report, Det kongelige samferdselsdepartement, 2017.
- Justus Arne Schwarz, Gregor Selinka, and Raik Stolletz. Performance Analysis of Time-dependent Queueing systems: Survey and Classification. *Omega*, 63:170–189, 2016. ISSN 0305-0483.
- Janne Sollie, Harald Storrønning, and Astrid Lilliestråle. Framtidig rutestruktur med superbuss i Stor-Trondheim 2019-2029. Sammendragsrapport med anbefalinger, 2016. URL <https://miljopakken.no/wp-content/uploads/2016/03/bakgrunnen-for-den-nye-rutestrukturen.pdf>.
- SSB. Trafikkulykker med personskaade. Online, 2019. URL <https://www.ssb.no/transport-og-reiseliv/statistikker/vtu/aar>.
- Statens Vegvesen. Nullvisjonen. Online, 2018. URL <https://www.vegvesen.no/fag/fokusomrader/trafikksikkerhet/nullvisjonen>.
- Statens vegvesen. Metrobuss. Konsekvenser ved å øke plattformhøyden. Technical report, Statens vegvesen, 2018. URL <https://miljopakken.no/wp-content/uploads/2018/08/Vedlegg-SVV-Notat-kantsteinsh\T1\oyder-plattform.pdf>.

Maria Helene Sæther, Vilde Lofthus Rooth, and Tord Eirik Feldt Enger. Statens vegvesens rapport nr. 434. Fremkommelighet for buss. Tiltak på veg og gate. Technical report, Vegdirektoratet, 2017.

Trondheim kommune. Befolkningsprognoser. Online, 2020. URL <https://www.trondheim.kommune.no/aktuelt/om-kommunen/statistikk/prognoser/>.

Trøndelag fylkeskommune. Metrobuss og nytt kollektivsystem i Trondheim. Online. URL <https://www.trondelagfylke.no/nyhetsarkiv/metrobuss-og-nytt-kollektivsystem-i-trondheim/>.

TØI. *Trafikksikkerhetshåndboken*. 4. Transportøkonomisk Institutt, 2012. ISBN 978-82-480-1399-0.

Karoline Ulvnes. Her må du bytte felt tre ganger på 500 meter etter metrobusssomleggingen, 2019. URL <https://www.adressa.no/pluss/nyheter/2019/09/26/Her-må-du-bytte-felt-tre-ganger-på-500-meter-etter-metrobusssomleggingen-2023-ece?>

Vegdirektoratet. *Statens vegvesens håndbok V123 Kollektivhåndboka. Tilrettelegging for kollektivtrafikk på veg og gate*. Statens vegvesen, October 2014.

Vegdirektoratet. Statens vegvesens håndbok v127 - Kryssingssteder for gående. Technical report, Statens vegvesen, 2017.

Vegdirektoratet. *Statens vegvesens håndbok N100 Veg- og gateutforming*. Statens Vegvesen, 2019.

Yang Xiaobao, Huan Mei, and Gao Ziyou. Car delay model near bus stops with mixed traffic flow. *Journal of Applied Mathematics*, 2013(2013), 2013. ISSN 1110-757X. doi: 10.1155/2013/437637.

Zhi Xu, Vincent Kwami Akpakli, and Xiao-Kuan Yang. *A Study on the Bus Delay Model at Bus Stops*, volume 358, pages 1–10. American Society of Civil Engineers, Reston, VA, 2009. ISBN 9780784410646. doi: 10.1061/41064(358)430. URL <https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/41064%28358%29430>.

Fangwei Zhang, Zhibin Li, De Zhao, Yong Wang, Wei Wang, and Jianbo Li. Influences of Various Types of Bus Stops on Traffic Operations of Bicycles, Vehicles, and Buses. In *Transportation Research Board Annual Meeting*, 2015.

Jian Zhang, Zhibin Li, Fangwei Zhang, Yong Qi, Wenzhu Zhou, Yong Wang, De Zhao, and Wei Wang. Evaluating the Impacts of Bus Stop Design and Bus Dwelling on Operations of Multitype Road Users. *Journal of Advanced Transportation*, 2018, 2018. doi: 10.1155/2018/4702517.

Moshe Zukerman. Introduction to Queueing Theory and Stochastic Teletraffic Models. *arXiv preprint arXiv:1307.2968*, 2013.

Vedlegg

Følgende dokumenter er vedlagt:

- A Masteravtale
- B Consequences of the Covid 19 Pandemic
- C Intervjuer

I tillegg til disse vedleggene er det lagt ved en Excel-modell til innleveringen i Inspira. Den viser beregninger av sjokkbølger og køteori for ett og to kantstopp.

A MASTERAVTALE

Masteravtale

Sist oppdatert 29. juni 2018

Fakultet	IV - Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt	Institutt for bygg- og miljøteknikk
Studieprogram	MTBYGG
Emnekode	194_TBA4945_1

Studenten	
Etternavn, fornavn	Jørgensen, Vilde Bredholt
Fødselsdato	30.06.1996
E-postadresse ved NTNU	vildebj@stud.ntnu.no

Oppgaven	
Oppstartsdato	15.01.2020
Leveringsfrist	11.06.2020
Arbeidstittel	Effekt av kantstopp for annen trafikk
Problembeskrivelse	<p>I Trondheim ble flere busslommer omgjort til kantstopp da det nye bussystemet ble innført i august 2019. Omleggingen skulle gjøre bussene mer effektive, og ga samtidig økte forsinkelser for trafikken som ble ventende bak. Dette har ført til blant annet unødvendige forsinkelser og problemer for kjøretøy i utrykning. Hvorvidt kantstopp er en god eller dårlig løsning for trafikkflyten som helhet er det foreløpig ingen fasit på. Formålet med masteroppgaven er derfor å finne ut og sette tall på hva effekten av kantstopp er for annen trafikk. På bakgrunn av dette er følgende problemstilling utarbeidet: Hvordan påvirker kantstopp for buss annen trafikk? Problemstillingen er videre inndelt i mer konkrete forskningsspørsmål som skal besvares i materoppgaven. Disse er som følger: • Hvordan blir annen trafikk påvirket? • Hvilke fordeler har bussen? • Hvordan kan andre busser bli påvirket? • Hvordan påvirkes andre forhold?</p>

Tilknyttede ressurser	
Veileder	Arvid Aakre
Eventuelle medveiledere	
Eventuelle medstudenter	

Eventuelle emner som skal inngå i mastergraden

Emnekode	Emnenavn	Sp	Nivå	Semester
----------	----------	----	------	----------

Retningslinjer - rettigheter og plikter

Formål

Avtale om veiledning av masteroppgaven er en samarbeidsavtale mellom student, veileder og institutt som regulerer veiledningsforholdet, omfang, art og ansvarsdeling

Masterstudiet og arbeidet med masteroppgaven er regulert av Universitets- og høyskoleloven, NTNUs studieforskrift og gjeldende studieplan for masterprogrammet.

Veiledning

Studenten har ansvar for å

- Avtale veiledningstimer innenfor de rammene avtalen gir
- Utarbeide framdriftsplan for arbeidet i samråd med veileder, inkludert plan for når veiledningen skal finne sted
- Holde oversikt over antall brukte veiledningstimer sammen med veileder
- Gi veileder nødvendig skriftlig materiale i rimelig tid før veiledningen.
- Holde instituttet og veileder orientert om eventuelle forsinkelser.

Veileder har ansvar for å

- Avklare forventninger om veiledningsforholdet og hvordan veiledningen skal foregå
- Sørg for at det søkes om eventuelle nødvendige godkjenninger (etikk, personvern hensyn).
- Gi råd om formulering og avgrensning av tema og problemstilling, slik at arbeidet er gjennomførbart innenfor normert eller avtalt studietid.
- Drøfte og vurdere hypoteser og metoder.
- Gi råd vedrørende faglitteratur, kildemateriale/datagrunnlag/dokumentasjon og evt. ressursbehov
- Drøfte framstillingsform (disposisjon, språklig form mv.).
- Drøfte resultater og tolkningen av dem.
- Holde seg orientert om progresjonen i studentens arbeid i henhold til den avtalte tids- og arbeidsplan, og følge opp studenten ved behov.
- Sammen med studenten holde oversikt over antall brukte veiledningstimer.

Instituttet har ansvar for å

- sørge for at avtalen blir inngått.
- finne og oppnevne veileder(e).
- inngå avtale med annet institutt/ fakultet/institusjon dersom det er oppnevnt ekstern biveileder.
- i samarbeid med veileder holde oversikt over studentenes framdrift, oversikt over antall brukte veiledningstimer, og følge opp dersom studenten er forsinket i henhold til avtale.
- oppnevne ny veileder og sørge for inngåelse av ny avtale dersom:
 - veileder blir fraværende på grunn av forskningstermin, sykdom, reiser o.a., og om studenten ønsker det.
 - student eller veileder ber om å få avslutte avtalen fordi en av partene ikke følger den.
 - andre forhold gjør at partene finner det hensiktsmessig med ny veileder.
- gi studenten beskjed når veiledningsforholdet opphører.
- informere veiledere om ansvaret for å ivareta forskningsetiske forhold, personvern hensyn og veiledningsetiske forhold.

Blir veiledningsforholdet problematisk for en av partene, kan student eller veileder be om å bli løst fra veiledningsavtalen. Instituttet må i et slikt tilfelle oppnevne ny veileder.

Avtaleskjemaet skal godkjennes når retningslinjene er gjennomgått.

Godkjent av

Vilde Bredholt
Jørgensen
Student

13.01.2020
sted og dato

Arvid Aakre
Veileder

31.01.2020
sted og dato

Carine Louise Nilsen
Institutt

06.02.2020
sted og dato

B CONSEQUENCES OF THE COVID 19 PAN- DEMIC

To Whom it Might Concern

Master thesis spring 2020 - consequences of the Covid 19 pandemic

The pandemic situation in spring 2020 made it necessary to change or adjust the topic for master theses at NTNU. The university closed including laboratories and did not allow any type of field work, thus made it impossible to continue planned work for many students.

Sincerely yours



Inge Hoff
Professor



This letter was sent to all students with specialisation in Transport, Road or Railways in the Civil and Environmental study program to be included as an attachment in their thesis.

Address	Org. no. 974 767 880	Location	Phone	Executive officer
7491 Trondheim Norway	postmottak@iv.ntnu.no www.ntnu.no/ibm	Høgskoleringen 7 A	+47 73594640	Inge Hoff inge.hoff@ntnu Phone: 934 26 463

Please address all correspondence to the organizational unit and include your reference.

C INTERVJUER

Følgende intervjuer er vedlagt:

- C.1 Miljøpakken
- C.2 AtB AS
- C.3 Vy Buss AS
- C.4 Tide AS
- C.5 Mobilitet AS
- C.6 Trygg trafikk Trøndelag
- C.7 Trøndelag politidistrikt
- C.8 Legevakta i Malvik, Melhus, Midtre Gauldal og Trondheim
- C.9 Trøndelag brann- og redningstjeneste

C.1 MILJØPAKKEN, TRONDHEIM KOMMUNE

Intervju med Aslak Heggland, Miljøpakken, Trondheim kommune

Aslak Heggland har lang erfaring med kollektivplanlegging i Trondheim kommune, der han i dag er fagperson for Miljøpakken. Han har vært med på utarbeidelse av rapporten «Evaluering av bussholdeplasser i Trondheim» i 2014 sammen med COWI, og på prosessen for planlegging av infrastruktur for metrobuss siden starten i 2016.

Miljøpakken består av flere parter; Trondheim kommune, Trøndelag Fylkeskommune og Statens Vegvesen. Disse blir enige om finansiering og hvilke prosjekter og løsninger man går videre med. Metrobussprosjektet er et samarbeid mellom AtB og Miljøpakken, men også andre parter involveres. Det er spesielt viktig å inkludere Politiet og Vegdirektoratet som har myndighet til skilting. Mange ønsker siste ordet i en valgprosess, deriblant eiere av vegen, eiere av prosjektet og de som har skiltmyndighet. Det har i forbindelse med Metrobussprosjektet vært tilfeller der skiltmyndighetene krever endring i vegutforming. Det har ført til en diskusjon blant partene om de har myndighet til det. Dette gjør prosessen vanskelig når prosjekter skal gå for.

Fremkommelighet

Kantstopp er en holdeplasstype som prioriterer bussens fremkommelighet fremfor andre kjøretøys fremkommelighet. Utenom tidsbesparelsene som kommer ved at bussen enkelt og raskt kan stoppe på og komme avgårde fra kantstopp, gjør de nye metrobussene i tillegg hvert stopp mer effektivt med fire dører for på- og avstigning og ved å la passasjerene selv sørge for å ha gyldig billett før de går ombord. En økning i antall busspassasjerer vil altså ikke nødvendigvis føre med seg økt tidsbruk på holdeplass med metrobussene. Enkelte stopp vil allikevel kunne ta mer tid, men generelt sett vil tidsbruken på holdeplasser for metrobuss være mer effektiv. Øvrig trafikk vil ha nok så god fremkommelighet selv om de må vente bak metrobussen, som i gjennomsnitt bruker 15 til 20 sekunder på holdeplassen. Avvik oppstår blant annet når flybusser og regionbusser stopper på kantstopp i metrobusstraseene. Disse bruker lengre tid på hver holdeplass, blant annet på grunn av trapp, manuell billettering og bagasje som skal inn under bussen, og fører i større grad til økte forsinkelser for øvrig trafikk. Opprinnelig var det tenkt at metrobussene skulle ha egne traseer og at region- og flybusser skulle benytte seg av andre gater og holdeplasser. Dette ble derimot for vanskelig, trangt, tidkrevende og kostbart.

Kollektivfelt er i utgangspunktet et godt tiltak for kollektivtrafikken, men ved stor buss-trafikk kan det likevel skape problemer for fremkommeligheten til metrobussen. Optimalt sett burde metrobussene ha prioritet og kantstopp i kollektivfeltet, og andre busser

ha egne busslommer. Dette gjelder både midtstilt og sidestilt kollektivfelt. Midtstilt kollektivfelt ses i tillegg på som kjempebra for utrykning, da utrykningskjøretøyet også kan bruke motgående felt til å kjøre forbi.

Et kantstopp skal bygges slik at bussturen blir mer behagelig og effektiv for både bussjåførene og busspassasjerene. Det går raskere å stanse bussen ved et kantstopp enn en busslomme fordi den ikke trenger å svinge av vegen, og den kommer i tillegg enklere inntil kantsteinen. Der busslomme kan sees på som en holdeplasstype som prioriterer vanlig bilers fremkommelighet i trafikken, blir kantstopp sett på som et tiltak som prioriterer buss. Sammenliknet med busslomme er kantstopp mindre arealkrevende, lettere å etablere, billigere, kan enklere å inkludere sykkelveg og er enklere å brøyte.

I følge Heggland oppstår det ofte diskusjoner i forbindelse med plassering av kantstopp. Her er lokale forhold avgjørende. Valget står ofte mellom å plassere kantstoppet slik det er gåavstand til sentrale steder og at det ser pent ut i sammenheng med omgivelsene, kontra plassering tilknyttet vegkryss og signalregulering, fremkommelighet og trafikksikkerhet.

Kantstopp anbefales å plasseres etter vegkryss, slik at busser lettere kan prioriteres i krysset. Dersom kantstoppet er plassert før krysset, vil trafikklyset ha vanskeligheter med å gi grønt lys til bussen ettersom bussene stopper i ulik tidsperiode på holdeplassen og dermed gjør det vanskelig å predikere når de ankommer lyskrysset. Kantstoppene som brukes av metrobussene er plassert slik at vegkryssene skal kunne prioritere buss. Et eksempel der plasseringen av kantstoppet har stått mellom ulike hensyn er kantstoppet på Buran i Inherredsvegen. En plassering etter lyskrysset vil gi god signalprioritering til buss og gi bedre trafikkflyt, mens en plassering før lyskrysset vil gi raske bussbytter og være mer trivelig i sammenheng med omgivelsene.

I forbindelse med metrobussprosjektet ønskes det å prioritere å få til kantstopp så godt som det er mulig. Dersom foreløpig valgt plassering av holdeplassen er et sted det ikke er mulig å anlegge kantstopp, ønsker Miljøpakken heller å flytte holdeplassen enn å anlegge busslomme. Noen holdeplasser er likevel i diskusjon om å bli anlagt som busslomme. For eksempel var det en diskusjon om bussholdeplassen ved Idrettsbygget på Gløshaugen skulle ha busslomme eller kantstopp. Det ble først bestemt at holdeplassen egnet seg best som busslomme, men areal og kostnader gjorde at holdeplassen til slutt ble bygd som kantstopp.

Ved planlegging av kollektivinfrastruktur brukes både synsing, modulering og simulering. Det blir brukt tall fra generell trafikkavvikling sammen med sannsynlighetsvur-

deringer for mer «ekstreme» trafikkavviklingsituasjoner. Det er vanskelig å legge inn kunstige forsinkelser, og verktøyene er dårlige på å simulere situasjoner med for eksempel opphopning av busser. I de tilfellene der trafikksituasjonen er vanskelig å simulere, planlegges det avbøtende tiltak som kan settes i bruk dersom det oppstår problemer med opphopning. Slike tiltak er blant annet å sende region- og flybusser til andre gater og trafikklydirigering. Olav Tryggvasons gate er et eksempel på dette, da vanskelig simulering av dette området gjorde at infrastrukturen ble bygd uten sikkerhet om hvordan trafikkavviklingen skulle bli. Det ble planlagt avbøtende tiltak for området som skulle benyttes dersom det oppsto problemer. Man kan nesten se på det som en «prøv og feil»-metode.

I rapporten «Evaluering av bussholdeplasser i Trondheim» ble det blant annet konkludert med at flere enn to kantstopp etter hverandre bør unngås av hensyn til fremkommelighet for øvrig trafikk. I tilfellet med kantstopp for metrobuss var ikke dette nødvendig å følge, da rapporten hadde fokus på kantstopp i mindre gater og metrobussene stort sett skal ha egne kollektivfelt. Der det ikke var kollektivfelt ble det derimot jobbet med å finne en balanse mellom en rekke av kantstopp og behovet for busslomme. I tillegg har Miljøpakken vært i dialog med utrykningsetater på enkeltprosjekter om å gjøre trafikkøyer mer overkjørbare.

Før det nye rutesystemet ble satt i drift i august 2019, var det mange busser som kjørte samme rute parallelt. Dette ga et problem ved at bussene hopet seg opp etter hverandre, såkalt «bus bunching». Kantstopp gjør at alle bussene må vente på at bussene foran har forlatt holdeplassen før de kan kjøre videre. Selv om bussen ikke har behov for å stoppe på holdeplassen, har den ikke mulighet til å komme seg forbi. Det nye rutesystemet med metrobussene har gjort at færre busser kjører samme trasé. Likevel kan fortsatt «bus bunching» oppstå. Dette er imidlertid ikke et stort problem, da sannsynligheten for at alle bussene skal stoppe på alle holdeplassene er stor, spesielt i rushtid og siden det nye rutesystemet har redusert antall holdeplasser. Det vil også være vanskelig for en buss å passere holdeplassen selv med busslomme. Her blir også problemet større med fly- og regionbusser. Disse fører til at flere blir stående i kø, både busser og øvrig trafikk. Når flybussen kjører fra flyplassen hender det ofte at det er flere stopp der ingen passasjerer skal av. Dersom flybussen blir stående i en kø der flere busser skal stoppe på samme kantstopp, fører dette til unødvendig tidsbruk. Dette gjelder også regionbusser som kjører ekspress og derfor ikke stopper på alle holdeplasser. I for eksempel Olav Tryggvasons gate er «bus bunching» et problem. Det er derfor bestemt at region- og flybusser kjører Dronningens gate i stedet for Olav Tryggvasons gate.

Trafikksikkerhet

Kantstopp skal ikke anlegges der det er høy fartsgrense med hensyn til trafikksikkerheten. Anbefalt fartsgrense på veier med kantstopp er 30, 40 eller 50 km/t, og opptil 60 km/t i kollektivfelt. De lave fartsgrensene gjør at eventuelle trafikkulykker har lavere konsekvens enn ved andre holdeplasstyper som er tilknyttet veier med høyere fartsgrenser. Det finnes likevel kantstopp der det er høyere risiko for trafikkulykker enn andre. Kantstoppet ved Berg Studentby i retning sentrum er et eksempel på dette, der en høyresving som leder inn i en rundkjøring foran kantstoppet kan skape ekle episoder ved forbikjøring. Her kunne det vært gjort bedre tiltak for å redusere risikoen, for eksempel å sperre for forbikjøring eller å ha to felt inn mot rundkjøringen. Slike tiltak krever derimot areal, noe som ikke er tilgjengelig i dette området. En løsning på slik arealknapphet vil være å rive hus. Dette er en dyr løsning, men sett i sammenheng med at liv kan bli spart er det en lav pris å betale.

En midtrabatt mellom kjørefelt i motgående kjøreretning opprettes for å øke trafikksikkerheten ved kantstopp. Den gjør det vanskelig for fotgjengere å villkryse og gjør forbikjøring umulig, og gjør dermed området omkring kantstoppet tryggere for fotgjengere. Forbikjøring vil derimot være nødvendig i noen situasjoner, for eksempel når utrykningskjøretøy trenger å komme seg forbi. Ved planlegging av utforming for kantstopp oppstår ofte dilemmaer mellom å prioritere trafikksikkerhet eller fremkommelighet.

Sluppen holdeplass er et eksempel på kantstopp der prioritering av trafikksikkerhet eller fremkommelighet var et viktig tema. Kantstoppet ligger i en sentral ferdselsåre ut fra E6 inn mot Trondheim sentrum, og er plassert i et kollektivfelt med ett kjørefelt for annen trafikk ved siden av. Ettersom kjøretøyene som bruker denne vegen nettopp har kjørt av en europaveg med høy hastighet, vil kantstoppet ha økt risiko for påkjørsel bakfra og mer alvorlige ulykker dersom ikke trafikantene er observante og har tilstrekkelig redusert hastigheten. Trafikksikkerhetstiltak vil gi lavere kapasitet, noe som kan ha konsekvenser for trafikken på europavegen. Politiske vedtak om å redusere trafikken inn mot byen gjorde at busslomme ikke var aktuelt her. En busslomme ville i tillegg ført til høyere fart på kjøretøyene på vegen ved siden av, ettersom folk er mer oppmerksomme når de kjører forbi kantstopp.

Det finnes lite registrert data om trafikksikkerhet i forbindelse med kantstopp. Ulykker blir registrert, men ubehagelige episoder og nesten-ulykker finnes det ikke tall på. Det er derfor vanskelig å måle trafikksikkerheten ved kantstopp, og trafikksikkerhetsmessige tiltak blir ofte valgt ut ifra hva en selv mener. Miljøpakken gjorde studier på nesten-ulykker, altså hendelser der en ulykke kunne skjedd dersom ingen gjorde en unnamanøver, i forbindelse med metrobusprosjektet. For eksempel vil en plasse-

ring av kantstopp etter fotgjengerovergang føre til færre nesten-ulykker enn plassering foran fotgjengerovergang. I Arnt Smistads veg ble likevel kantstoppet plassert foran fotgjengerovergangen. Bakgrunnen for dette var at de måtte revet et hus og flyttet en trafostasjon for å få plassert kantstoppet bak fotgjengerovergangen. For å forbedre trafikksikkerheten omkring dette kantstoppet ble fartsgrensen senket til 30 km/t og bygd fartspueter. Det skal også være god avstand fra kantstoppet til fotgjengerovergangen.

Annet

Miljøpakken skal bygge tiltak som reduserer biltrafikk, men har ikke regnet på hvor mye utslipp som reduseres. Det er derfor usikkert hvordan balansen mellom reduksjon av biltrafikken og høyere utslipp på grunn av bremsing, stopp og omveier er.

C.2 ATB AS

AtB har vært involvert hele veien i planleggingen av ny kollektivinfrastruktur i forbindelse med metrobuss. For metrobuss med lengde på 24 meter ble de tidlig enige om prinsippet med kantstopp.

Fremkommelighet

Bussen sparer tid på inn- og utkjøring ved holdeplasser utformet som kantstopp. Det skjer noen ganger at de opplever kødannelser, og dette skjer oftest ved kantsteinstopp i Midtbyen og ved trafikkerte holdeplasser. Antall passeringer per time kan være opp til 80 i hver retning. Likevel oppleves det at kantstopp generelt gjør det enklere for bussen å holde ruta si.

Der det ikke er forbikjøringsmuligheter oppleves ofte at bussene må stå i den samme køen. Det forsinker og gir dårligere fremkommelighet. De har derfor bl.a. hele tiden bedt om at det må være tre felt langs Olav Tryggvasons gate. Det er der de har flest busser og de fleste hindringer. Ofte skal alle busser (i en normal hverdag) stoppe ved de samme stoppene slik at det som regel glir noenlunde godt der det er få linjer og tid mellom avgangene. Hvordan de takter linjene betyr mye for hvordan fremkommeligheten er.

Kantstopp er best egnet der det er stor busstrafikk, begrenset med biltrafikk og ved flerfeltsveger. En midtrabatt mellom kjørefeltene vil være ok dersom det er flere enn to felts veg. Ellers kommer det an på andre forhold som avgrensede og tydelige gangforbindelser/krysningspunkt. Motorstopp skjer ikke ofte, men det kan forekomme. En midtrabatt kan da bli et hinder.

Trafikksikkerhet

Langs metrobusslinjene hvor det kun er kantstopp er det tenkt mye på sikkerheten. De opplever at denne er ivaretatt på en god måte.

Annet

For AtB betyr det mye at bussen er forutsigbar. Det betyr god fremkommelighet og at den er punktlig. Det kan skje ved kollektivfelt, aktiv bussprioritering (signalanlegg) og begrensninger i bilbruk langs de viktigste kollektivtraseene.

Utkjøring fra kantstopp sikrer buss bedre flyt enn buss som må ut fra busslomme med vikeplikt på veger med stor ÅDT. Innføring av kantstopp avgir dermed mindre klimatiske utslipp av CO_2 , NO_x og PM_{10} , samt drivstofforbruk sammenliknet med ordinære

busslommer.

C.3 VY BUSS AS

Intervju med Harald Sehm, Hovedverneombud Vy Buss AS

Harald Sehm har vært bussjåfør siden 1986 og hovedverneombud siden 2001.

Trondheim kommune og Statens vegvesen har vært flinke med å involvere bussoperatører tidlig i prosessen vedrørende nytt kollektivsystem i 2019. Vy Buss var med allerede i risikovurderingen.

Fremkommelighet

Det oppleves ikke som så stor forskjell i tidsbruk på å stoppe og starte på kantstopp sammenliknet med busslomme. I enkelte tilfeller gjør likevel kantstopp det enklere for bussen å holde ruta si, ettersom bussen ligger først også etter holdeplassen. Der det er tett mellom lyskryss er det irriterende å havne på rødt igjen og igjen. Dette kompenseres ved at kantstopp gir prioritet for kollektivtrafikk. Det gjelder også i de tilfellene hvor det er stor mengde høyresvingende trafikk i kryss, og som ligger foran bussen.

En fordel med kantstopp sammenliknet med busslomme er at alle bussene i kolonnen greier å legge hele skutesiden helt inntil kantsteinen. Ved busslomme oppleves det at ved flere busser samtidig blir det glippe mellom bakdør og kantstein på den siste bussen, særlig om det er 15 meters buss.

Kantsteinen på kantstoppet skal være slipt slik at bussen ikke skades når den kjører inntil plattformen. Et problem som oppstår når alle busser stopper på det samme stedet inntil kantsteinen er spordannelser. Spor kommer av retardering og akselerasjon fra bussene, og vil etter hvert bli så dype at bussen blir for lav for kantsteinen. Dette kan medføre skader på bussen. Overbygningen og grunnarbeidet må være godt for å unngå skader på grunn av spor. I forbindelse med nye metrobussholdeplasser var det opprinnelig planlagt å støpe en såle på alle metrobussholdeplassene. Dette ble gått bort ifra. Som et eksempel kan bussholdeplassene på Studentersamfundet nevnes. Der oppsto det spor i løpet av ca. ett år. Holdeplassene i Malvik kommune trekkes frem. Der er det gjort god grunnarbeid på holdeplassene med hensyn på busser med mye større dimensjon enn vanlige busser. Selv etter lang tid er det ikke oppstått spor på holdeplassene.

Kantstopp skaper et problem ved at busser ikke får rotert og blir kjørende i tog/kolonnie. Den fremste bussen må alltid stanse og de som er bak blir bak. Ved å bruke busslomme på enkelte holdeplasser så vil bussene kunne rotere i rekkefølgen. Dersom busser som skal gjennom sentrum og videre kjører først i rekken vil disse måtte stoppe på alle

holdeplasser for av- og påstigning av folk som «bare» skal til sentrum. Ved busslomme vil en buss som bare skal til sentrum/nærmeste tettsted og ikke har avstigende passasjerer kunne kjøre forbi flere andre busser som skal igjennom sentrum og videre, og dermed kan denne sentrumsbussen laste på neste holdeplass. Da vil neste buss, som er pendel/gjennomkjørende buss, slippe å stanse for å laste noen som bare skal til sentrum. Dette gjelder også ekspressbusser uten stans.

På grunn av dette bør mange kantstopp etter hverandre unngås. Ved å innsette noen busslommer vil fremkommeligheten for busser bli bedre. Dette gjelder spesielt midtstilte kollektivfelt. Antall kjørebaneer er avgjørende for fremkommeligheten, da flere felt muliggjør forbikjøring.

Det anbefales ikke å bruke midtdelere ved kantstopp. Doble sperrelinjer vil ha tilnærmet samme effekten om dette blir vanlig, og en trafikkøy ville kunne ha samme nytten som en midtdeler for å gjøre det tryggere for fotgjengere. En midtdeler er for lang, med tanke på fremkommelighet. Det er mange sider ved dette, men Sehm har opplevd at heltrukken dobbel sperrelinje bakover på kantstopp reduserer forbikjøring. Dette ble formidlet allerede i planleggingsprosessen, men det ble likevel bygd mange midtdelere. Sehm sier at han vet at det skjer trøbbel med busser iblant, for eksempel på grunn av motorproblemer eller utfordringer på vinterføre. Lange midtdelere vil komplisere forbikjøring når dette blir nødvendig.

Med tanke på den nye rutestrukturen og metabuss, virker det ikke som det er færre busser på vegene nå enn før, selv om det var noe av tanken bak for Miljøpakken. I Olav Tryggvasons gate var det en utfordring med mye busser i begynnelsen etter rutestrukturendringen. Det ble senere satt igang tiltak for å forhindre dette, som også fungerte godt. Rutestrukturen innebærer flere bussbytter utenfor sentrumslinjene. Dette har truffet bedre enn først antatt. Kantstopp fungerer godt som hastighetsregulerende tiltak, men er ikke egnet for stor trafikk.

Trafikksikkerhet

Kantstopp oppleves som tryggere enn busslomme for passasjerer som skal av og på bussen, på grunn av at ved busslomme fortsetter trafikken forbi bussene som står i busslommen med like stor hastighet. Ved kantstopp og tofeltsveg eller én kjørebane så senker de farten ved forbikjøring eller stanser bak.

Det kan oppstå trafikkfarlige situasjoner fordi personbiler kjører forbi busser på kantstopp. Bussen blinker til høyre og bremses for å stoppe på holdeplass, og bilen kjører forbi i like stor hastighet. Dette er utrygt dersom det også er stopp på andre siden og

dersom folk skal over veien. Ved valg av holdeplassutforming må man alltid gjøre en risikovurdering først, der de som kjører buss må inkluderes. Farlige forbikjøringer skjer likevel sjeldent. Det oppleves at de fleste som kjører forbi har sjekket godt at det er klart. En bør unngå mange kantstopp etter hverandre også på lokalveg for å unngå at stressede personer kjører forbi.

Det er et problem at man har lite data fra trafikkfarlige situasjoner. Nesten-ulykker blir nesten ikke rapportert. Til sammenlikning blir derimot alle nesten-ulykker og avvik rapportert for tog. Det oppleves at der verneombudet har vært med i planleggingsfasen blir det en bedre løsning for kollektiv. Når man planlegger infrastruktur må man alltid tenke på hvilke trafikkfarlige situasjoner som kan oppstå her. Viktige faktorer er blant annet siktlinjer og avstander.

Kantstoppet ved Sluppen nevnes som et eksempel i forbindelse med trafiksikkerhet. Trafikantene som kjører på denne strekningen kommer rett fra E6. Her skjer det en brå hastighetsendring rett før kantstoppet. Dette virker lite trafiksikkert.

Annet

Mye bremsing og akselerasjon i forbindelse med kantstopp og mange busser etter hverandre kan føre til mer dekkslitasje. Flere busser på vegene enn nødvendig vil også gi mer utslipp. Det er lagt merke til mye tomkjøring i Trondheim.

Det påpekes at Trondheim kommune er blitt ganske god på kollektivprioritering. Blant annet er automatisk billettering er bra tiltak. På plattformen nevnes er leskurets plassering i forhold til kanten viktig. Med kort avstand fra leskur til kanten ser ikke den reisende alle bussene som kommer. Holdeplassen på Studentersamfundet ut av byen trekkes frem som en god løsning her. Fordi leskuret er plassert så dypt og er vinklet mot byen har man god oversikt over bussene som kommer. Det gjør det mer behagelig å se etter busser.

Midtstilt kollektivfelt er derimot en dårlig idé. Når kollektivfeltet separeres slik at øvrig trafikk går til høyre vil det være mer utrygt for fotgjengere som skal krysse gaten. Det ønskes derfor at bussen holder seg i ytterkantene. Andre kjøretøy som skal til høyre får kjøre foran der det gjelder.

C.4 TIDE AS

Det er vanskelig å gi et entydig svar på dette, for det oppleves ulikt fra sjåfør til sjåfør, og ulikt alt etter hvordan trafikkforholdene ellers er. Man må respektere den enkeltes subjektive oppfatning, men noen vil kanskje mer enn andre se det de ønsker å se. Det som kommer fram her er for det meste egne vurderinger, men det refereres også til mottatte innspill.

Man må også ha i bakhodet at kantstopp er eneste mulighet mange steder.

Fremkommelighet

Å komme seg ut fra holdeplassen oppleves bare marginalt bedre med kantstopp. Det er som regel ikke noe problem å komme seg ut fra en busslomme i hastigheter 60 km/t eller lavere. Medtrafikanter viser stor grad av hensyn. Dagens busslommer anlegges så vidt man vet med 15 meter boggibuss som mal. Likevel er det vanskelig å manøvrere seg på plass på en måte som gjør at midt- og bakdører kommer tilstrekkelig nær fortauskanten. Tar noen ekstra sekunder å få jobben gjort.

I traseer der flere linjer kjører parallelt og der rutefrekvensen er høy, oppleves det at man blir stående i kø for å komme seg på holdeplassen.

Flere kantstopp etter hverandre bør unngås. Man kjører selv av og til på en linje med seks kantstopp etter hverandre langs en trase med mye personbiltrafikk i rushtiden, og forstår medtrafikantenes frustrasjon.

Trafikksikkerhet

Utfordringen med kantstopp er at biler kjører forbi i litt for høy hastighet. Det kan være en risiko for at fotgjengere krysser foran bussen, særlig om det er fotgjengerfelt umiddelbart foran bussholdeplassen.

C.5 MOBILITET AS

Intervju med Steinar Simonsen, Mobilitet AS

Steinar Simonsen har jobbet i 15 år som planlegger i kollektivselskapet i Trondheim (TT) fra 1979 til 1994. Fra 1999 har han jobbet i Statens vegvesen som kollektivtrafikkkoordinator, blant annet som medforfatter i utarbeidelse av kollektivhåndboka V123, og mye planlegging av holdeplasser, knutepunkt og fremkommelighetstiltak. Nå er han pensjonert kollektivtrafikkplanlegger, men fortsatt litt aktiv som rådgiver og partner i Mobilitet AS.

Utforming av kantstopp

Det er mange hensyn som må tas ved utforming av holdeplass. Et viktig skille er om det er en holdeplass i gate (i byområder) eller langs annen veg. Holdeplassene kan utformes som busslommer eller kantstopp. Fartsgrense og ÅDT er viktige inngangsdata for å velge holdeplastype.

Det er enten Politiet eller vegholder (Vegvesenet, Fylkeskommunen eller aktuell kommune) som bestemmer hvilken løsning det endes opp med. Normalt er det Politiet som har siste ordet, men i enkelte byer er det vegholder som har fått tildelt skiltmyndighet. I noen tilfeller ser man også at politikerne legger seg oppi detaljer som valg av busslomme og kantstopp. Dette har skjedd i Trondheim for noen år siden.

Det beste er å ha et godt samarbeid. I Trondheim har det siden tidlig på 90 tallet vært en kollektivgruppe der alle parter har vært representert, der man kunne ta opp konkrete problemstillinger som var aktuelle. Simonsen tror derimot ikke at den er aktiv nå. I tillegg til samarbeid er det også viktig med erfaring på aktuelle steder før detaljplanlegging og bygging med aktuelle parter.

Det skjer at det er faglig uenighet om valg av løsning. Jonsvannsvegen ved Moholt har vært et ferskt eksempel i Trondheim. Kommunen planla, og Politiet og Vegvesenet var uenig i løsningen. Det tok lang tid før det ble enighet, forresten, om det noen gang ble enighet, tilføyer han.

Fremkommelighet

Kantstopp fører til mer behagelig kjøring for passasjerene og at bussene kommer lettere og tettere inntil plattformkanten. Sistnevnte er viktig med hensyn til universell utforming. Den viktigste ulempen med kantstopp er normalt at det medfører forsinkelser for annen trafikk.

En viktig parameter når det kommer til fremkommelighet er hvor lang oppholdstiden er. Dette varierer fra område til område, ikke minst av hvor rasjonelt og effektivt billetteringssystemet er. Det går an å regne på ulike oppholdstider, i Trondheim har i hvert fall målet vært å klare en gjennomsnittlig oppholdstid på 15 sekunder.

Ved planlegging av holdeplasser legges det til grunn trafikkmengden og fartsgrensen på stedet, i tillegg til de andre kriteriene. For å kunne vite noe om biltrafikkmengden gjøres det selvsagt trafikkberegninger av ÅDT. All planlegging av infrastruktur skal skje med et tidsperspektiv på 20 år etter vegåpning. Som det står i N100: «Forventet trafikkutvikling skal kartlegges for alle trafikantgrupper». Dette er selvsagt ikke enkelt. Skal man legge til grunn de trafikkprognosene som Vegvesenet vanligvis bruker, eller skal man legge seg på de nullvekstmålene som de største byene har inngått avtaler om i Byvekstavtalene. Dette er det ingen fasit på.

Spesielle situasjoner som kan oppstå ved motorhavari gjøres det neppe egne trafikk-beregninger for. Det er derimot viktig at infrastrukturen utformes slik at andre busser og kjøretøy kan passere. Hvis det for eksempel bygges en kantstopp med en fysisk refuge på venstre side, blir trafikken helt låst ved en langvarig stopp. En slik kantstopp uten forbikjøringsmulighet er bygget i Jonsvannsvegen på Moholt. Det er mulig den er justert noe etter hvert med overkjørbar refuge. Slike løsninger må unngås, ikke minst av hensyn til utrykningskjøretøy.

Trafikksikkerhet

Trafikksikkerhet er det aller viktigste som må vurderes. Hvis denne ikke blir tilfredsstillende, kan ikke en bussholdeplass bli etablert på aktuelt sted/ på planlagt måte. Hvis kantstopp medfører ekstra utfordringer for å få til trafikksikker løsning (sikt, trangt etc.), kan alternativ med busslomme vurderes.

Han peker på flere viktige punkter ved vurdering av plassering for holdeplasser:

- Holdeplasser bør normalt plasseres etter kryss, spesielt etter signalanlegg av hensyn til trafikksikkerhet og signalprioritering.
- Det er viktig at holdeplassene ligger på rettlinje. Legges de i venstre- eller høyre- kurve gir det problemer med sikt for sjåføren og mulighet for å komme inntil kantstein.
- Eventuell holdeplass i høybrekk gir dårlig sikt, og i lavbrekk vil det bli problemer med innstegshøyde. Dette anbefales ikke!

Simonsen var som nevnt medforfatter av Kollektivhåndboka, der de jobbet mye med kriteriene og utformingen av kantstopp. Der er det vist flere eksempler. For eksempel

bør en løsning med delende trafikkøy brukes der det er dårlig sikt, med andre ord der det er svært viktig at annen trafikk ikke kjører forbi buss på holdeplassen.

Løsning med dobbel sperrelinje som så vidt er omtalt, er etter hvert blitt mye brukt i Trondheim. Det er en god løsning som ivaretar både sikkerhet og nødsituasjoner.

Når det gjelder fotgjengerkryssinger spesielt er det jo en god og generell regel at de bør legges bak holdeplassen.

Annet

Generelt så er en viktig effekt av kollektivtrafikk at det bidrar til reduserte utslipp hvis det får biltrafikanter til å velge kollektive løsninger. Dette er etter hans mening et viktig argument som ligger bak mye av tankegangen i kollektivplanleggingen. Kantstopp kan resultere i marginalt mer utslipp for bilene som blir stående å vente. Det går jo sikkert an å regne på dette.

C.6 TRYGG TRAFIKK TRØNDELAG

Intervju med Glenn Earl Eide, Seniorrådgiver, Trygg trafikk Trøndelag

I svaret fokuseres det på flerfeltsveg. «Kantstopp» praktiseres daglig rundt om i landet, og ofte til det beste for passasjerene utfra de lokale forhold, det må sies.

Om kantstopp i det hele tatt er en ønsket løsning overhodet med trafikk sikkerhetsbriller på, er usikkert. Det ble ikke funnet noen policy på temaet internt i Trygg Trafikk, og han har ikke fått respons internt på spørsmål om vitenskapelig grunnlag for eventuelle meninger som her måtte fremkomme. Svarene betraktes derfor i det lyset, som et trafikk sikkerhetsfaglig perspektiv på et trafikkfaglig spørsmål krydret med personlige erfaringer og ikke nødvendigvis er forankret eller dokumentert i vitenskap og undersøkelser.

Det kan også være divergerende meninger om temaet internt i Trygg Trafikk. Dette er altså en diskusjon innenfor det store temaet trafikk sikkerhet. De i Trygg Trafikk har det privilegiet at de kan velge å se på problemstillinger kun relatert til trafikk sikkerhet, fremfor fremkommelighet, miljø, mobilitet eller eventuelt en ønsket politisk retning. De er en ideell organisasjon, partipolitisk uavhengig og den eneste organisasjonen som kun arbeider med trafikk sikkerhet.

Der TØI ser på systemer og SVV ser på prognoser og statistikk, kan de i Trygg Trafikk ha både en subjektiv og en objektiv tilnærming til et tema på trafikk sikkerhetsområdet, både på mikro og makronivå.

Eide uttaler seg om kantstopp med den bakgrunnen han har, ikke som ingeniør eller annet. Han har blant annet erfaring fra utrykningskjøring i både Politiet og Brannvesenet.

Trafikk sikkerhet

Trygg Trafikk mener at miljøer som trafikanter beveger seg i bør være mest mulig forutsigbare. Det gjelder både forutsigbar infrastruktur og forutsigbar trafikantatferd. På én arena eller i ett trafikkmiljø som på flerfeltsveg, er det uheldig med store hastighetsforskjeller mellom kjøretøy. Det stiller store krav til oppmerksomhet fra den enkelte og kan bety kortere reaksjonstid dersom noen gjør uventede manøvre eller oppfatter situasjoner sent. For eksempel vil en buss på kantstopp gi store hastighetsforskjeller til andre kjøretøy.

Reaksjonstid henger sammen med oppmerksomhet (kjøreprosess), og Eides erfaring

er at veldig mange «erfarne» sjåfører har en mangelfull kjøreprosess.

Kjøreprosessen består av å *se* (observere), *oppfatte* (persipere/tolke), *avgjøre* (beslutningsgrunnlag), *handle* (iverksette) og *evaluere*. Dette er kompliserte gjøremål som krever stor kompetanse i form av kognitiv kapasitet og økonomisk motorisk/sensorisk interface, altså at hodet forteller kroppen at den skal gjøre en bevegelse på en fornuftig måte. Den bevegelsen skal være liten i utslag og skje på et så tidlig som mulig tidspunkt. Det kan være en kurskorrigering (rattbevegelse), en fartskorrigering (mer eller mindre gasspådrag), eller beredskapshandling. (eksempelvis bremseberedskap; foten på bremsepedalen)

Veien til en god kjøreprosess går gjennom SE-reglene, der den første og viktigste for å ha en god kjøreprosess og planlegge godt er «Å se langt frem». Å se langt frem betyr å planlegge sin kjøring godt, tidlig identifisere potensiell risiko samt tidlig og forutsigbart kunne justere egen kurs.

Utfordringer med hastighetsdifferanse

Det finnes eksempler fra senere tid på at det er uheldig med stor hastighetsdifferanse. Den siste mediasaken i Trøndelag kom før jul da en taxi på E6 punkterte og ble stående i høyre kjørefelt. Fører som riktignok hadde gått ut av taxien ble påkjørt i vegbanen og døde. Dette skjedde i en slak venstrekurve på en oversiktlig strekning på E6.

Kjøreretningene er gjerne fysisk adskilt der hastigheten er høy, men ved lavere fartsgrenser er det ikke fysisk skille. I Trondheim ved Sluppen er det skifte av miljø, fra et sted med høy fartsgrense utenfor bymiljø til en lavere fartsgrense. Det er etablert kantstopp en ganske kort strekning etter fartsgrensen er redusert, og ikke alle har tilpasset farten før de skal takle stillestående buss i høyre felt. Her kan det altså være store hastighetsforskjeller mellom rutegående buss og annen trafikk.

Dette fenomenet kommer til uttrykk flere steder: For eksempel der det er vegarbeid i eget kjørefelt, eller en fører skal passere en annen hindring i eget kjørefelt. Bilfører kjører seg helt oppi situasjonen, blir stående rett bak hindringen, mister all fremdrift og venter på å kunne svinge ut i vegbanen og forbi hindringen. Gjerne i kombinasjon med rattutslag (sving på hjula) og blinklyset på. Dette skaper igjen kødannelse bakover på veien fordi man blir oppmerksom på bremselys foran og trafikkflyten stopper opp og man «mister rytmen».

Som utrykningsfører brukes det mye kapasitet på å identifisere potensiell risiko og fare. Et saktegående eller stillestående kjøretøy vil alltid utgjøre en risiko, fordi hastighetsdifferansen er stor i forhold til utrykningskjøretøyet. I tillegg vil en buss som står på

holdeplass av typen kantstopp betyr at passasjerer kan komme ut i vegbanen bak eller foran bussen der sikten er hindret, noe som utgjør en større risiko. Det kan være barn, eldre eller andre voksne som vil ta en snarveg.

Som politimann på Norges travleste vei, E18 mellom Drammen og Oslo, så er Eides erfaring at når det stanser biler i ett felt, eller hastigheten reduseres mye i forhold til det som var normalsituasjonen noen sekunder tidligere, så er det stor risiko for påkjøring bakfra. På E18 mellom Asker og Oslo hendte slike situasjoner daglig. Om morgenen innover mot Oslo, på ettermiddagen utover mot Drammen. Årsaken er så klart sammensatt, men avstand til forankjørende, kjøreprosess og uventede hendelser som gir mindre responstid for den enkelte fører påstår Eide bidrar til det bildet han tegner.

I en buss vil passasjerer være relativt godt beskyttet ved påkjørsel. Derimot har passasjerer som har reist seg opp eller ikke satt seg ned forhøyet risiko. Det samme gjelder ved såkalte bybusser på høyhastighetsveg som ikke har setebelter montert. I det øyeblikket passasjerene stiger på eller av bussen vil de være ubeskyttet. Sårbare trafikanter som står eller går tett inntil en flerfeltsveg, på en høyhastighetsveg eller i nærheten av en høyhastighetsveg utgjør en risiko.

Trafikksikkerhet i forbindelse med kantstopp

Bussholdeplasser der bussen svinger fysisk ut av vegbanen og inn på holdeplass og derfra leder sårbare trafikanter vekk fra annen trafikk vil være tryggere enn det motsatte. Bybusser som stanser ved kantstopp i ordinære kjørefelt vil kunne innebære høyere risiko for passasjerer (sårbare trafikanter) ved påkjørsel.

Det man vet fra forskning er at menneskekroppen tåler dårlig sammenstøt med harde gjenstander ved hastigheter over 40 km/t. I de områdene der det vurderes kantstopp av økonomiske årsaker eller andre årsaker enn de rent trafikksikkerhetsmessige, bør det unngås på steder med fartsgrense over 40km/t. Den betraktningen vil gjelde både ved kantstopp i høyre felt og kantstopp i rene kollektivfelt.

Best practice for best mulig trafikksikkerhet vil være egne bussholdeplasser som bussen kan svinge inn på for å slippe av passasjerer og at passasjerene ledes derfra over eller under vegen som skal krysses.

Noen tanker om fremkommelighet og kantstopp

Kollektivfelt kan de fleste steder benyttes av motorsykel, taxi, elbil og alltid av uniformerte utrykningskjøretøy. En stans på kantstopp i kollektivfelt vil bety at flere kjøretøy-grupper kan måtte skifte felt. Det kan også bety at utrykningskjøretøy hindres unødig

dersom det i sentrumsnære områder er tett trafikk eller kø i kjørefeltene, slik det ofte er rundt storbyene. Ordinære bussholdeplasser langs flerfeltsveg er hyppig brukt av bussjåfører når de blir innhentet av utrykningskjøretøy. Det er åpenbart enklere å styre 18-24 meter buss inn på en bussholdeplass uten trafikk, enn ut i kjørefelt med andre kjøretøy for å slippe utrykningskjøretøy frem.

C.7 TRØNDELAG POLITIDISTRIKT

Intervju med Trond Halvorsen, Fagleder trafikk, Trøndelag politidistrikt

Politiet i Trondheim har skiltmyndighet, som vil si at de kontrollerer skilt og skriver bøter. Det som er ulikt fra andre byer, også Oslo, er at politiet er skiltmyndighet på kommunale vegger. Kontroll og eventuell reaksjoner utfører politiet over hele Norge. De er høringspart om trafikk og kontrollerende myndighet. Viktige fokusområder er trafikkflyt, trafikksikkerhet og kontrollerbarhet. Politiet blir hørt, men uønskede løsninger blir likevel bygd. De har blitt bedt om å velge mellom dårlige løsninger.

I forbindelse med omgjøringen til kantstopp i Trondheim har Politiet har vært høringspart ved noen kantstopp. Både politiet og SVV skal høres i saken når det er planlagt noe, men de opplever at de ikke alltid blir hørt på.

Fremkommelighet

Fremkommeligheten ved kantstopp er redusert sammenliknet med busslomme. Dette merkes på kjøretøy i utrykning, spesielt store kjøretøy (brannvesen og ambulanse). De kan måtte velge andre ruter for å unngå kantstopp under stor trafikk, og naturlige utrykningsveger kan være overalt. Politiet ønsker løsninger som gjør det mulig for utrykningskjøretøy å kjøre forbi, i tillegg til de som vil gi fri veg. Dette kan løses ved overkjørbare midtrabatter.

Trafikkfeller skal gjøre det uattraktivt å kjøre, slik at flere velger miljøvennlige transportmidler som buss, sykkel og gange. De fører derimot til at bilistene velger andre ruter, og at sidevegene får mer trafikk. Stressede bilister som har ventet i kø bak kantstopp kan derfor komme til å kjøre fortere på sidevegene for å spare tid. Politiet ønsker at det ikke lages feller, for løsningene skal være lette å forstå.

Noe annet som påvirker fremkommeligheten ved kantstopp er mengden av busser som stopper der over kort tid. Det kan komme flere busser som stopper rett etter hverandre, og fører til en økning i forsinkelser for trafikken bak. Ofte har disse bussene god plass til passasjerer. Det stilles derfor spørsmål ved om det er behov for alle bussene som kjører i dag.

Kantstopp og ruteomleggingen har vært svært merkbar for pendlere fra nabokommunene Malvik, Melhus og Skaun. Bussomleggingen gjør at de får lang busstid, mens kantstopp bidrar ting kronglete kjøring med bil.

Et eksempel der fremkommeligheten er utfordrende er Jonsvannsveien ved Moholt Studentby. Veggen har ett kollektivfelt og ett kjørefelt for annen trafikk som ender i lyskryss. Etter lyskrysset fortsetter ett kjørefelt for all trafikk. Lyskrysset prioriterer busser, og bilene må vente på bussene for å få kjørt. I dette kjørefeltet ligger det kantstopp, med ikke-overkjørbar midtrabatt mellom motgående kjørefelt. Politiet, SVV og Vegdirektoratet ønsker fire kjørefelt i tillegg til kantstopp lang denne strekningen, noe som gjør det mulig å komme forbi.

Trafikksikkerhet

Politiet har ikke fått inntrykk av at kantstopp er mer trafikksikkert enn busslomme. Folk som venter på bussen står nærmere vegbanen, noe som er trafikkarlig ved lek eller fyll på ventearealet. Syklister kan foreta skumle forbikjøringer av buss, både i vegbanen og på fortauet dersom det ikke er egne sykkelfelt. Politiet mener at myke trafikanter bør separeres mest mulig fra vegbanen for å gjøre ventearealet tryggest mulig, og dette gjør busslomme til det sikreste alternativet. Det er foreløpig lite ulykkesdata i forbindelse med kantstopp, med de vil ikke tro at det skjer en reduksjon i antall ulykker i byområder.

Politiet antar blant annet en økning i antall mopedulykker, da mye ulik kollektivskilting gjør at for eksempel mopeder må bytte fil ofte og må følge ekstra godt med når de kjører. Dette gjør de ekstra sårbare. Ved kantstopp i kollektivfelt kan også elbiler og motorsykler bli overrasket over at en buss stopper. Politiet anbefaler at bussene har mer belysning, gjerne plassert høyt opp, slik at stoppingen vil være godt synlig for trafikken som kommer bak.

Det viktigste ved utforming av kantstopp er trafikksikkerhet, men også fremkommelighet for utrykningskjøretøy. Kantstoppene bør være oversiktlige og mulige å passere, for eksempel med dobbel sperrelinje eller overkjørbare refuger. De som venter på ventearealet bør være godt sikret. Det skal være vanskelig for fotgjengere å havne i vegbanen, og vanskelig for kjøretøy å havne på fortauet eller havne i andre farlige situasjoner. Derfor bør det i tillegg være lav fart forbi kantstopp, siden de som venter står nærme vegbanen. Ventearealet bør i tillegg være godt belyst.

Man bør alltid planlegge trafikkinfrastruktur med grunnlag i nullvisjonen. Løsningene skal være logiske og letteste, og på denne måten redusere sannsynligheten for uhell. Det skal altså være lett å gjøre riktig og vanskelig å gjøre feil. Man må ikke la nullvekstmålet trumfe nullvisjonen.

Politiet mener at kantstopp frigjør plass for gående og syklende, noe som er bra i by, men noen steder egner seg derimot ikke for kantstopp. Kantstoppet på Sluppen trekkes frem som et skrekkeeksempel. Holdeplassen befinner seg på en veg der kjøretøyene har kommet rett ved motorveg med høy hastighet. Tidligere besto vegen av tre felt derav et var kollektivfelt, og er gjort om til to felt derav et kollektivfelt med kantstopp. Kantstoppet gir frykt for påkjøring bakfra, kø på motorvegen og risiko for ulykker ved full blokkering. Dette vil også hindre utrykning.

Det hender også at kantstopp er plassert i midtstilt kollektivfelt. I Oslo har det vært flere alvorlige uhell og dødsfall i trafikken i forbindelser med midtstilt trikk når passasjerer går av og på trikken. Slike kollektivfelt er vanskelige å legge inn i gater da det ofte ikke er plass. Kantstoppet på City Syd befinner seg på midtstilt bussfelt der bussene krysser ved midtstilt holdeplass. Det er atypisk kjøremønster, og kan oppleves uoversiktlig. Fotgjengere må følge godt med i begge retninger flere gang når de krysser vegen, da de må se til venstre for bil, til høyre for buss, til venstre for buss og til slutt til høyre for bil. Uoppmerksomhet kan føre til ulykker.

Det finnes andre eksempler der kantstopp kan skape trafikkusikre situasjoner. Ved Berg studentby er det et kantstopp som ligger plassert før en høyresving inn mot en rundkjøring. Dersom det er nødvendig med forbikjøring vil denne potensielt kunne skape farlige situasjoner. Busstoppet burde vært plassert lengre opp i vegen.

Ved Arnt Smistads veg er kantstopperne plassert på hver side av en fotgjengerovergang, men slik at overgangen er foran bussene. Dette er en skoleveg, og kryssing foran busser kan gi potensielle uheldige episoder. Busstopperne burde vært plassert forbi fotgjengerovergangen, slik at fotgjengere kan krysse vegen bak bussene.

Annet

Generelt synes politiet at det er bra med tilrettelegging for buss med tanke på kollektivsatsing, men det er vanskelig å skilte i henhold til bygd veg når det ikke har vært hensynstatt godt nok før bygging. Det er lett å skilte på en måte som gjør mange til lovbrøtere når vegens videre forløp blir ulogisk og lurekjørende til å kjøre feil. Det kan bidra til farlige situasjoner. Et eksempel er kjørende over Bakke bru mot vest som ønsker kjøre videre Olav Tryggvasons gate som seint oppdaterer påbud om å kjøre til høyre i Kjøpmannsgata. De kan lett overse syklister til høyre for seg som lovlig kan sykle rett frem.

C.8 LEGEVAKTA I MALVIK, MELHUS, MIDTRE GAULDAL OG TRONDHEIM

Intervju med Svein-Helge Herrmann, utrykningsinstruktør og ambulansearbeider på Legevakta i Malvik, Melhus, Midtre Gauldal og Trondheim

Fremkommelighet

Kantstopp har gjort utrykningskjøretøy mer uforutsigbare. Tidligere har det vært god fremkommelighet for utrykningskjøretøy i kollektivfelt, der busser har kunnet kjøre inn i busslommer for å slippe dem forbi. Dette er blant annet blitt lagt merke til i Elgeseter gate. Etter at det ble etablert kantstopp vil utrykningskjøretøy måtte bytte kjørefelt ofte for å komme seg forbi busser, noe som gjør dem uforutsigbare. Kjøretøy foran på vegen flytter seg for å gi fri veg til utrykningskjøretøy, og når utrykningskjøretøyene bytter kjørefelt ofte vil også kjøretøy foran i køen flytte seg fra side til side. Dette skaper utfordringer for utrykningskjøretøy. Ofte har de kun tenkt til å passere en buss og deretter fortsette å kjøre i bussfeltet, men idet de kjører forbi bussen har trafikken forut flyttet seg slik at å kjøre videre i kollektivfeltet ikke lenger har like god fremkommelighet.

Stadig forflytning av trafikkbildet lengre frem skaper forvirring, og medfører ekstra forsinkelser for utrykningskjøretøy. Både utrykningskjøretøyførere og bilførere som ønsker å gi fri veg kan bli stresset, og dermed ta dårlige valg. Det hender at kjøretøy står på kryss og tvers i vegen idet utrykningskjøretøyet skal forbi. Dette medfører en høyere risiko for at de som hjelpes frem skader andre kjøretøy. Dersom de forårsaker en ulykke må de stoppe og hjelpe til, noe som vil kunne ha effekter på oppdraget de egentlig er på vei til.

Hyppige feltskifter på grunn av at busser og andre kjøretøy ikke kan benytte busslommer til å slippe forbi utrykningskjøretøy tar tid. I tillegg vanskeliggjør midtdele og gjerder fremkommeligheten. Ambulanser ønsker alltid rom rundt kjøretøyet slik at de kan forsikre seg om at motgående trafikk har fulgt med eller ta hensyn til de som ikke har det. Dette kompenserer for både egne og andres feil. Dersom de krysser en refuge for å kjøre forbi i motsatt kjøreretning vil uoppmerksomhet fra andre bilister føre til at de kan bli låst i feil kjøreretning. Slike situasjoner er ubehagelige, spesielt for ferske sjåførere. Erfarne sjåførere vil finne en løsning på dette også, men tid går tapt. Overkjørbare midtrabatter ses på som et kjempeforslag.

De som kjører utrykningskjøretøy på Legevakta kjenner til gode utrykningsruter for enhver plass i byen. Økt omfang av kantstopp i forbindelse med metrobussprosjektet har

ikke ført til at utrykningsrutene har blitt endret i stor grad.

Kantstoppet ved Gløshaugen idrettsbygg nevnes som et sted der det er blitt mer ubehagelig å passere en buss etter innføring av kantstopp. Der er det rekkverk mellom kjørefeltene, slik at utrykningskjøretøyet må legge seg i motgående kjørefelt for å passere bussen. Ved slutten av rekkverket er det en fotgjengerovergang. Her må man være ekstra oppmerksom for fotgjengere, ettersom man ikke kan være sikker på at fotgjengerne har oppdaget at det kommer kjøretøy fra motsatt kjøeretning. Ikke lenge bak fotgjengerovergangen er det en uoversiktlig sving. Utrykningskjøretøy i feil kjøeretning kan komme overraskende på de bilene som kommer kjørende ut ifra svingen, og medføre risiko for trafikkulykker.

Også i Jonsvannsveien og Håkon VII's gate medfører rekkverk og midtdelere i forbindelse med kantstopp dårligere fremkommelighet for utrykningskjøretøy. Mange dårlige løsninger kunne vært unngått dersom utrykningspersonell hadde blitt inkludert i planprosessen.

Trafikksikkerhet

Det er alltid en risiko å ferdes i trafikken. Trafikksikkerheten på kantstopp tenkes ikke på som verre eller bedre enn ved andre elementer i vegsystemet. Folk på kantstopp vil kunne sammenliknes med at det er folk på fortauet. På alle holdeplasser vil personer ønske å krysse vegen, og de fleste venter på grønn mann eller til det er klart før de går over. Noen springer derimot over på rødt. Bilførere må være oppmerksomme uansett.

Annet

Med tanke på trafikksikkerhet vil derimot sykkelfelt være en risikofaktor. De er ofte ikke godt adskilt, og medfører myke trafikanter tett inntil kjørefelt med motoriserte kjøretøy. Problemet oppstår på grunn av begrenset plass, ettersom sykkelfeltene kommer på etter byen er «ferdig». Dersom det skal etableres sykkelfelt vil det være bedre med sykkelfelt i begge retninger på samme side av vegen enn på et sykkelfelt på hver side.

C.9 TRØNDELAG BRANN- OG REDNINGSTJENESTE

Intervju med Ole Ludvigsen, Rådgiver, Trøndelag brann- og redningstjeneste

Fremkommelighet

Det oppleves at fremkommeligheten er dårligere ved kantstopp. Brannvesenet har flere ganger opplevd forsinkelser i forbindelse med kantstopp, ofte der det er høy tetthet av busser. Hvor lenge bussene stopper påvirker fremkommeligheten mest, og når mange busser over kort tid skal stoppe på kantstopp vil naturligvis fremkommeligheten bli enda verre. Store trafikkmengder av andre kjøretøy påvirker ikke i stor grad, da det kun er bussene som stopper og bruker tid på kantstopp. Det har blitt merket en økning i antall busser de siste årene, og i noen traseer er det veldig mange busser. Olav Tryggvasons gate trekkes frem, der det er oppimot 100 busser i timen. Ved så mange busser er ikke kun kantstopp skyld i problemet som oppstår, bussmengden har mye å si. Enkelte steder kan det hope seg opp med busser og i tillegg være mange passasjerer, som fører til at brannvesenet velger å endre utrykningsruter. Det er perioder der de prøver å unngå noen gater, både ved St. Olavs hospital og Elgeseter gate, og spesielt unngås Olav Tryggvasons gate. Fremkommeligheten er altså usikker der det er stor tetthet med busser. Utenfor sentrum er det ikke like nødvendig å benytte seg av sideveger.

Busslomme hindrer derimot ikke for fremkommelighet. Kantstopp i bynære strøk gir dårligere fremkommelighet enn utenfor byen, men man skjønner at det er her det er minst plass til busslomme. Kantstopp er lite fleksibelt med tanke på fremkommelighet, da det er mye stivere enn busslommer.

Fordi brannbiler er store kjøretøy er de mindre smidige enn for eksempel politibiler. Metrobusser vil være vanskeligere å kjøre forbi enn andre busser, da det blir som å kjøre forbi to busser samtidig. Brannbilene har også dårligere akselerasjon enn politibiler. Et stopp eller en fartsdump gjør at de mister all hastighet, og bruker lang tid å komme opp i hastighet.

Brannvesenet kan kjøre fortere enn fartsgrensa, men det er marginalt hvor mye det går an å ta inn av tapt flyt. Ett minutt har veldig mye å si i en sånn bransje. Brannvesenet er den eneste nødetaten med krav til innsatstid. Dersom de varsles om en brann på institusjoner eller sykehus skal det ta maksimalt 10 minutter fra alarmen går til de skal stå på stedet. Dette er fordi en brann utvikler seg raskt. Fra brannen oppstår til et helt

vanlig rom er overtent tar det 3 minutter. Tidspresset er ikke lite kritisk for for eksempel politiet, men tiden teller der også. For brannvesenet er forskjellen mellom suksess eller fiasko knyttet til tida. Det er en grunn til at alle har brannvarslingsanlegg som gir tidligst mulig varsling. Det er ingen nødknapp til andre etater. Hvis brannbilen blir sittende i trafikken forsvinner noe av poenget med tidlig varsling.

Der det finnes adskilte, midtstilte bussfelt kan utrykningskjøretøy velge å kjøre i bussfeltet eller sammen med øvrig trafikk. Når de først har valgt felt er det langt mellom krysningspunkt, og de får ikke til å krysse dersom de har valgt feil felt. Brannvesenet foretrekker helst kollektiv i høyre kjørefelt, da det vil være lettere å veksle mellom feltene for å komme seg raskt frem. Tidligere var det god fremkommelighet i kollektivfeltet, men med kantstopp og elbiler er ikke fremkommeligheten lenger like god. Om vinteren er det viktig med god brøyting også mellom kjørefeltene i flerfelts veier. Brannbilen har opplevd å ikke komme seg forbi dersom det ikke er brøytet mellom feltene.

Også brannbilen vil blokkere trafikken noen ganger når de rykker ut. I disse tilfellene blir de stående mye lengre enn bussen. Man må huske på at i slike tilfeller trenger også bussen alternativer. Dersom brannbilen blir nødt til å blokkere veier i flere timer har metabussen vanskelig for å komme seg rundt. Metrobussen kan ikke gå overalt. De siste årene er det blitt bygd infrastruktur til metabustraseene for milliarder av kroner. Ikke alle steder ville metabussen kunne brukt alternative ruter for å komme seg forbi brannbilen som stenger kjørefeltet.

Det nevnes et eksempel fra Nordre avlastningsveg. Tidligere gikk trafikken gjennom Ila inn til sentrum. Da den nye vegen åpnet ble fremkommeligheten der innsnevret. Brannvesenet måtte stenge den nye vegen på grunn av en ulykke, og da var det ikke lenger noen god alternativ rute for trafikken. Det burde tenkes mer på alternative ruter siden slike ting oppstår.

Et annet eksempel som skapte trafikkaos var da E6 ble stengt i begge retninger fordi en person truet med å ta livet sitt på Kroppan bru. En metabuss ville ikke kunne kjørt rundt i dette tilfellet.

Trafikkulykker krever tid å rydde opp. Det blir fort kork i trafikken selv ved små hendelser, da ryddingen krever at området er avstengt selv etter de involverte i ulykken har dratt derfra.

Noen steder, for eksempel på Pirbadet, har busser regulering for å komme i rute. I slike tilfeller burde det være mulig å kunne si ifra til bussen om å flytte seg, men bussjåføren er ikke alltid tilstede i bussen. Dette gjør det veldig vanskelig å komme

forbi. Brannvesenet for stort sett vite om reguleringen av AtB, men ikke alltid.

Trafikksikkerhet

Brannvesenet opplever kantstopp som en dårligere holdeplassløsning enn busslomme. Uansett holdeplassestype vil det være skummelt med tilstedeværelsen av myke trafikanter, men kantstopp vil medføre større risiko for ulykker. At bussen stopper i kjørebanelen kan komme overraskende på noen. Det oppleves også at trafikksikkerheten ved kantstopp blir verre med ett kjørefelt. Da bussrutene ble endret ble det samtidig mye mer skifting av bussfelt og mer omstigning. I forbindelse med kantstopp oppleves dette som mindre trafikksikkert.

I forbindelse med kantstopp er det ofte anlagt midtrabatter som hindrer forbikjøring. Det hender likevel at folk kjører opp på disse. Dersom man kjører over midtrabatt eller opp fortau kan man overraske andre trafikanter og skape farlige situasjoner. Brannvesenet har blant annet opplevd at bussen har kjørt opp på fortauet i Olav Tryggvasons gate. Dette er tatt opp med AtB flere ganger.

Der det er to kjørefelt i samme kjøreretning og kantstopp i det ene, nevnes det som trafikkarfarlig å kjøre fort forbi bussen på kantstopp. Det blir som å fyke forbi en buss som står i busslomme i feltet ved siden av.

Kantstoppet ved Siemens-krysset på Sluppen nevnes som et eksempel på et sted der det kan oppstå trafikkarfarlige situasjoner. Trafikken forbi kantstoppet kommer rett fra E6, og uoppmerksomhet kan medføre trafikkarfarlige situasjoner. Dersom det ikke legges merke til at bussen stopper på kantstopp kan det føre til at det skjer påkjørsel bakfra. Det vil også være en risiko for å kjøre på myke trafikanter. Kantstopp må vurderes ut ifra beliggenhet og forhold rundt. Ikke alle steder egner seg for stopp i kjørebanelen.

Kantstopp er best anvendt på en oversiktlig plass der ingenting annet forstyrrer. Det bør utformes med overkjørbare refuger for å sikre noe fremkommelighet for trafikk der passering er nødvendig. Når man passerer et kantstopp bør man senke farten med tanke på fotgjengeres sikkerhet.

Annet

Enhver stopp påvirker drivstofforbruk, spesielt ved store kjøretøy. Brannbilen kjører ikke så økonomisk i utgangspunktet, men dette forverrer seg enda mer når kantstopp fører til mer stopp og start og flere feltskifter.

