



Norwegian University of
Science and Technology

Waiting Time Strategy for Public Transport Passengers

Magnus Frestad Nygaard

Civil and Environmental Engineering

Submission date: June 2016

Supervisor: Trude Tørset, BAT

Norwegian University of Science and Technology
Department of Civil and Transport Engineering



Oppgavens tittel: Waiting Time Strategy for Public Transport Passengers	Dato: 08.06.2016		
	Antall sider (inkl. bilag): 61		
	Masteroppgave	X	Prosjektoppgave
Navn: Magnus Frestad Nygaard			
Faglærer/veileder: Trude Tørset			
Eventuelle eksterne faglige kontakter/veiledere:			

Ekstrakt:

Stor befolkningsvekst i byer og miljøbevissthet over hele verden setter stadig større krav til kollektivtrafikkens rolle for persontransport. I mange europeiske byer, inkludert de ni største byområdene i Norge (Samferdselsdepartementet, 2012), stilles det krav til at antall reiser med kollektive transportmidler skal økes på bekostning av antall bilreiser. For å takle utfordringene og for å nå målene, er det avgjørende at transportmodellene gir bedre tilnærminger av de reelle reisekostnadene ved kollektive reiser. I lavfrekvente rutetilbud, som finnes i de fleste norske byer, er det grunn til å tro at ventetiden blir modellert på en slik måte at den gir et feilaktig estimat på ulempene som følger av ventetiden.

Ventetiden til 1145 passasjerer ble registrert på 24 forskjellige bussholdeplasser i Trondheim. Registreringene ble gjennomført manuelt ved bruk av et eget-designet registreringsprogram, der nøyaktig tidspunkt for passasjerens ankomst og bussens avgang ble lagret. I tillegg ble en spørreundersøkelse utarbeidet, og besvart av 109 kollektivpassasjerer. Målet med undersøkelsen er å utforske spesifikke deler av passasjerens ventetidsstrategi.

Resultatene viser at ankomstfordelingen er langt fra uniform ved 10, 15, og 20-minutters frekvens. Flesteparten av passasjerene planlegger ankomsten til holdeplass med utgangspunkt i bussens avgangstid for å minimere ventetiden. Dette indikerer at ventetiden som benyttes i transportmodellene er større enn ventetiden passasjerene opplever i virkeligheten. Hvilken ventetidstrategi passasjerene bruker, spesielt med hensyn til hvordan de planlegger ankomsttiden til holdeplass er av stor interesse. Å fordele passasjerene i tre forskjellige grupper basert på deres ventetidsstrategi er en god begynnelse til hvordan ventetiden kan modelleres på en bedre måte. De tre gruppene er 1) tilfeldig ankomst, 2) ankomst basert på rutetabellen, 3) ankomster basert på sanntidsinformasjon.

Stikkord:

1. Kollektivtransport
2. Ventetid
3. Transportmodeller
4. Feltundersøkelser

Magnus Frestad Nygaard

(sign.)

Forord

Denne masteroppgaven er utarbeidet av Magnus Frestad Nygaard ved Institutt for bygg, anlegg og transport ved Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet (NTNU) våren 2016. Oppgaven inngår i fagretningen transport, er vektet med 30 studiepoeng, og er den avsluttende oppgaven etter et fem år langt studie.

Temaet for masteroppgaven omhandler kollektivtransport i byer, og ble valgt på bakgrunn av at jeg har stor interesse for dette sett i både et miljømessige og kapasitetsmessig perspektiv. Temaet ventetid ble bestemt i samarbeid med min veileder Trude Tørset, da dette er et lite utforsket tema innen kollektivtransport.

Målet med masteroppgaven er å gjennomføre et forskningsarbeid som skal presenteres i en vitenskapelig artikkel, som forhåpentligvis skal presenteres og publiseres i et tidsskrift. Da artikkelen ikke gir et tilstrekkelig grunnlag for å bedømme arbeidsprosessen gjennom hele semesteret, skal det også lages en prosessrapport. Masteroppgaven er derfor todelt. Prosessrapporten må sees på som et supplement til forskningsartikkelen, og er ikke ment å være en utfyllende versjon av artikkelen. Forskningsartikkelen er skrevet på engelsk, prosessrapporten på norsk.

En stor takk rettes til min veileder Trude Tørset. Trude har gitt god oppfølging og bidratt med forslag, ideer og løsninger helt fra idefasen til ferdigstillelsen av oppgaven. Hun har hatt det nødvendige innblikket i forskningsmiljøet og arbeidslivet for å sikre at denne forskningen både kan gi ny og nyttig kunnskap. I tillegg har hun vært til god hjelp i skrivearbeidet tilknyttet forskningsartikkelen, slik at den har fått en god akademisk utforming.

Jeg vil også takke Erlend Dahl ved SINTEF Teknologi og samfunn for at han programmerte appen jeg brukte til å registrere ankomster. Takk til forskningsassistentene som hjalp til med å samle inn data, til forskningsgruppa ved NTNU som finansierte assistentene, til Statens Vegvesen for stipend, og takk til medstudenter for gode innspill.

Trondheim, juni 2016.



Magnus Frestad Nygaard

Sammendrag

Stor befolkningsvekst i byer og miljøbevissthet over hele verden setter stadig større krav til kollektivtrafikkens rolle for persontransport. I mange europeiske byer, inkludert de ni største byområdene i Norge (Samferdselsdepartementet, 2012), stilles det krav til at antall reiser med kollektive transportmidler skal økes på bekostning av antall bilreiser. For å takle utfordringene og for å nå målene, er det avgjørende at transportmodellene gir bedre tilnærminger av de reelle reisekostnadene ved kollektive reiser. I lavfrekvente rutetilbud, som finnes i de fleste norske byer, er det grunn til å tro at ventetiden blir modellert på en slik måte at den gir et feilaktig estimat på ulempene som følger av ventetiden.

Ved bruk av feltstudier og spørreundersøkelser, er målet å avdekke den faktiske ventetiden passasjerene opplever, samt å avdekke de reisendes ventetidsstrategi, og om, eller hvordan de har planlagt tidspunktet for ankomst til holdeplassen. Her er det interessant å se hvordan ankomstfordelingen avviker fra tilfeldig og uniform fordeling (som benyttes i transportmodellene), og hvordan dette varierer med ulik lengde mellom hver avgang. Ved å få innsikt i passasjerenes forhold til ventetid vil det være mulig å diskutere hvordan ventetid bør anvendes i transportmodellene på en måte som gir en bedre tilnærming av reisekostnadene ved en kollektiv reise.

Ventetiden til 1145 passasjerer ble registrert på 24 forskjellige bussholdeplasser i Trondheim. Registreringene ble gjennomført manuelt ved bruk av et eget-designet registreringsprogram, der nøyaktig tidspunkt for passasjerenes ankomst og bussenes avgang ble lagret. I tillegg ble en spørreundersøkelse utarbeidet, og besvart av 109 kollektivpassasjerer. Målet med undersøkelsen er å utforske spesifikke deler av passasjerenes ventetidsstrategi.

Resultatene viser at ankomstfordelingen er langt fra uniform ved 10, 15, og 20-minutters frekvens. Flesteparten av passasjerene planlegger ankomsten til holdeplass med utgangspunkt i bussens avgangstid for å minimere ventetiden. Dette indikerer at ventetiden som benyttes i transportmodellene er større enn ventetiden passasjerene opplever i virkeligheten. Hvilken ventetidstrategi passasjerene bruker, spesielt med hensyn til hvordan de planlegger ankomsttiden til holdeplass er av stor interesse. Å fordeler passasjerene i tre forskjellige grupper basert på deres ventetidsstrategi er en god begynnelse til hvordan ventetiden kan modelleres på en bedre måte. De tre gruppene er 1) tilfeldig ankomst, 2) ankomst basert på rutetabellen, 3) ankomster basert på sanntidsinformasjon.

Summary

Large population growth in cities and environmental concerns across the world puts increasingly higher demands on public passenger transport. In several European cities, including the nine largest urban areas in Norway (Samferdselsdepartementet, 2012) the number of public transport trips is required to increase, with the overall goal of reducing the number of car trips. To overcome the challenges and to reach the goals, it is crucial that the transport models provides a better approximation of the real travel costs for public transport trips. In low-frequency public transport services, which occurs in most Norwegian cities, it is reasons to believe that the waiting time used in the transport models is much higher than what the passengers experience in real life.

Through the use of field studies and surveys, the study's aim to reveal the actual waiting time that passengers experiences, plus revealing the passengers' waiting time strategy, and if, or how they are planning their time of arrival to the bus stop. It is interesting to see how the arrival distribution deviate from random and uniform distribution (which is used in the transport models), and how this varies with different headways. By revealing how passengers deals with the waiting time, it will be possible to discuss how waiting time should be dealt with in the transport models, in a way that gives better approximations of the travel costs of public transport trips in low-frequency services.

The waiting time of 1145 passengers were registered on 24 different bus stops in Trondheim. The registrations were conducted manually with use of a self-designed computing-program, which stored the exact time of the passengers' arrivals and the buses' departures. In addition, 109 public transport passengers answered a survey. The surveys goal was to investigate specific parts of the passengers waiting time strategies.

Results from this study show that the arrival distribution is far from uniform at 10-, 15-, and 20-minute headways. Most of the passengers plan their arrival to the bus stop based on the bus departure time, in order to minimize their waiting time. This indicates that the waiting time used in the transport models is larger than the waiting time the passengers experiences in real life. What waiting time strategy used, particularly according to how they plan their arrival time to the platform is of great relevance. Dividing the passengers into three different groups depending on their waiting time strategy is a good beginning on how to better model the waiting time. The three groups is 1) random arrivals, 2) arrivals based on the timetable, 3) arrivals based on real time travel information.

Innhold

Figurliste del 1	v
Tabelliste del 1	v
Figurliste del 2	v
Tabelliste Del 2	v
Del 1: Vitenskapelig artikkel	
Waiting Time Strategy for Public Transport Passengers	1
Del 2: Prosessrapport	
Innhold	19
1 Innledning.....	21
2 Litteraturstudie.....	22
3 Teoretisk rammeverk.....	23
4 Forskningsspørsmål	29
5 Planlegging og gjennomføring av datainnsamling	30
6 Dataprosessering	34
7 Resultater	35
8 Data og resultater utelatt den vitenskapelige artikkelen.....	36
9 Anbefaling til videre arbeid.....	36
10 Referanser	37
Vedlegg	39

Figurliste del 1

Figure 1: Cumulative arrival distribution at 10-minute headways.	6
Figure 2: Cumulative arrival distribution at 15-minute headways	6
Figure 3: Cumulative arrival distribution at 20-minute headways	6
Figure 4: Cumulative arrival distribution at 10-, 15-, and 20-minute headways.....	7
Figure 5: Cumulative arrival distribution at 10-, 15-, and 20-minute headway. Where the open waiting time is given in percentage of the headway.	7
Figure 6: Arrivals at 10-minute headways. Time ahead of actual and planned bus departure.	8
Figure 7: Arrivals at 15-minute headways. Time ahead of actual and planned bus departure.	9
Figure 8: Arrivals at 20-minute headways. Time ahead of actual and planned bus departure.	9
Figure 9: Passenger arrivals. Dividing passengers into two groups depending on their time of arrival.....	10
Figure 10: Average open waiting time as a function of bus delays.	11

Tabelliste del 1

Table 1: The observed open waiting time at different headways. All numbers in [mm:ss].	5
Table 2: The share of passengers who experience a shorter open waiting time than expected.	10
Table 3: Registered bus delays	11
Table 4: Passengers' evaluation of the different stages of the waiting time.	13

Figurliste del 2

<i>Figur 1: Faser i starten av en kollektivreise</i>	<i>24</i>
<i>Figur 2: Relativ vektlegging av ulike reisetidskomponenter, relativt til verdsetting av reisetid om bord med sitteplass (Ellis and Øvrum, 2014) (p.15, fig. 3.2)</i>	<i>25</i>
<i>Figur 3: Ventetid på holdeplass ved forskjellig tid mellom avgangene(Ruud et al., 2010) (p.30, fig.2.15)</i>	<i>27</i>

Tabelliste Del 2

<i>Tabell 1: Utvalgte tidsverdier for Osloområdet (Ellis and Øvrum, 2014)(p. iii, tab. S1)</i>	<i>25</i>
<i>Tabell 2: Anbefalte vekter for ventetid i forhold til reisetid om bord. Korte kollektivreise reiser (under 100km)(Samstad et al., 2010)(p10, tab 3.3)</i>	<i>26</i>
<i>Tabell 3: Spørsmål i "faresonen".</i>	<i>34</i>
<i>Tabell 4: Forslag til videre forskning</i>	<i>37</i>

Del 1
Vitenskapelig artikkel

Waiting Time Strategy for Public Transport Passengers

Magnus Frestad Nygaard, Trude Tørset

Department of Civil and Transport Engineering, Norwegian University of Science and Technology, Norway

To overcome future challenges in urban transport it is crucial that the transport models provide a better approximation of the real travel costs for public transport trips. Today's transport models use the assumption of random passenger arrivals, which we have proved overestimates the real travel costs passengers are experiencing in low-frequency services. This study presents results from field registrations and surveys, passengers' actual waiting time and their waiting time strategies. The results show that passengers plan their arrival to bus stops, which implies a lower waiting time than assumed in the transport models. Though random arrivals probably represents a realistic arrival pattern in frequent public transport services, the arrival pattern is quite different in low-frequency services. This could partly be defended by saying we include the hidden as well as the registered waiting time. However, it seems unlikely that the current assumptions in transport model is representing waiting time strategy in a meaningful way, and thus it should be investigated further. Results given in this paper indicate how transport models could develop to better deal with low-frequency public transport services.

1 Introduction

Large population growth in cities and environmental concerns across the world puts increasingly higher demands on public passenger transports. In several European cities, including the nine largest urban areas in Norway (Samferdselsdepartementet, 2012), the number of public transport trips is required to increase, with the overall goal of reducing the number of car trips. To overcome the challenges it is crucial that the transport models provide a realistic approximation of the real travel costs for public transport trips. In low-frequency public transport services, which occurs in most Norwegian cities, we expect that the waiting time used in the transport models is much higher than what the passengers choose in real life.

In order to provide reliable estimates of travel demand the transport models' input data must be of high quality. The demand calculations are based on the inconvenience of travels between A and B with every available means of transport. The inconveniences are converted to a common cost unit, and the sum is known as the generalized travel cost (GC). The calculated GC for a trip by public transport consists of the inconveniences of walking to, between and from bus stops, representing the access and egress time, time aboard the vehicle, waiting time, and fares (Malmin, 2013).

Input data used in the transport models regarding the duration of each stage of the

trip, with the exception of the first waiting time, probably gives a good representation of the real travel time. The input data for the waiting time that occurs in the start of the trip, before boarding on any vehicle, is not based on any form of registrations of actual waiting times (Hjorthol et al., 2014). It is solely based on time between bus departures (headways). In addition, the modeled waiting time is based on an assumption of random passenger arrivals to the bus stops (Amin-Naseri and Baradaran, 2015). With this assumption, the average waiting time for all passengers is the statistical expected value, equal to half the time between departures ($W=h/2$). This might be a good estimation of waiting time in high-frequency services. However, if the passengers plan their arrival to the bus stop, the open waiting time (the duration of passengers' stay on the bus stop) is probably considerably less than half the time between departures in low-frequency services.

It is true that passengers travelling at larger headways might experience hidden waiting time in addition to the open waiting time because they are not able to travel whenever they want. However, the hidden waiting time, as well as extra waiting time due to bus delays, does probably not have the same time costs as the open waiting time, and the differences is not taken into account in today's implementations.

Based on field studies carried out in Trondheim, Norway, we have investigated the waiting time among public transport passengers. A survey followed up results from the passenger arrival registrations, to get more information on how passengers plan their waiting time. Together, this data has given us more insight into public transport passengers waiting time strategy. Based on this new knowledge, we have taken one step closer to better approximations of reality in the transport models.

2 Method

2.1 Study design

In this study, we wanted to reveal passengers' actual waiting time in low-frequency public transport services. The transport models use the assumption of uniform and random passenger arrivals at all public transport trips, even though this is found to be valid only in high-frequency services (Seddon and Day, 1974, found in McLeod, 2007). This probably results in overestimation of the waiting time in low-frequency services, which is present in most Norwegian cities. The goal of this study is to map actual waiting times for public transport passengers travelling at different headways, and to reveal if there is any correlation between different aspects of the waiting time strategy and the public transport service.

We used two types of data collections. In the first part, the open waiting time of 1145 passengers were registered during the morning peak-hour traffic, in February 2016. The registrations were conducted at 24 different bus stops in residential areas in Trondheim, on 16 different days, and each registration lasted for about two hours. The number of bus routes registered was seven, where two of them were registered at both sides of the city center, and one was registered at two different headways. The passengers were registered with the exact time of arrival to the bus stop. The observed open waiting time is the time between arrival of each passenger and the departure time of the bus they boarded. All bus routes operated according to a timetable with fixed departure times.

In the second part, 109 public transport passengers answered a survey about their waiting time strategy, while waiting at the bus stops.

2.2 Preliminaries and decisions

The entire study aims solely at the first waiting time that passengers are experiencing (waiting time that occurs in the start of the trip, before boarding on any vehicle), and for trips that is presumably starting at home. This is based on the assumptions of 1) that passengers have greater possibilities to plan their arrival to the bus stop when the trip is starting at home, and 2) that waiting times at the trip origin has a higher influence on the mode choice, than at the destination, when the trip purpose is a return journey.

We believe that the arrival distribution of passengers to bus stops will vary with different headways. To investigate this, we decided to conduct registrations on bus stops served by one single bus route, with 10, 15, and 20-minute headways. 10 minutes is the lowest headway existing on bus routes in Trondheim, therefore no registrations on more frequent routes were conducted. 15- and 20-minute headways were chosen because those headways frequently occur on bus routes in Norwegian, and other medium sized cities worldwide. Headways larger than 20 minutes were not investigated because of the difficulties it would cause to collect a sufficient amount of data. Registrations on bus stops that is served by two or more routes were also omitted because of the complexity it would be to collect the data (have to track which bus each passenger is entering).

We conducted registrations manually in the morning peak-hour traffic for 10- and 15-minute headways, and later in the day for 20 minutes headway, as no routes in Trondheim operates with 20-minute headway during the morning peak hours. Only one registration was conducted per site and time period, so that the probability of register the same person more than once was kept to a minimum.

The survey's goal was to clarify what strategies the passengers apply, conscious, or unconscious, when it comes to waiting time at public transport trips. What thoughts, and what considerations that is the foundation of the waiting time that individuals choose, is of great interest. The survey was conducted mostly during the morning peak hours in order to get as many respondents as possible. In addition, these data will be suitable to detect relations between results from the registrations because they were conducted at the same time of day. By only asking passengers at those times, there might be an excess weight of trips to and from work and school. However, the passenger numbers are highest during the peak-hours, and if any information gathered from the survey may be used to improvements in the public transport services, it is during the peak-hours the improvements will have greatest importance.

The challenge was to keep the questions simple, in such a way that the respondents were able to understand the questions, and still get sufficient information about the passengers' waiting time strategy. Therefore, most of the questions were multiple choice. In addition, the number of questions were kept low, in order to maintain the respondent interests for giving accurate answers through the entire survey.

2.3 Arrival registrations

All passengers who arrived the given bus stop were registered with the exact time of arrival, and the same were done for the buses' departure. The definition of when a passenger has arrived the bus stop is not unambiguous. In this study the arrival was defined by the point in time where the passenger stopped walking – and started waiting – independent of the position where this took place. All registrations started and ended with a bus departure, to avoid an over-representation of passengers arriving early and late. The registrations were conducted by using a self-designed application for Android phones and tablet computers, where the time stamp for all passengers and buses were saved to a file.

When processing the collected data, the duration of each individual open waiting time was revealed, by calculating the time between time of arrival and the bus's departure time. When information from the timetable were included, the data also showed on what time the passengers arrived prior to the planned bus departure time, plus delays for every vehicle.

Bus stop characteristics

It is important that the registrations be performed at bus stops that are similar to each other. When the different bus stops have the same characteristics when it comes to location and public transport service, all the collected data will have the same validity. The bus stops we used for registrations satisfy all of the following requirements:

1. It is served by one bus route only.
2. The bus route has a fixed number of minutes between all departures in the registration period.
3. It is located in a residential area.
4. It is not suited for transfers between public transport routes.
5. It is not in close distance of a groceries store, shopping mall, or kindergarten.

These requirements is determined to maximize the probability that it is the passengers' first waiting time that is registered (they have not done any errand in advance), and that they started their trip at home. Additionally, there should not be any other bus stop, served by other bus routes, in close distance. This is to ensure that the travelers actually did plan to go to this particular stop, instead of others.

2.4 Survey design and collecting responses

The survey was aimed at frequent public transport passengers, and gathered information only from the trip each passenger do most frequently by public transport. Only asking questions about one particular trip was chosen because it might cause the passengers to give answers that are more exact, regarding waiting- and excess time. The survey begins with general questions about the passenger and the bus services used for this particular trip, in order to find any correlations between this and the passengers' waiting time strategy. In order to keep the questions simple, no questions regarding time costs were asked. However, different valuing of the different phases of waiting time is of great interest, hence, the respondents were given a scenario where they choose which part of the journey they would like to shorten and increase with one minute.

The survey is internet-based, and the respondents should be able to answer by

themselves, using their own cell phone. The main reason for this is to let the passengers conduct the survey while they are either waiting at the bus stop, or are aboard the bus – places they usually do not have much else to do. This will likely results in more respondents. Internet-based surveys might also exclude some potential respondents. However, the use of internet on cell phones at public places in Norway is large; therefore, the number of excluded passengers for this reason was expected to be small.

We collected responses at different bus stops in Trondheim, mostly during the morning peak-hour traffic. The bus stops were selected based on high passenger numbers, in order to get as many respondents as possible in short time. However, this might result in that passengers travelling at times with larger headways is under-represented.

The intention was to ask all the passengers arriving, however, this was not possible. Some passengers arrived just in time before the bus departures, and there was no time to ask them. Hence, it might be an under-representation of passengers who aims for zero open waiting time. Other situations like crowding, and passengers who did not want to answer the survey, resulted in a response rate of around 40%.

3 Results

3.1 Open waiting time

One of the main goals is to map the duration of passengers' open waiting time, which in this study, is the length of passengers' stay on the bus stop, from when they arrive at the platform until the bus departures. Knowing the exact duration of the open waiting time is a considerable contribution in producing better approximation of the real travel costs for public transport trips. Seeing how the arrival distribution varies with different headways, enables the models to calculate more accurate travel costs for travels at any public transport services.

The arrival distributions found at the three different headways is shown as cumulative distribution functions, with the open waiting time along the x-axis, in Figure 1, Figure 2, and Figure 3. Table 1 summarize the differences in open waiting time at the different headways.

Table 1: The observed open waiting time at different headways. All numbers in [mm:ss].

Headway	N	Average open waiting time	Median	Standard deviation
10 minutes	494	03:12	02:39	02:26
15 minutes	457	04:25	03:33	03:07
20 minutes	194	05:33	04:23	04:28

Figure 1: Cumulative arrival distribution at 10-minute headways.

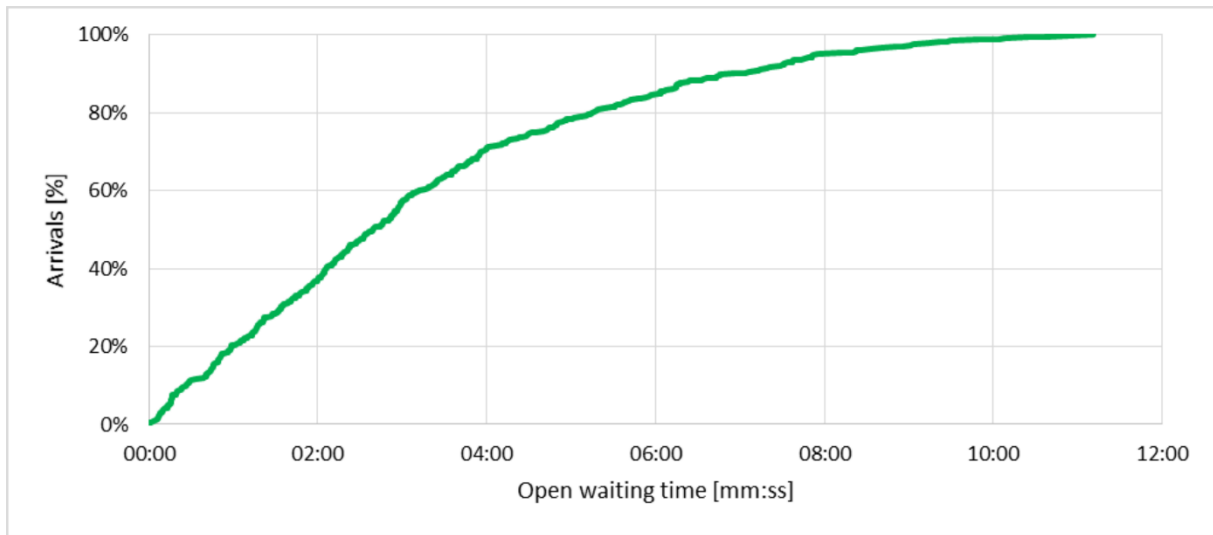


Figure 2: Cumulative arrival distribution at 15-minute headways

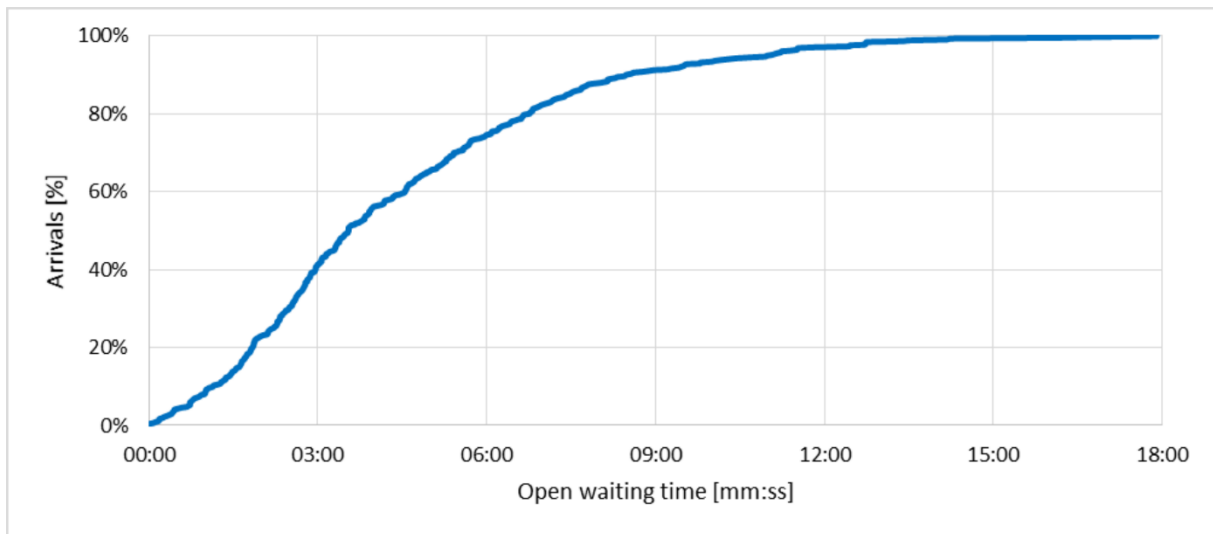


Figure 3: Cumulative arrival distribution at 20-minute headways

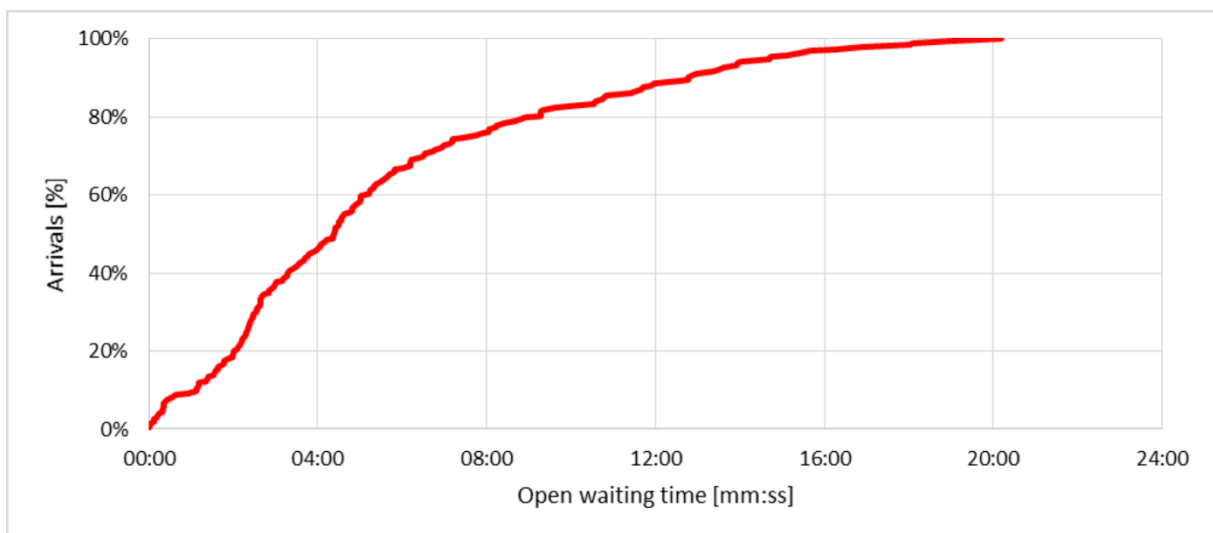


Figure 4: Cumulative arrival distribution at 10-, 15-, and 20-minute headways

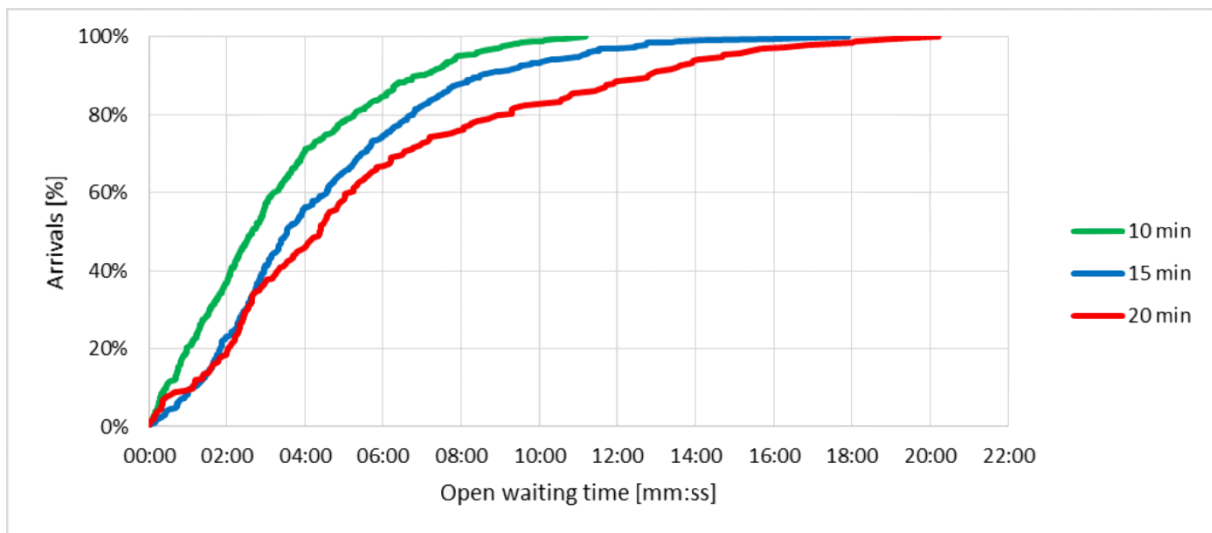
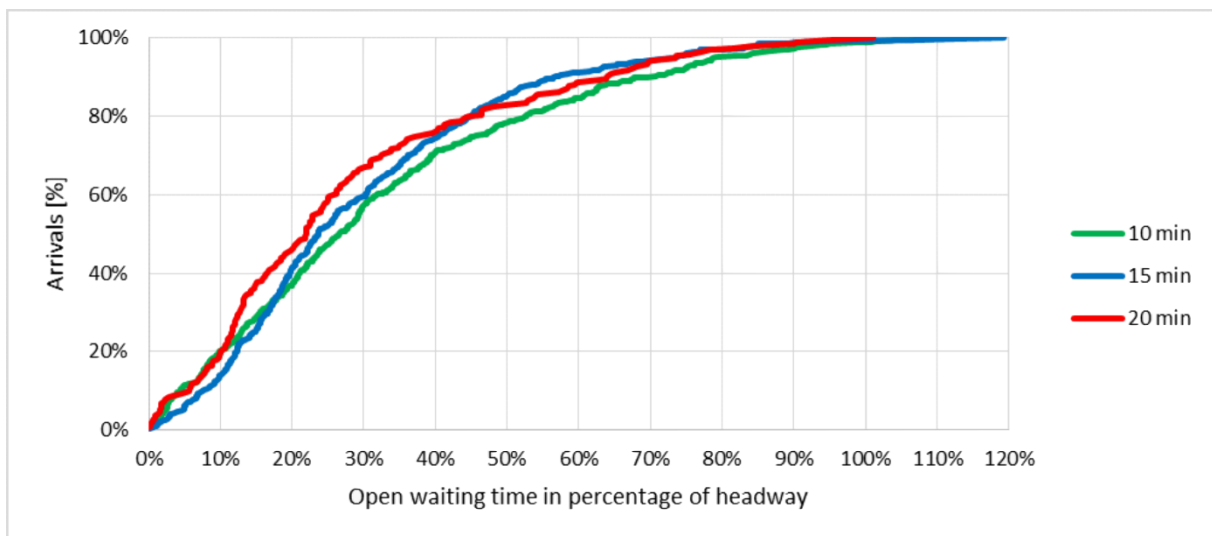


Figure 5: Cumulative arrival distribution at 10-, 15-, and 20-minute headway. Where the open waiting time is given in percentage of the headway.



The results clearly show that the arrival distribution of public transport passengers is not uniform, like it is assumed when waiting time is dealt with in transport models. The distribution shows that passengers tend to plan their arrival to the bus stop according to the bus departure times, in order to reduce their open waiting time. Moreover, this indicates that the waiting time used in transport models in low-frequency services might be overestimated.

The arrival distributions for the three different headways show that more passengers experience longer waiting time at larger headways. This might be a consequence of that passengers travelling with larger headways are taking smaller risks, in form of longer waiting time, to decrease the probability of not reaching their bus. The cost of waiting for the next bus (which will arrive in h minutes) will of course be higher for passengers that are travelling with larger headways. Hence, a lower share of random arrivals is expected at larger headways.

3.2 Is the time of arrival planned?

Knowing how the time of arrival is planned will give crucial information about passengers' waiting time strategy. By analyzing each arrival, and calculate both the arrival time prior to the bus's departure (the open waiting time), and the arrival time prior to the bus's scheduled departure time, such information is gained. By knowing the length of these times, we are able to predict if the passengers did plan their arrival based on the timetable, or by the use of real time travel information. This is because passengers who arrive solely based on information from the timetables will not be able to adapt their arrival in accordance with delays in order to avoid excess waiting time. We cannot say for sure (from these data) what basis every passenger's time of arrival is based on, mainly because passengers also can arrive randomly. However, these results could be used to estimate the share of passengers who arrived on what bases.

The figures (Figure 6, Figure 7, and Figure 8) show a two dimensional diagram, where each dot represents one passenger's arrival to the bus stop. The arrival is plotted with an x-coordinate showing the open waiting time, and the y-coordinate showing the length of time between the arrival and the time for the next scheduled bus departure.

Figure 6: Arrivals at 10-minute headways. Time ahead of actual and planned bus departure.

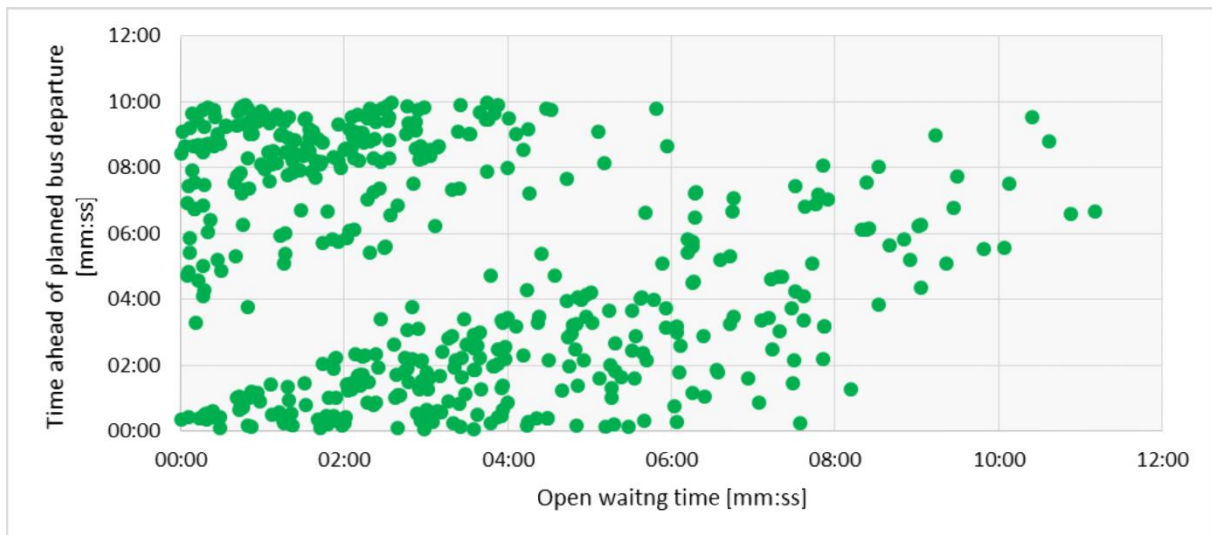


Figure 7: Arrivals at 15-minute headways. Time ahead of actual and planned bus departure.

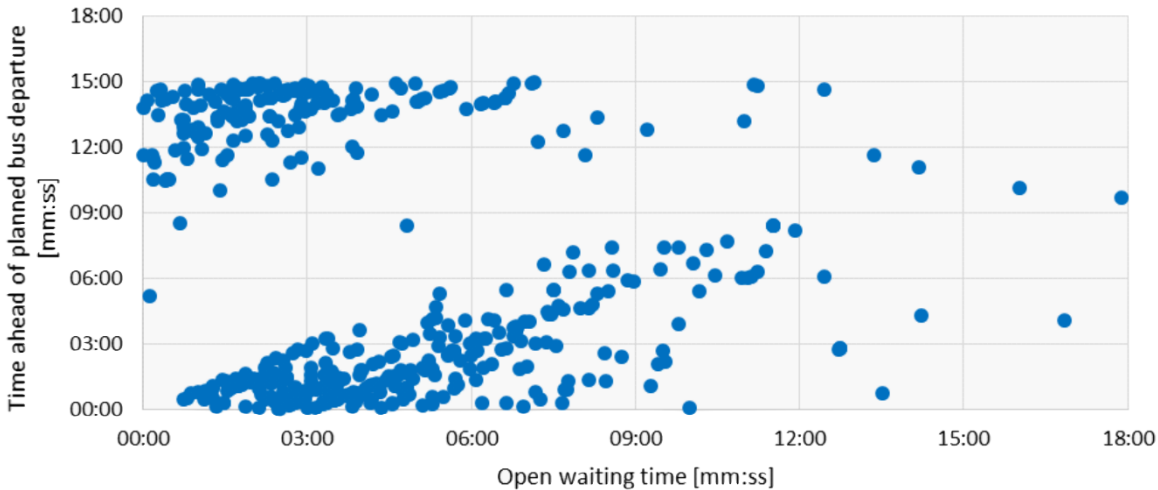
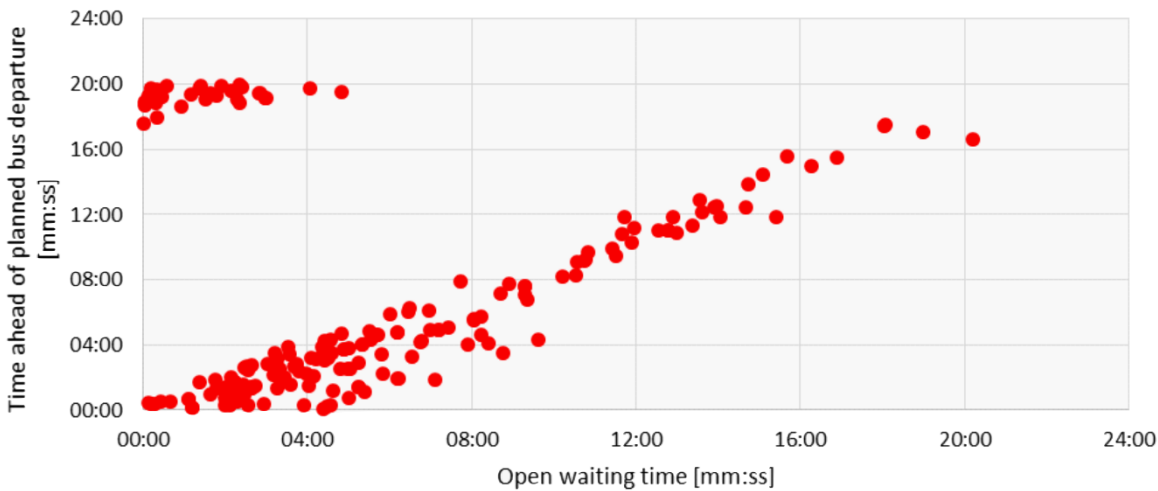


Figure 8: Arrivals at 20-minute headways. Time ahead of actual and planned bus departure.

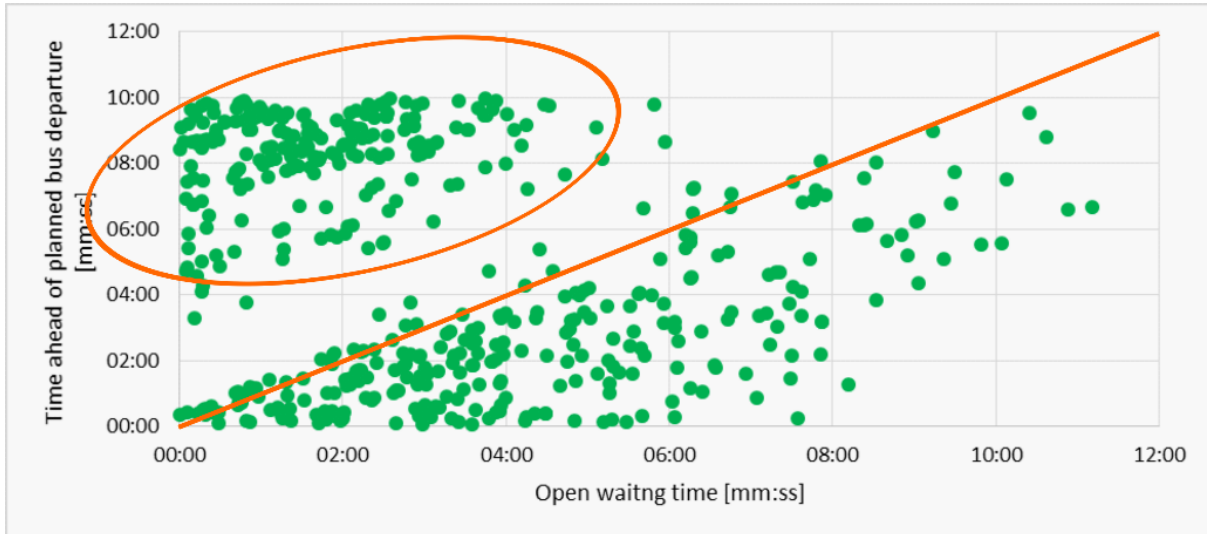


The diagrams reveal that a share of the passengers experiences a shorter waiting time than expected if we assume that every bus departure on scheduled time. These passengers arrive at the platform after the scheduled departure time, but they still reach the bus, because of delays. In the diagrams they are recognized by that their open waiting time is less than the time before the next scheduled departure, and they are seen in the upper left corner, above the imaginary line of $x=y$. It might be that those passengers are aware of the delays, and that they are actively using some kind of information to reduce their open waiting time.

From the same diagrams, it is possible to divide the passengers into groups on the behalf of their waiting time strategy, in this case their arrival time strategy. The objective of the grouping is to create a foundation to give better estimates on the passengers' average waiting time, not to conclude on what strategy they use. From the diagrams we can see that the arrivals has centers of gravity in the upper left corer, and along and below the imaginary line of $x=y$. Hence, the passengers can be divided into two groups. Figure 9 illustrates this. Passengers who is waiting less than expected categorize the upper group, and passengers

who probably plan their arrival based on the timetable categorize the lower group. Passengers who arrive randomly can be in both groups.

Figure 9: Passenger arrivals. Dividing passengers into two groups depending on their time of arrival.



The passengers in the upper group experience a shorter waiting time for one of three reasons. 1) They arrive randomly to the bus stop, 2) they traveled with the bus prior to the one they have planned, due to large bus delays, or 3) they use real time travel information to reduce their waiting time. Passengers who arrives after the scheduled departure time, because they assume that the bus is delayed, but do not use real time travel information to confirm this, is categorized as random arrivals. Passengers who experience a shorter waiting time due to buses that departure earlier than scheduled is not included in the group of passengers who experience a shorter waiting time than expected.

The results indicate that the headway affect how passengers plan their arrival to the bus stop. The share of passengers who experience a shorter open waiting time than expected is decreasing with larger headways (Table 2). This indicates that the amount of passengers who plan their arrival based on the timetable is larger at larger headways, which leads to longer open waiting time. Moreover, delays will have a greater effect on passengers traveling at larger headways than short.

Table 2: The share of passengers who experience a shorter open waiting time than expected.

Headways	N	The share of passengers who experience a shorter open waiting time than expected.
10-minute	494	46%
15-minute	457	38%
20-minute	194	17%

3.3 Delays

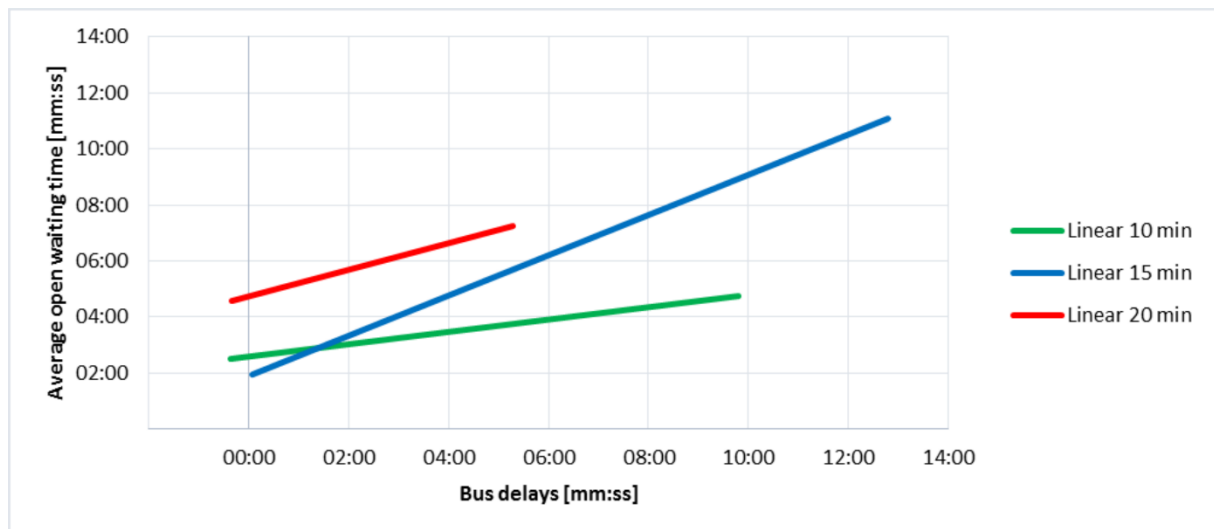
How the waiting time is affected by delays is crucial when waiting time is dealt with in the transport models. Results from this study, shown in Figure 10, shows the average open waiting time for passengers at each headway as a function of the delays. As expected, larger bus delays causes larger average open waiting time. However, the average waiting time increases less than the corresponding bus delay, which indicates that some passengers are aware of the delays, and do not want to plan their arrival according to the scheduled bus departure times.

Table 3 summarize key statistics of the registered bus delays. All buses that departure one second or more after the scheduled departure time are defined as delayed.

Table 3: Registered bus delays

Headway	N buses	% Delays	% Delays > 1 minute	Average delay	Max delay
10 minutes	131	95%	81%	02:43	09:48
15 minutes	96	100%	82%	03:19	12:47
20 minutes	94	92%	64%	01:25	05:17

Figure 10: Average open waiting time as a function of bus delays.



From Figure 10 we can see that the average open waiting time may be described in the form of $W=a+b*\text{delays}$, where a and b is either constant or a function of the headways. However, since the average waiting time at 15-minute headways differ from the two others, it is not suitable to develop a universal expression from this data set.

Passengers unaware of delays will experience longer open waiting times. Hence, there are reasons to believe that passengers would like to get information about the delays, in order to avoid excess waiting time. However, results from the survey indicate that slightly less than half the passengers is taking bus delays into account in their waiting time strategy. This means that the majority arrive to the bus stops, as if the bus always departure on

scheduled time.

To what extent the use of real time travel information is present, and how, and if it is used to minimize the waiting time might be of great relevance. Results from this study show that about 1/3 of the passengers is using real time travel information, and it indicates that the use is larger with increasing uncertainty whether the bus is delayed or not. This is found to be the most relevant condition for whether the real time travel information is used. The results also indicate that the use is increasing logarithmically with increasing length of the delays. However, the last statement is based on the numbers of passengers who experience a shorter waiting time than expected, and there is no guarantee that these are using real time travel information. How the use will effect the waiting time in detail is still not clarified, but it is expected that the average waiting time will decrease with increasingly use. The study indicates that the passengers who use real time travel information does not have the need, or wish, to include a buffer time, which will be explained in the next section.

3.4 Preferred waiting time

In the light of that passengers are planning their arrival according to bus departure times, we can assume that they have budgeted for a waiting time of a given length. It can be interpreted as a safety margin; the amount of time they want to arrive before the bus departure. There is no reason to believe that passengers wants to wait for a longer time than their desired buffer time, hence it will be mentioned as the preferred waiting time. The length of the preferred waiting time varies among passengers from zero up to several minutes.

The results show that only 10% of the passengers prefer to arrive less than one minute before the bus departures, which match the observed open waiting times at 15- and 20-minute headways (Figure 2 and Figure 3). Despite longer waiting times at larger headways, there is found no noteworthy differences in preferred waiting time for passengers at different headways. The average of 2 minutes seems to apply to trips at all headways and all travel purposes. The only factor that affects this value is the degree of whether the trips were planned and regular. Passengers who mostly travelling with the same bus, and thus have been able to create their own waiting time strategy, are planning for a larger safety margin, than for those who doesn't have, or are not able to make use of a strategy for a particular trip.

3.5 Time costs for waiting time

This study indicates that the open waiting time, and extra waiting time due to delays has a higher cost for the travelers than the hidden waiting time, as well as the other parts of a public transport trip. This is based on what part of a public transport trip passengers value the most and least. Table 4 shows how many passengers (in percentage) who valued each part of the trip with highest and lowest time costs.

Table 4: Passengers' evaluation of the different stages of the waiting time.

	Hidden waiting time	Open waiting time	Extra waiting time	Access time	Time aboard the bus, with a seat
Highest time cost	10%	30%	43%	2%	15%
Lowest time cost	23%	6%	5%	3%	64%

The results indicate that the time aboard has a higher cost for passengers travelling at larger headways, and that the cost for extra waiting time is higher for those who experience delays more often. Other coherences is difficult to find from this data.

3.6 Other strategy elements

By varying the length of the access time, the passengers is able to fix the length of their open waiting time. This is often seen in the context of that if you are late for the bus, you are able to reduce your access time (e.g. by running instead of walking). This principle also works the opposite way, if you want to reduce the time you are waiting at the platform.

About 25% of the passengers include variable access time in their waiting time strategy. In average, they are able to vary their access time by more than 4 minutes.

4 Discussion

The study's aim to reveal if the present modelling of waiting time is suitable for low-frequency services, and how it, if necessary, could be modeled in a way which gives better approximations of the real waiting time costs. Today's models use the assumption of uniform passenger arrivals, and the average waiting time of $W=h/2$ then includes both the open and hidden waiting time. The registrations reveals the passengers' open waiting time, and results from the survey reveals if, and how, any other factors than the open waiting time affect the passengers' cost of waiting time. Because the arrival distribution is far from uniform, and there is a high degree of planning, no formula containing an element of $0,5E[h]$ is suitable to describe the waiting time in low-frequency services.

4.1 Validity and representativeness

We can assume that results from this study will be representative for public transport services with low frequency in societies that is similar to the Norwegian. However, the climate probably has a significant influence, which might lead to differences. Low temperatures, wind, and precipitation is shown to have negative effect on the passengers' waiting time, which increases the time cost. As the registrations were conducted at winter, there is reasons to believe that most of the passengers did a greater effort to minimize their waiting time then, than at other times of year.

The study aimed solely at passengers' first waiting time and for trips starting at home. This should be taking into account if dealing with waiting time in other situations, mostly because the possibility to plan the waiting time might be different.

In this study, it has been mentioned that $W=h/2$ fits for small headways but not for large. However, the question about where random passenger arrivals is appropriate, and what is the limit between small and large headways, is not discussed. Observations of passengers in Greater Manchester suggested that random passenger arrivals was valid on headways up to 12 minutes (Seddon and Day, 1974, found in McLeod, 2007). Results from our study, show that the arrival distribution at 10-minute headways is far from uniform distributed. Ergo, random arrivals is not valid here. Because we live in a time-controlled society, the presence of real time travel information, and that the arrival distribution at 10-minute headways is far from uniform, the upper limit for headways where random arrivals is valid is much lower than 10 minutes. The limit may be at 5-minute headways, but it may also be even lower because most passengers do not want to face excess waiting time.

4.2 Waiting time, hidden waiting time, and time costs

Modelling the waiting time for public transport passengers is not easy. In everyday speech, the waiting time is referred to time spent at a bus stop waiting. However, this time is not sufficient to include all inconveniences passengers experiences when traveling with public transport, because they are not able to travel whenever they want. In order to cover those inconveniences in the models, the waiting time is defined as half the time between departures. This is a good representation of the waiting time costs in high-frequency services. However, because the inconveniences of not being able to travel whenever you want at larger headways is increasing, this representation is unsuitable.

The incorrect approximations of the real travel costs exist because of the assumption of uniform arrivals, which leads to unlikely long waiting times in low-frequency services. Even though it is a matter of course that not the entire waiting time of $W=h/2$ takes place at the bus stop, there is only one time cost parameter used for the entire waiting time. Even though this time cost decreases at longer waiting times (Samstad et al., 2010), this does not give a good representation for the real travel costs at low-frequency services. One solution is to split the waiting time into different stages based on what form the waiting time has, and find the duration and the time costs of each stage. Division into hidden-, open-, and extra waiting time due to delays would probably be appropriate.

Waiting time at public transport trips usually splits into hidden and open waiting time. However, in todays transport models the waiting time is not separated, and is described by $W=h/2$. Taking into account that the preferred open waiting time, and the actual open waiting time is approximately the same for passengers at all headways, it is in fact the hidden waiting time that is the reason for calculating different travel demands at different headways. However, what is hidden waiting time, and is it present at all public transport trips?

The hidden waiting time will only be present if there is time between the point of time you want to travel, and the point of time the trip starts, because you are not able to travel whenever you want. When a passenger knows the bus departure time, and start the trip in accordance to this, the hidden waiting time in the start of the trip will be non-existent in many situations. In addition, in most situations when a passenger encounters hidden waiting, he is able to convert this into longer open waiting time and even access time. This

results in that the number of passengers who experience a considerable hidden waiting time is low.

Viewed in this light, and because it is difficult to measure the duration of the hidden waiting time each passenger are experiencing, and even worse to give it a time cost, it should be considered to use other methods to calculate different travel demands at different headways.

There is reasons to believe that extra waiting time at the platform due to bus delays has a higher time cost than the planned open waiting time. This is because the passengers might not have budgeted for this waiting time, and that it can causes other inconveniences beyond the travel itself. A study conducted in Oslo and its suburbs (PROSAM, 2010) have found that the time cost for the delays is more than three times higher than for the waiting time. However, this value does not state at what part of the journey the delays occurs. It might be that this time cost will not be the same whether you are on the bus, or at the platform waiting. In addition, the waiting time in the same study is defined as half the time between departures, which not reflect the true cost of open waiting time.

In our study, there was indicated only a small difference between regular open waiting time and extra waiting time, regarding what has the highest time costs. Maybe these questions were formulated poorly, so that the passengers did not understand the difference between those two options. However, because the cost of delays is assumed much higher than for the open waiting time, and the fact that there were more passengers who valued extra waiting time the most, further investigations on this topic is recommended.

4.3 Delays and strategies

To what extent the use of real time travel information is present might be important in order to provide a good approximation of the real travel costs in the transport models. This is seen in the context of that passengers should be divided into groups according to which waiting time strategy they use, and hence the duration of their waiting time. An appropriate grouping will consist of three groups; 1) random arrivals, 2) arrivals based on the timetables, and 3) arrivals based on use of real time travel information. It is reasonable to believe that passengers using real time travel information are those who aims for, and is experiencing the shortest waiting times, and that their waiting time are least affected by bus delays. Passengers who use the timetable is expected to arrive few minutes ahead of the scheduled departure, and is vulnerable for delays. The objective of the grouping is to create a foundation that gives better estimates on the passengers' average waiting time. Hence, it should be based on their arrival in accordance with the actual and scheduled bus departure time (like in Figure 9), not on what strategy each individual actually used.

An expression for the average waiting time for passengers in each of the three groups, which might include headway and delays, should be developed. The next step is to apportion the passengers into the three group. The grouping may differ between travel purposes, time of day, headway, etc., and hence it should not be static. The result is that we now have three values for the waiting time, which will when weighted according to passenger numbers, give a good representation of passengers' waiting times at low-frequency services, which will replace the existing value of $W=h/2$.

The arrival registrations is performed on passengers' first waiting time, for trips starting at home. It is expected that most of the registered passengers is frequent public transport users, which indicate that they had great opportunities to plan their trip, and make use of a waiting time strategy. Probably, it is by such trips passengers would have the greatest opportunities to plan their waiting time. On other trips, e.g. when travelling home in the afternoon, it is probably more difficult for many passengers to start their trip at the exact same time every day, which of course will affect their waiting time.

It is reasonable to believe that the costs for the open waiting time is larger during the cold Norwegian winter, which was present when the registrations were conducted. 18% of the passengers in this study answer that the inconveniences of waiting time is larger at bad, or cold weather (63% among those who answered that the inconveniences were not always the same). If the time cost for waiting is bigger, it may be that the passengers is extra attentive about reducing the length of the open waiting time during such conditions. This leads to that the observed waiting times in this study might be shorter than if the study was conducted another time of year. The extent of passengers who use variable access time in their strategy, might also be higher in other seasons for the same reasons.

Increased use of real time travel information will probably lead to shorter waiting times. Results from this study show shorter average waiting times than in a study conducted in Oslo only 6 years ago, where the average was found to be around 5-6 minutes for all headways (Ruud et al., 2010). Probably, increased use of real time travel information might be one of the reasons for this. Moreover, the waiting time costs for public transport passengers will probably decrease even more in course of the next years.

5 Conclusion

There are clear evidence that passengers plan their arrival to the bus stops in order to reduce their waiting time, when travelling with public transport in low-frequency services. The average open waiting time is less than half the time between departures, and the hidden waiting time is probably considerably less than previously expected. This indicates that the waiting time used in todays transport models is overestimated. The average open waiting time is found to be $0.32 \cdot h$ at 10-minute headways, and it increases with larger headways. However, the coefficient slightly decreases.

Future transport models should be based on dividing the public transport passengers in three groups, depending on their waiting time strategy. The three groups are 1) random arrivals, 2) arrivals based on the timetable, 3) arrivals based on the use of real time travel information. A function for the average waiting time among the passengers in each group, which includes delays and headways, should be developed. These formulas has the intention to replace $W=h/2$. The next step is to apportion the passengers into the three groups. The classification should not be static, because the passengers waiting time strategy might differ between different travel purposes, time of day, headway, and more. Using this method, the transport models have more accurate input data for the waiting time, which will provide better approximations of the real travel costs for public transport trips in low-frequency services.

Passengers who use real time travel information is expected to have shorter waiting

time. With increasingly greater use of this technology, the average waiting time is expected to decrease, which leads to even greater need of new methods of dealing with waiting time in the transport models in the future.

Acknowledgements

Thanks to Erlend Dahl at SINTEF Technology and Society, who developed the application used for the arrival registrations, the research assistants for helping with the data collection, to the research group at NTNU for funding the research assistants, and to the Norwegian Public Roads Administration for a scholarship.

References

- AMIN-NASERI, M. R. & BARADARAN, V. 2015. Accurate Estimation of Average Waiting Time in Public Transportation Systems. *Transportation Science*, Vol. 49, No. 2, 213-222.
- HJORTHOL, R., ENGBRETSSEN, Ø. & UTENG, T. P. 2014. Den nasjonale reisevaneundersøkelsen 2013/14 - nøkkelrapport Transportøkonomisk institutt: Transportøkonomisk institutt.
- MALMIN, O. K. 2013. CUBE - Teknisk dokumentasjon av Regional persontransportmodell. 3.3 ed. SINTEF Teknologi og samfunn: SINTEF Teknologi og samfunn.
- MCLEOD, F. 2007. Estimating Bus Passenger Waiting Times from Incomplete Bus Arrivals Data. *The Journal of the Operational Research Society*, 58, 1518-1525.
- RUUD, A., ELLIS, I. O. & NORHEIM, B. 2010. Bedre kollektivtransport. Trafikantenes verdsetting av ulike egenskaper ved tilbudet i Oslo og Akershus. www.Prosam.org: PROSAM.
- SAMFERDSELSDEPARTEMENTET 2012. Nasjonal transportplan 2014–2023 Meld. St. 26 (2012–2013) ed. Regjeringen.no.
- SAMSTAD, H., RAMJERDI, F., KNUT VEISTEN, NAVRUD, S., MAGNUSSEN, K., STEFAN FLÜGEL, KILLI, M., HALSE, A. H., OG, R. E. & MARTIN, O. S. 2010. TØI rapport 1053/2010. Den norske verdsettingsstudien. Sammendragsrapport. Transportøkonomisk institutt: TØI.
- SEDDON, P. A. & DAY, M. P. 1974. Bus passenger waiting times in Greater Manchester. *Traffic Engineering and Control*, 15, 442-445.

Del 2

Prosessrapport

Innhold

1	Innledning.....	21
1.1	Bakgrunn.....	21
1.2	Mål.....	21
1.3	Arbeidsfordeling.....	21
1.4	Begrensninger.....	22
2	Litteraturstudie.....	22
3	Teoretisk rammeverk.....	23
3.1	Etterspørselsberegninger.....	23
3.2	Valg av transportmiddel.....	23
3.3	Generaliserte reisekostnader.....	24
3.4	Tidsverdier.....	24
3.5	Ventetid ved kollektive reiser.....	25
3.6	Vektlegging av ventetid.....	26
3.7	Faktisk ventetid.....	26
3.8	Ventetidens forskjellige komponenter.....	27
3.9	Forskjellige trafikantgrupper.....	28
4	Forskningsspørsmål.....	29
4.1	«Forskningshull».....	29
4.2	Avgrensning av oppgavens omfang.....	29
4.3	Forskningsspørsmål.....	29
5	Planlegging og gjennomføring av datainnsamling.....	30
5.1	Ankomstregistrering.....	30
5.2	Spørreundersøkelser.....	32
5.3	Refleksjon.....	33
6	Dataprosessering.....	34
7	Resultater.....	35
7.1	Pålitelighet.....	35
7.2	Anvendelse.....	36
7.3	Dekkes «forskningshullet»?.....	36
8	Data og resultater utelatt den vitenskapelige artikkelen.....	36
9	Anbefaling til videre arbeid.....	36

10	Referanser	37
	Vedlegg	39
	Vedlegg 1 Skjema for masteroppgaver ved NTNU	40
	Vedlegg 2 Ordforklaringer og forkortelser	43
	Vedlegg 3 Programbeskrivelse	44
	Vedlegg 4 Utvidet programbeskrivelse	46
	Vedlegg 5 Flytskjema for spørreundersøkelse	49
	Vedlegg 6 Spørreundersøkelse	50
	Vedlegg 7 Punktvis instruks for å prosessere rådata	54

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Stor befolkningsvekst i byer og miljøbevissthet over hele verden setter stadig større krav til kollektivtrafikkens rolle for persontransport. I mange europeiske byer, inkludert de ni største byområdene i Norge (Samferdselsdepartementet, 2012), stilles det krav til at antall reiser med kollektive transportmidler skal økes på bekostning av antall bilreiser. For å takle utfordringene og for å nå målene, er det avgjørende at transportmodellene gir bedre tilnærminger av de reelle reisekostnadene ved kollektive reiser. I lavfrekvente rutetilbud, som finnes i de fleste norske byer, er det grunn til å tro at ventetiden blir modellert på en slik måte at den gir et feilaktig estimat på ulempene som følger av ventetiden.

Det store problemet, eller svakheten, med dagens transportmodeller er antagelsen om at kollektivpassasjerene ankommer tilfeldig. Videre fører dette til at ventetiden som benyttes er satt til halvparten av tiden mellom avgangene, noe som gir et godt estimat på den virkelige ventetiden bare dersom det er kort tid mellom avgangene. Det modellene ikke tar hensyn til er at passasjerene kan planlegge ankomst til holdeplass i forhold til avgangstidene, slik at den faktiske ventetiden blir kortere enn det modellene tilsier. Desto lengre tid det er mellom avgangene desto større avvik vil det bli mellom ventetiden benyttet i transportmodellen og den faktiske ventetiden.

Dersom ventetiden blir overestimert, fører det til at reisekostnadene ved kollektive reiser er lavere enn dem som beregnes i transportmodellene. Videre vil dette i første omgang føre til feilberegning av antall personer som antas å reise med hvert transportmiddel, som igjen kan føre til unøyaktige beslutningsgrunnlag for planlegging og bygging av transportsystemet.

1.2 Mål

Målet med masteroppgaven er å avdekke den faktiske ventetiden passasjerene opplever, samt å avdekke de reisendes strategi når det gjelder venting, og om, eller hvordan de har planlagt tidspunktet for ankomst til holdeplassen. Her er det interessant å se hvordan ankomstfordelingen avviker fra tilfeldig og uniform fordeling (som benyttes i transportmodellene), og hvordan dette varierer med ulik lengde mellom hver avgang. Ved å få innsikt i passasjerenes forhold til ventetid, vil det være mulig å diskutere hvordan ventetid bør anvendes i transportmodellene på en måte som gir en bedre tilnærming av ulempene ved kollektive reiser i lavfrekvente rutetilbud.

1.3 Arbeidsfordeling

Arbeidet med masteroppgaven er et selvstendig arbeid jeg har jobbet med hele semesteret. Jeg har planlagt og gjennomført forskningen, samt skrevet forskningsartikkelen og prosessrapporten. Selvfølgelig har jeg fått hjelp av flere underveis.

Min veileder, Trude Tørset, var den som hadde ideen bak oppgaven. Vi har sammen planlagt i hvilken retning forskningen burde vinkles. Vi har hatt regelmessig kontakt underveis i arbeidet, og diskutert eventuelle utfordringer og muligheter som har dukket opp. Hun har

kommet med flere gode tips til hvordan forskningsartikkelen burde skrives, samt forslag til endringer som burde gjøres i ferdigstillingen av artikkelen. I tillegg har hun skaffet bevilginger fra *Storbysamarbeidet* (<http://www.sintef.no/projectweb/storbysamarbeidet/>) slik at hjelp til programmering og datainnsamling har blitt mulig. Trude er ført opp som medforfatter i forskningsartikkelen da hun har bidratt med et betydelig arbeid, og står for det som blir presentert.

Erlend Dahl, ansatt i Sintef Teknologi og samfunn, har programmert applikasjonen jeg trengte for å gjennomføre registreringen på en enkel og effektiv måte.

Jeg har også vært så heldig og fått hjelp av forskningsassistenter til å samle inn data. Dette har ført til at mengden data jeg har samlet inn har blitt større enn forventet, i tillegg som dette har frigitt tid slik at retningen for forskningen har blitt nøye vurdert og godt planlagt.

1.4 Begrensninger

Tilgjengelige ressurser setter rammer for forskningens omfang. Arbeidsmengden og omfanget er godt tilpasset størrelsen på en masteroppgave. På bakgrunn av at en forskningsartikkel og en prosessrapport skal være ferdig innen begynnelsen av juni har jeg satt grenser for hvor lenge datainnsamlingen kan holde på, og hvor mye som kan undersøkes.

2 Litteraturstudie

Som en del av forprosjektet ble det gjennomført et litteraturstudie. Dette ble i hovedsak utført høsten 2015, men litt sporadisk søking etter litteratur har også foregått parallelt med selve forskningen. Målet med studiet var å finne relevant litteratur som jeg kunne bygge forskningen min på, samt å rette forskningen min mot noe som ingen andre har gjort (i publiserte studier) tidligere. Litteraturstudiet ble i hovedsak gjennomført ved bruk av søkemotoren BIBSYS (www.oria.no), samt at jeg gikk gjennom relevant pensum fra emner jeg har hatt ved NTNU. Andre søkemotorer som Google Scholar og søking direkte i tidsskrifter ble også gjort, men i liten grad.

I starten var jeg på utkikk etter generell litteratur som omhandlet ventetid for å få en oversikt, og for å tilordne meg nødvendig grunnkunnskap. Etter hvert som jeg ble mer opplyst om hva som ville være interessant å finne, ble søkene mer spesifikke. De mest brukte søkeordene, og forskjellige kombinasjoner av disse er listet opp under:

- Waiting time in transport*
- Waiting time in public trans*
- Transport models
- Hidden waiting time
- Realistic waiting time
- Value of waiting time

Jeg opplevde at det kun var et fåtall relevante funn for min masteroppgave. I tillegg, når jeg endelig fant noe som virket interessant, var dette forskningsmateriale jeg ikke hadde tilgang til, eventuelt noe som måtte kjøpes. Jeg fant ingen detaljert beskrivelse av hvordan ventetiden blir modellert, noe som hadde vært til stor nytte, da jeg prøver å gi forslag til

hvordan ventetiden kan modelleres på en bedre måte enn det gjøres i dag.

Noen artikler var derimot nyttige da dette viste hva andre hadde gjort og funnet ut av angående kollektivpassasjerers ventetid. Mye av dette ble brukt som et teoretisk rammeverk for akkurat det jeg undersøkte i min masteroppgave. Det teoretiske rammeverket er forklart i kapittel 3.

3 Teoretisk rammeverk

I dette kapitlet vil det bli redegjort for i hvilken sammenheng kollektivpassasjerenes ventetid har betydning for samfunnet, og hvilken teori som anbefales å ha kjennskap til for å fullt forstå forskningsartikkelens innhold. Det vises til studier som omhandler ventetid og tar for seg den samme problematikken som jeg undersøkte i min forskning; at ventetiden benyttet i transportmodellene ikke gir et korrekt bilde av ventetiden i virkeligheten. Disse studiene er benyttet som bakgrunnskunnskap for arbeidet med min masteroppgave. Kapitlet vil begynne med det allmenn kjente, for så å spisses inn mot temaet ventetid.

3.1 Etterspørselsberegninger

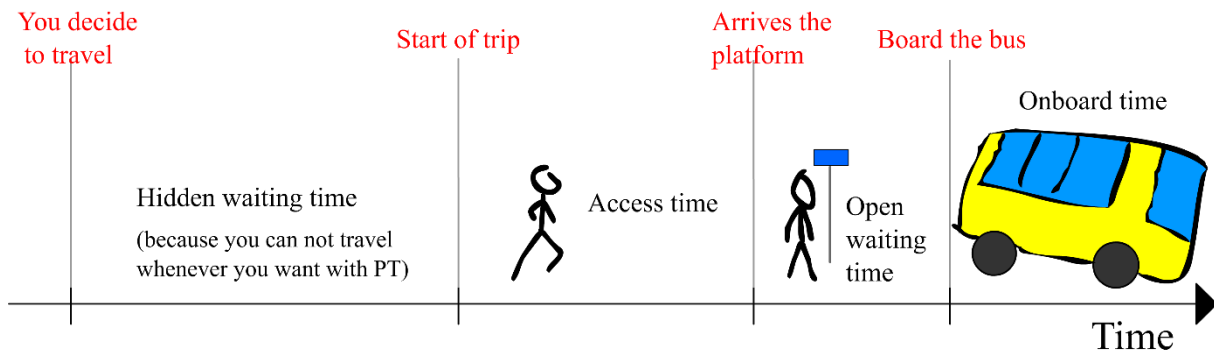
Transportplanleggere arbeider med å forutsi hvor mange reiser som vil bli gjennomført, hvor reisene starter og hvor de ender, samt med hvilke transportmidler de blir utført med (bil, buss, sykkel, gange) i et geografisk område. Slike beregninger er i transportterminologi omtalt som etterspørselsberegninger. Slike beregninger er svært viktige i byplanlegging, og benyttes aktivt i prosesser angående tiltak som nye veier, bompengeordninger, busstilbud, miljøtiltak, og mye mer. At transportmodellene gir en korrekt gjengivelse av de virkelige reisekostnadene (se kap. 3.3) ved å foreta en kollektiv reise er vesentlig for at transportplanleggere og politikere skal ta riktige beslutninger angående tiltak som kan påvirke din transporthverdag.

3.2 Valg av transportmiddel

Den regionale transportmodellen(RTM) er grovt sett bygd opp etter den kjente *fire-trinns-metoden*. Tredje trinn i denne metoden, etter at det er beregnet hvor mange turer som er generert, og i hvilke soner turene starter og ender, beregnes det hvordan disse turene fordeler seg på de ulike transportmidlene(Tørset, 2005). Grunnlaget for hvem, og hvor mange, som reiser med hvert transportmiddel baseres på reisekostnad (også sett på som motstand; en hindring som må overkommes, for å foreta en reise mellom A og B) for hvert alternativ. I transportterminologi benytter man generaliserte reisekostnader(GK) for å beskrive kostnadene og ulempene ved en reise. Når reisekostnadene for alle alternativ er kjent benyttes dette til å beregne hvor stor andel av turene som tas med de ulike transportmidlene.

3.3 Generaliserte reisekostnader

En kollektiv reise skiller seg fra andre reiser blant annet ved at reisen består av flere forskjellige faser.



Figur 1: Faser i starten av en kollektivreise

En dør til dør reise med kollektive transportmidler kan begynne med venting (da en ikke har mulighet til å reise akkurat når en vil), deretter kommer tilbringertid til holdeplass, ventetid på holdeplass, tid om bord på kjøretøyet, og tilslutt å flytte seg fra holdeplass til endelig destinasjon (eventuelle bytter kommer i tillegg).

Når en beregner generaliserte reisekostnader(GK) for en kollektivreise er det vanlig å inkludere ulempene for total distanse, gangtid, gangavstand, ombordtid, ventetid og takst. I uttrykket for GK komprimeres dette til tre tidskomponenter som benyttes i transportmodellene; tid til (og fra) holdeplass, tid mellom avgangene, og tid om bord(Malmin, 2013). Det vanligste uttrykket for generaliserte reisekostnader for en kollektivreise er som følger:

$$GK = Pris + t_t * \alpha_t + t_v * \alpha_v + t_{ob} * \alpha_{ob}$$

Der pris er billettpris, t er tiden for hver av reisekomponentene (tilbringertid, tid mellom avgangene, og tid om bord), og α er tidskostnadene for tilhørende reisekomponent. Andre forhold som forsinkelser og trengsel kan også legges til i uttrykket for GK.

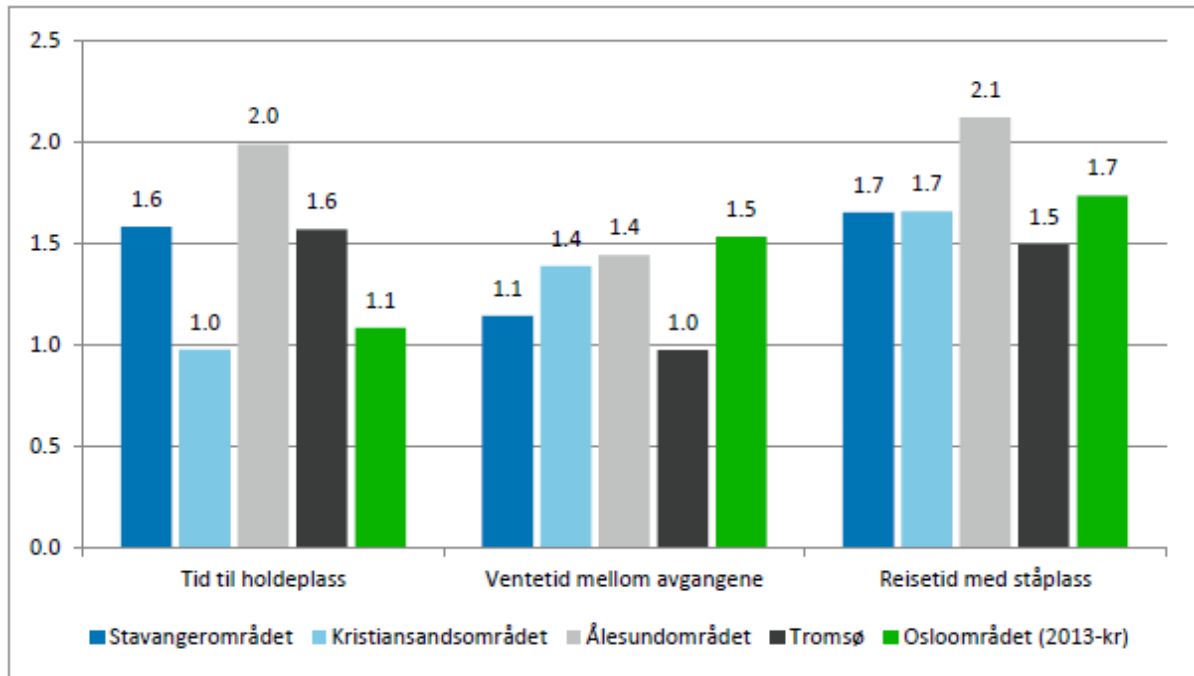
3.4 Tidsverdier

Det er forskjellige ulemper knyttet til forskjellige deler ved kollektive reiser. Slike ulemper omtales som tidsverdier, og gir en verdi i kroner per time for en gitt del av reisen. For å kunne beregne de generaliserte kostnadene, og videre gjøre etterspørselsberegninger, må man kjenne til disse. En høy tidsverdi viser til en større reisemotstand enn en lav, og man har høyere betalingsvilje for å redusere tidsbruken ved deler av reisen som har høy tidsverdi. Når man sier at ventetiden vektlegges mer enn tiden om bord på reisen, betyr det at man har større betalingsvilje for å redusere ventetiden enn tiden om bord.

Tidsverdiene som benyttes i beregningene er gjerne hentet fra studier som *Trafikantenes verdsetting av tid i fem byområder*(Ellis and Øvrum, 2014). Denne studien viser til at tidsverdiene er ulike i de forskjellige byene (Figur 2), og et utdrag av verdiene for Osloområdet er vist i Tabell 1.

Tabell 1: Utvalgte tidsverdier for Osloområdet (Ellis and Øvrum, 2014)(p. iii, tab. S1)

Del av reise	Tidskostnad [kr/time]
Tid om bord med sitteplass	78
Tid til holdeplass	84
Ventetid mellom avgangene	119
«Effektiv» forsinkelse	446



Figur 2: Relativ vektlegging av ulike reisetidskomponenter, relativt til verdsetting av reisetid om bord med sitteplass (Ellis and Øvrum, 2014) (p.15, fig. 3.2)

3.5 Ventetid ved kollektive reiser

Slik transportmodellene er i dag er det tiden mellom avgangene som benyttes om ventetid (Tørset, 2005). Det benyttes antagelse om uniform ankomstfordeling, slik at den gjennomsnittlige ventetiden er halvparten av tiden mellom avgangene. Den velkjente formelen $W=h/2$ beskriver dette. En gjennomsnittlig ventetid på $h/2$ vil stemme ved kort tid mellom avgangene, men når det er lengre tid mellom avgangene, f.eks. 30 minutter, vil det si at den gjennomsnittlige ventetiden på 15 minutter som benyttes i modellene er lengre enn tiden de fleste passasjerene venter på holdeplassen.

At den gjennomsnittlige ventetiden som benyttes i transportmodellene er klart lengre enn den gjennomsnittlige ventetiden passasjerene opplever på holdeplass (kalt åpen ventetid) forsvares med at passasjerer som reiser der det er lang tid mellom avgangene opplever en skjult ventetid i tillegg. Skjult ventetid oppstår dersom det er tid mellom tidspunktet du bestemmer deg for å foreta en reise, og tidspunktet reisen starter, grunnet at du ikke har mulighet til å reise akkurat når du vil med kollektivtransport. Skjult ventetid kan også oppstå i andre enden av reisekjeden dersom du tvinges til å ankomme før tiden.

Den gjennomsnittlige ventetiden kan i noen transportmodeller overstyres av en

maksimal verdi(Tørset, 2005), men maksverdien kan fortsatt føre til en overestimering av ventetiden, og det er uvisst på hvilket grunnlag denne blir bestemt.

3.6 Vektlegging av ventetid

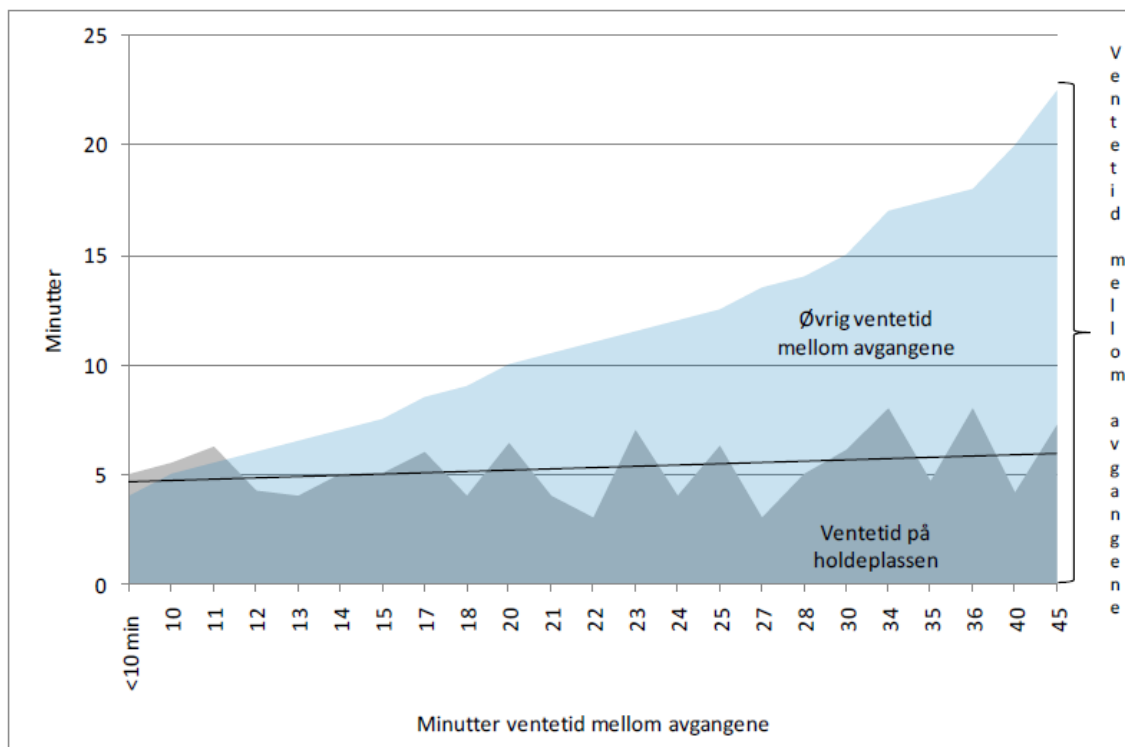
Vanligvis når en snakker om ventetid refereres det til åpen ventetid på holdeplass, men ventetid inkluderer både åpen og skjult ventetid. Skjult ventetid kan som oftest brukes til noe mer produktivt enn «bare å vente», og det samme prinsippet gjelder også dersom ventetiden er lang. Den norske verdsettingsstudeien(Samstad et al., 2010) viser til at lengre ventetid har lavere tidsverdi enn kort, noe som til dels kan veie opp slik at ventetiden ikke blir overestimert i modellene i forhold til virkeligheten. Tabell 2 skal brukes slik at de første 5 minuttene har en vektfaktor, de neste 10 en annen faktor osv.

Tabell 2: Anbefalte vekter for ventetid i forhold til reisetid om bord. Korte kollektivreise reiser (under 100km)(Samstad et al., 2010)(p10, tab 3.3)

	Korte kollektivreiser
Vektfaktor for ventetid 0 - 5 min	2,30
Vektfaktor for ventetid 6 - 15 min	1,88
Vektfaktor for ventetid 16 - 30 min	0,92
Vektfaktor for ventetid 31 - 60 min	0,56
Vektfaktor for ventetid over 60 min	0,28

3.7 Faktisk ventetid

En studie utført for Ruter(Ruud et al., 2010) i 2010 viser at ventetiden på holdeplass er tilnærmet konstant på 5-6 minutter, og at det kun er den skjulte ventetiden som varierer. Dette viser til at passasjerene planlegger ankomsten til holdeplass for å redusere ventetiden. Resultatet (Figur 3) viser at ventetid på halvparten av tiden mellom avgangene stemmer godt overens med virkeligheten der det er 10 minutter (og mindre) mellom avgangene, mens avviket mellom faktisk åpen ventetid og lengden av ventetiden som benyttes i transportmodellene øker med økende tid mellom avgangene.



Figur 3: Ventetid på holdeplass ved forskjellig tid mellom avgangene (Ruud et al., 2010) (p.30, fig.2.15)

Noen studier har hatt som mål å finne et mer egnet uttrykk for ventetiden ved kollektive transportmidler. Bakgrunnen for dette er at man i mange situasjoner vil planlegge reisen ut fra en rutetabell, og at gjennomsnittlig ventetid derfor er kortere enn halvparten av tiden mellom avgangene. Studier, som blant annet S.K. Jason Chang og Chun-Lin Hsu (Chang and Hsu, 2001), har utledet et uttrykk for gjennomsnittlig ventetid for passasjerer som reiser kollektivt og er som regel på formen $W = \alpha + \beta \cdot h$. Konstantene i formler som denne har variert i de forskjellige studiene, og varierer ved forskjellige typer reiser. Det er også sannsynlig at slike formler ikke vil være universelt gjeldende. Lokale og internasjonale forskjeller vil alltid finnes i personers reisevaner og strategier.

Det er også utledet en formel for gjennomsnittlig ventetid basert på variasjoner i tiden mellom hver ankomst, noe som viser en sammenheng til kollektivoperatørens pålitelighet (Kittleson and Associates, 2003).

$$E[W] = 0,5E[h](1 + cv_h^2)$$

3.8 Ventetidens forskjellige komponenter

I *TCRP report 113*, kapittel 6, *Tools for Analyzing Waiting Time* (Furth et al., 2006b) oppsummeres hvilke størrelser som benyttes om ventetid. Dette er definisjoner som er kjent innen forskning på kollektivtransport, og benyttes i ulike sammenhenger. En kort gjengivelse av disse (mer eller mindre direkte oversatt fra (Furth et al., 2006b)) er gitt under.

- Åpen ventetid:** Tida man faktisk benytter til å vente på holdeplass.
- Budsjettert ventetid:** Når en planlegger en kollektiv reise må en tillate mer ventetid enn gjennomsnittlig ventetid; hvis ikke vil en ankomme destinasjonen for sent omtrent halvparten av gangene (Furth et al., 2006a). Det har blitt vanlig å benytte at 5% av passasjerene vil godta å ankomme for sent. Budsjettert ventetid blir derfor beregnet til 95-te persentilen av ventetida ($W_{\text{budget}} = W_{0,95}$). Budsjettert ventetid består av åpen og potensiell ventetid.
- Potensiell ventetid:** Differansen mellom åpen ventetid og budsjettert ventetid. $W_{\text{pot}} = E[W] - W_{0,95}$. Dersom en budsjetterer for 10 minutters venting, men bussen ankommer etter bare 4 minutter har man 6 minutter til overs. Disse minuttene blir ikke brukt til venting, men ved reises destinasjon, da en vil ankomme 6 minutter tidligere enn planlagt. Disse minuttene var budsjettert for venting, og vil fortsatt være en kostand for den reisende, da en har begrenset frihet for hva disse kan brukes til.
- Ekvivalent ventetid:** Dette er en vektet sum av åpen- og potensiell ventetid som beskriver passasjerenes ventekostnader, gitt i ekvivalente minutter åpen ventetid. $W_{\text{ekv}} = W_{\text{åpen}} + 0,5 * W_{\text{pot}}$. Forholdstallet 0,5 har blitt godkjent som et godt estimat. Det har ikke blitt estimert på bakgrunn av markedsundersøkelser.
- Ideell ventetid:** Ideell ventetid er den gjennomsnittlige ventetiden dersom alle avganger hadde fulgt rutetabellen eksakt.
- Overflødig ventetid:** Differansen mellom faktisk ventetid og ideell ventetid.

3.9 Forskjellige trafikantgrupper

Andre studier peker på at man må dele kollektivpassasjerene i ulike grupper etter når de ankommer holdeplassen. Turnquist (Turnquist, 1978) mente at passasjerene måtte deles i to grupper; tilfeldig og ikke-tilfeldig ankomst. Mens Jolliffe and Hutchinson (Jolliffe and Hutchinson, 1975) fant ut at passasjerer prøver å time ankomsten til holdeplassen for å minimere ventetiden, og at de derfor må deles inn i tre grupper; tilfeldig ankomst, de som prøver å minimere ventetiden, og de uten venting.

Dette viser til at antagelse om tilfeldig og uniform ankomstfordeling bare er gjeldene for noen av kollektivpassasjerene.

4 Forskningsspørsmål

4.1 «Forskningshull»

Det finnes flere indikasjoner på at måten ventetiden behandles i transportmodellene ikke gir et godt estimat på ventetidskostnadene i virkeligheten. Selv om det er flere som har sett på samme problem, gjelder disse studiene utelukkende for kollektivtilbud med hyppige avganger (som regel 15 minutter eller mindre mellom avgangene). Det vil si at deres resultater ikke nødvendigvis stemmer i et lavfrekvent rutetilbud, noe som finnes i de fleste norske byer. I tillegg har jeg ikke funnet noen forskning som baseres på faktiske observasjoner i felt de siste tiårene.

Min forskning vil derfor skille seg ut ved at den tar utgangspunkt i å avsløre den faktiske ankomstfordelingen av passasjerer gjennom feltstudier, samt at den er rettet mot lavfrekvente kollektivtilbud (10 min eller mer mellom avgangene). Forskingen skal prøve å tette hullet, slik at ventetiden kan bli bedre modellert i lavfrekvente kollektivtilbud.

Hvorfor det ikke har vært lignende forskning tidligere er interessant. Transportmodellene er utviklet i, og tilpasset store byer, som f.eks. London. Der har kollektivtilbudet vært godt utbredt i lang tid, med blant annet t-banesystemet som kjører med svært hyppige avganger. Derfor har det ikke vært behov for å revurdere modellering av ventetid, da måten den modelleres på gir gode tilnærmelser av virkeligheten i høyfrekvente kollektivtilbud.

Det er først i de senere årene at kollektivtransport har blitt prioritert i de mindre byene. I tillegg tyder mye på at de som arbeider med kollektivtransportmodellering i forskjellige prosjekter gjør egne analyser og antagelser for hvordan de «håndterer» ventetida i lavfrekvente tilbud, og dette blir hverken dokumentert eller publisert.

4.2 Avgrensning av oppgavens omfang

Det finnes mange situasjoner der ventetid oppstår, og det er sannsynlig at både ventetidsstrategi og vektlegging av ventetiden er situasjonsavhengig. Sett i sammenheng med at ventetid er et lite utforsket tema, ble det viktig å avgrense oppgavens omfang tidlig. Jeg ønsket heller å undersøke ett tema grundig, enn overfladisk prøve å avdekke flest mulig aspekter ved ventetiden. Jeg valgte å sette fokus på den første ventetiden passasjerene opplever i reisekjeden for reiser som starter i hjemmet. (Utelukker venting ved overganger, og venting ved hjemreiser.) Grunnen til dette begrunnes i en antagelse om at det er denne ventetiden passasjerene har størst mulighet til å planlegge å benytte en ventetidsstrategi for. I tillegg antar jeg at denne ventetiden blir ilagt størst vekt ved valg av transportmiddel, og dermed har størst tidsverdi.

4.3 Forskningsspørsmål

Forskningen har hatt som mål å avdekke den faktiske ventetiden som passasjerene opplever, og se om denne varierer mellom ulike busstilbud. I tillegg ønsker jeg å finne ut om passasjerene har en ventetidsstrategi, og vektlegging av ventetiden. Da dette gir stor frihet i hva som faktisk skal undersøkes, har jeg ikke lagt mye vekt på forskningsspørsmål hverken før, eller underveis i forskningen. Likevel er det to konkrete forskningsspørsmål jeg ønsket å besvare.

- Hvordan er ankomstfordelingen til holdeplass i forhold til (planlagte) bussavganger, og hvordan vil denne fordelingen variere mellom ulike busstilbud?
- Hvordan vektlegges den skjulte ventetida, og ekstra ventetid grunnet forsinkelse, relativt til åpen ventetid på holdeplass?

Det har vist seg å være særdeles vanskelig å svare på sistnevnte, og derfor har dette til dels blitt utelatt. Det første punktet er ganske åpent, og flere aspekter ved ventetiden som angår ankomst har blitt undersøkt. En punktliste over hva som faktisk har blitt undersøkt ved forskjellige busstilbud i forskningsarbeidet er vist under.

- Hvordan er ankomstfordelingen til holdeplass i forhold til både planlagte og faktiske avgangstider.
- Hvordan forsinkelser påvirker ventetiden.
- Ventetidsstrategi.

5 Planlegging og gjennomføring av datainnsamling

5.1 Ankomstregistrering

Da det er den faktiske ventetiden til kollektivpassasjerer som skal undersøkes lå det i kortene at jeg måtte ut i felten selv. Planen var at jeg skulle observere når hver enkelt passasjer og buss ankom holdeplassen ved bruk av et eget-designet registreringsprogram. Bakgrunnen for å bruke et program er både for å øke nøyaktigheten på registreringene, og fordi det er enkelt å bruke, og fungerer bra i all slags vær, i motsetning til penn og papir. Registreringsprogrammet skulle være enkelt og brukervennlig, og lagre tidspunkt for hver observasjon til en fil, som senere kan behandles i Excel.

Trude hadde oppfordret til å programmere som en del av masteroppgaven, og jeg var optimistisk til at jeg skulle klare å lage et slikt program selv. Det viste seg derimot å være meget avansert å få til å lagre tidspunkt til en fil. Jeg meldte fra til Trude om at slik programmering var utenfor min rekkevidde (i alle fall med avsatt tid på fem dager), straks jeg hadde innsett nederlaget. Løsningen på problemet var enkel; Erlend Dahl på Sintef kunne programmere for meg, da Trude hadde avsatt bevilgninger til dette på forhånd.

I løpet av noen timer hadde jeg skrevet en detaljert programbeskrivelse etter Erlends ønske. Omtrent en uke senere møttes vi for å diskutere programmet, og han programmerte det i løpet av få timer. Jeg testet programmet påfølgende dag, og det virket akkurat slik jeg hadde ønsket.

Bussholdeplassene der registreringer skulle bli utført måtte velges på bakgrunn av en rekke kriterier. Kriteriene er valgt for å øke sannsynligheten for at det faktisk er passasjerer som startet reisen sin i hjemmet, og at dette er deres første ventetid i reisekjeden. Dersom alle registrerte passasjerer har startet reisen sin hjemme, og ikke gjort noen ærend i forveien, vil data fra de forskjellige holdeplassene kunne sammenlignes, og de har samme gyldighetsområde. En skrittvis liste for hvordan holdeplasser ble utvalgt er vist under.

1. Sorter alle bussrutene i Trondheim etter hvilken frekvens de operere med. 10, 15, og 20-minutters frekvens er de aktuelle i denne forskningen.
2. Ta bort de rutene som ikke har fast tid mellom hver avgang i aktuell registreringsperiode på minst 60 minutter.
3. Utelukk alle holdeplasser som betjenes av to eller flere ruter.
4. Gå gjennom hver bussrute med bruk av kart og flyfoto for å velge ut de holdeplassene som tilfredsstill alle kriteriene. (Kriteriene finnes i forskningsartikkelen, kapittel 2.3, *bus stop characteristics*.)
5. Ta bort holdeplasser der det er antatt få passasjerer som reiser fra.

Ved å bruke denne metoden, og å følge kriteriene, hadde jeg funnet omtrent 60 registrerbare holdeplasser i Trondheim.

Forskningsassistentene bidro til at jeg fikk samlet inn store mengder data i løpet av kort tid. Dette frigjorde en del tid for meg, men samtidig gikk mye tid med på å organisere assistentene. Det var litt av en kabal som skulle legges hver uke. Jeg og Liliya hadde syv assistenter tilgjengelig på deling, som alle hadde hver sine tidspunkt i uka de kunne arbeide. Disse skulle dele på tre nettbrett sammen med meg, og disse måtte hentes dagen i forveien da registreringene startet før klokken 07:00. Tidspunkt for hver registrering måtte fastsettes, da dette er vesentlig for at registreringene skal være gyldige. Starttidspunktet ble bestemt bl.a. med hensyn til hvordan det var å komme seg til holdeplassene tidlig på morgenen. I tillegg tok jeg hensyn til hvor de bodde, og hvem som hadde busskort, for å gjøre det billigst mulig for NTNU. I begynnelsen prøvde jeg også å få assistentene til å stå på holdeplasser langs samme bussrute, for å kunne kontrollere at de faktisk hadde registrert ankomster, og ikke produsert dataen selv.

Jeg har fra begynnelsen av hatt et ønske om å gjøre registreringer på holdeplasser som betjenes av to eller flere bussruter. Dette er imidlertid vanskelig da man må følge en og en passasjer og se hvilken buss de går om bord i.

Det ble vurdert å bruke filmkamera for å overvåke en holdeplass, men problemer om hvor de kunne settes opp ble ikke løst. Dette er også en tidkrevende metode da all filmen må sees gjennom i ettertid, så jeg la ikke altfor mye arbeid i å prøve å få dette til. Jeg prøvde å finne ut hvordan jeg og forskningsassistentene kunne gjøre slike registreringer i praksis, og hvordan registreringsprogrammet burde designes for å kunne brukes til slikt. I slutten av februar hadde jeg en løsning på dette, og sendte en ny programbeskrivelse til Erlend.

Planene var at jeg skulle være ferdig med all ankomstregistrering innen fredag 04.03, og dette var en frist jeg ønsket å holde da jeg visste at jeg hadde mye arbeid foran meg. Tre dager var satt av til å gjøre registreringer på holdeplasser med flere bussruter, og jeg kunne eventuelt registrere noen dager ekstra dersom det skulle vise seg å være en suksess. Dessverre tok det over to uker før programutvidelsen var klar, da Erlend måtte få godkjenning til å starte programmeringen fra noen andre høyere oppe i systemet. Programutvidelsen ble derfor ikke klar innen 04.03, og jeg valgte å ikke gjennomføre noen

registreringer på holdeplasser betjent av flere ruter, da dette ikke ville påvirke omfanget eller kvaliteten på forskningen negativt.

5.2 Spørreundersøkelser

Spørreundersøkelsen har som mål å avdekke kollektivpassasjerenes ventetidsstrategi, og se om denne varierer med busstilbudet. Den skal også kunne avdekke om det er noen logiske sammenhenger mellom f.eks. alder, kjønn, reisehensikt, og ventetidsstrategi. Registrering av ankomster kan ikke si noen om hvordan de reisende har planlagt sin reise, og derfor vil spørreundersøkelsen kunne gi supplerende informasjon for å forstå kollektivpassasjerenes adferd. Spørreundersøkelsen er også rettet mot reiser som starter i hjemmet (undersøkelsen er lagt opp slik at de fleste vil svare for en slik reise), men det er ikke tatt i bruk spesielle tiltak for å forsikre at alle svarer for en slik reise.

Undersøkelsen er designet slik at respondentene skal kunne gi nøyaktige svar angående den reisen de foretar oftest med kollektivtransport. Dette fører til at de gir svar som er i samsvar med deres strategi (dersom de har noen), noe man ikke kunne garantert dersom man spurte om en spesifikk reise, da denne kunne avvike fra deres vanlige reiseatferd. Å begrense undersøkelsens lengde har vært den største utfordringen. Det finnes mange aspekter ved ventetidsstrategier som ville vært interessant å undersøke, men for å opprettholde respondentens interesse til å gi gode svar, ønsket jeg at undersøkelsen helst ikke skulle ta lengre tid enn fem minutter å besvare.

For å kunne avsløre sammenhenger mellom ventetidsstrategi og busstilbud og demografiske data må en del av spørsmålene omhandle dette. Dette resulterte i at færre spørsmål direkte knyttet til strategi ble spurt. Likevel føler jeg at spørsmålene dekket det viktigste på en god måte.

Spørreundersøkelsen består i hovedsak av flervalgsoppgaver, men krever at respondenten skriver inn svar selv der det spørres om tidsbruk. Den største fordel med flervalgsoppgaver er at det er enkelt å analyseres svarene, i tillegg antar jeg at det går raskere å svare på enn frisvarsoppgaver. Undersøkelsen er utformet med spørsmålslogikk som gjør at forskjellige svar kan sende deg videre til forskjellige spørsmål. Dette er gjort for å kunne stille oppfølgende spørsmål, og å unngå å spørre unødvendige, urelaterte, eller gjentakende spørsmål. Flytskjema for spørreundersøkelsen er vist i vedlegg 5.

Spørreundersøkelsen er internettbasert, og baktanken er at passasjerene svarer på egenhånd ved bruk av sin egen mobiltelefon, enten mens de venter eller er om bord i bussen. Jeg ønsket at undersøkelsen skulle være digitalisert for at det skulle være enkelt å behandle data, samtidig som jeg antok at jeg ville få flere respondenter på denne måten. Spørreundersøkelsen ble designet i *SurveyMonkey* (www.surveymonkey.net).

Under utarbeidelsen av spørreundersøkelsen kom jeg og Trude frem til at det ville vært interessant å finne ut av hvordan potensielle kollektivtrafikanter forholder seg til ventetid og ventetidsstrategi. Slik kunnskap vil være viktig i arbeid med å få flere til å reise med kollektivtransport. En egen undersøkelse rettet kun mot potensielle kollektivtrafikanter ble

designet.

Denne undersøkelsen er basert på den første for å få lik informasjon fra begge trafikantgruppene. Noen spørsmål måtte derimot tas bort eller skrives om, da disse var konkret rettet mot en kollektivreise, noe en person som sjeldent reiser med kollektivtransport ville hatt vanskeligheter med å svare godt på.

Etter kort tid begynte jeg å miste motivasjonen for denne undersøkelsen. Jeg skjønnte ikke hvordan jeg skulle klare å få samlet inn nok data fra denne trafikantgruppen, samtidig som jeg ikke klarte å se hvordan dette skulle gi relevant data for min oppgave. Likevel ferdigstilte jeg denne undersøkelsen, og samlet inn noen svar. Innsatsen for å samle inn svar til denne var laber, og antall respondenter, samt mangfoldet ble deretter.

5.3 Refleksjon

Utførelsen ble i hovedsak gjennomført etter planen, og jeg er fornøyd med måten datainnsamlingen har foregått på og hvilke data dette ga. God planlegging har vist seg å gi gode resultater. Sett i lys av hvilke aspekter ved ventetiden som var interessant å undersøke og hente resultater fra, skulle jeg ønske at jeg hadde noen data som kunne knytte ventetidsstrategi til en bestemt ankomst. Dette kunne gitt nyttig informasjon i analysearbeidet ved at man kobler strategien til den faktiske åpne ventetiden, og ankomsttiden før planlagt bussavgang. Slik type data ville jeg ha samlet inn i en eller annen form dersom jeg skulle gjort tilsvarende studie på nytt.

Jeg erfarte at noen av spørsmålene stilt i undersøkelse var unødvendige. Dette er basert på at svarene hverken gir brukbare eller relevante resultater. Spørsmålene er ikke uinteressante i seg selv, men ved nøyere omtanke på hvordan respondentene sannsynligvis vil svare, og om og hvordan dette kan knyttes opp til noe fornuftig, kunne slike spørsmål vært unngått. Eksempel på et spørsmål som følte unødvendig i ettertid er *Hva gjør du når du venter på holdeplassen?* Spørsmålet er interessant med tanke på at ulempen ved venting er større dersom en ikke gjør noen ting og bare kjeder seg. Problemet er hvordan jeg skal knytte dette opp med annen relevant informasjon og ikke minst kunne si noe om hvordan dette påvirker passasjerenes ventetidskostnad.

Utforming av spørsmålene i spørreundersøkelsen

Utformingen av spørsmålene i spørreundersøkelsen vil i stor grad kunne påvirke resultatene. Problemer som kan oppstå ved å samle inn data fra en spørreundersøkelse kan være mange, og inkluderer blant annet

- At respondenten ikke forstår spørsmålet, og dermed lar være å svare eller gir et tilfeldig svar.
- At spørsmålene IKKE er nøytrale eller objektive, og at respondenten ledes mot å velge et alternativ fremfor de andre.
- At ingen av svaralternativene stemmer med det respondenten ønsker å svare.

Spørsmålenes utforming har vært nøye planlagt for å unngå å havne i de nevnte fellene. Likevel er det ikke mulig å garantere at alle vil forstå formuleringene, og svare etter det jeg har tenkt vil være logisk. I undersøkelsen er det minst tre spørsmål som er i «faresonen», og

dette har blitt tatt hensyn til ved analysering av svarene. I tabellen under er de tre spørsmålene gjengitt og kommentert.

Tabell 3: Spørsmål i "faresonen".

Spørsmål	Svakhet
Hva er konsekvensen dersom du ikke rekker avgangen du hadde planlagt å reise med?	Det er meningen at alternativene skal kunne gi en vektning på hvor store konsekvensene er. Det er derimot ikke sikkert at alle ser en forskjell mellom alternativ 3 og 4, som er tiltenkt at skal tilsvare ulik grad av negativ konsekvens. Alt. 3: <i>Har ikke så mye å si. Men det er kjedelig å vente på neste avgang.</i> Alt. 4: <i>Det har liten betydning. Venter på neste avgang.</i>
Dersom du kunne redusere den totale reisetiden med ett minutt, ved hvilken del av reisen ville du gjort besparelsen?	Begrepet skjult ventetid er et lite kjent uttrykk blant allmenheten. <i>Venting før du går til holdeplass</i> , er brukt om skjult ventetid. Det kan være at ikke alle forstår hva slags type venting det refereres til her, og dette må tas hensyn til.
Dersom den total reisetiden hadde økt med 1 minutt, ved hvilken del av reisen ville du helst hatt det ekstra minuttet?	I tillegg er det ikke sikkert alle legger merke til, eller tenker over at det er ment å være en forskjell mellom alternativene <i>Venting på holdeplass og Ekstra ventetid på holdeplass grunnet forsinkelser.</i> Det første alternativet beskriver etter ordlyden hele den åpne ventetiden, mens det andre er en del av den åpne ventetiden som kan forekomme. I modellering av ventetid vil det være viktig å kunne skille på disse, men det er forståelig at ikke alle respondenter forstår denne forskjellen.

6 Dataprosessering

Fra registreringene fikk jeg mange filer som alle var fulle av «uleselige» rådata. Dataen måtte derfor behandles før den i det hele tatt ga noen informasjon, samt at koder måtte lages for at jeg kunne hente ut den informasjonen jeg ønsket. For å holde orden i all dataen utformet jeg en punktvis instruks for hvordan rådata skulle behandles. Instruksen ble også benyttet for å forsikre meg om at alt ble gjort korrekt i alle filer, og for at prosessen skulle gå raskt og effektivt. Instruksen er vist i vedlegg 7.

Sortering, og spesielt koding for å produsere de relevante data var svært tidkrevende. En kort oppsummering av hvordan rådataen fra hver holdeplassregistrering ble prosessert er gjengitt under.

1. Dataen fra registreringen ble sendt fra programvaren på mail som tekst. Jeg kopierte teksten inn i en Excel-fil, og konverterte teksten slik at dataen havnet i kolonner. Rådataen er nå sortert i 4 kolonner; *Klokkeslett, Passenger, Bus, Hendelsestype*.

2. Tidspunkt for planlagte avganger fra rutetabellen ble lagt inn.
3. En ny kolonne som beregner passasjerens åpne ventetid ble lagt til.
4. Tiden mellom passasjerenes ankomst og tiden før neste planlagte bussavgang i følge rutetabellen ble beregnet, og lagt til i en ny kolonne.

Etter at alle data fra hver enkelt registrering var ferdig prosessert, ble dataen samlet i tre nye Excel-filer, avhengig av hvilken frekvens registreringene ble gjennomført på. I disse filene ble resultater som brukes direkte i artikkelen fremstilt. Her inngår å fremstille kurvene for ankomstfordeling, undersøke bussforsinkelser, beregne statistiske verdier, med mer.

7 Resultater

7.1 Pålitelighet

Totalt ble det registrert ankomst til 1145 passasjerer. 494 passasjerer reiste med bussruter med 10 minutter mellom hver avgang, 457 for 15 minutter, og 194 for 20 minutter. Antallet i seg selv er stort nok for å si at ankomstfordelingen er pålitelig. I tillegg styrkes påliteligheten ved at registreringene er gjennomført ved forskjellige holdeplasser omgitt av forskjellige typer boligbebyggelse, på forskjellige dager, og med variasjoner i værforholdene. Det bør likevel diskuteres hvorvidt ankomstfordelingen vil være gjeldende for andre årstider, i andre byer, og om påliteligheten er like god for å trekke konklusjoner angående passasjerers forhold til f.eks. forsinkelser.

Det er grunn til å tro at hvor lenge man venter og hvilken strategi man har i forhold til ventetid er kulturavhengig. Det kan derfor forventes at ankomstfordelingen vil være tilsvarende i lavfrekvente rutetilbud i hele Skandinavia, og kanskje også resten av Nordvest-Europa. Den andre viktige faktoren som spiller en rolle er selvfølgelig klimaet. Hvordan vær og klima påvirker ventetiden er uvisst, men det er grunn til å tro at dette vil påvirke passasjerenes ventetidsstrategi. (Omtrent 1 av 5 svarte at været påvirket ulempen ved ventetid.) Kulde, nedbør og vind kan forventes å ha en negativ effekt, og dermed føre til at kostnadene ved venting øker. Ekstrem varme kan også legges til her, men er lite relevant for Norge. Da registreringene ble gjennomført på vinterstid (men mildt, rundt null grader, en del dager med snø og vind), er det grunn til å tro at den registrerte ventetiden inntraff når passasjerene hadde høyest tidsverdi på ventetiden. Dersom ventetiden skulle avvike ved andre sesonger enn det som har blitt observert i denne studien, er det størst sannsynlighet for at den da vil være lengre.

Resultatene har lav pålitelighet når det gjelder hvordan ventetiden påvirkes av forsinkelser, da resultatene fra 15 minutters headways skiller seg vesentlig fra de andre resultatene. Det er uvisst hvorfor resultatene fra en av tre undersøkte headways skiller seg så mye ut, men det kan antas at resultatet burde lignet mer på de to andre.

Spørreundersøkelsen har fått 109 svar, noe som er OK størrelse. Dataen er god nok til å vise til statistiske verdier, og viser de mest åpenbare sammenhengene. Det blir derimot vanskelig å trekke konklusjoner angående hvordan konkrete aspekter ved strategien henger sammen, da antall svar for hver kombinasjon av svaralternativer blir liten. Dataen kan likevel brukes til å styrke antagelser om strategier dersom resultatene stemmer overens med disse.

7.2 Anvendelse

Resultatene viser hvor lenge passasjerene faktisk venter, og hvordan ankomsten er i forhold til planlagte og faktiske avgangstider. Dette gir innsikt i hvordan passasjerene forholder seg til ventetid, og er et godt grunnlag for at ventetiden kan modelleres på en annen måte enn den gjør i dag, slik at ulempene ved venting i modellene vil være mer lik ulempene passasjerene faktisk opplever. Resultater fra hele studien sett under ett gir et godt grunnlag for å vurdere hvordan modelleringen burde utformes. De forslag som blir presentert i artikkelen er gode forslag, men da dette er basert på tolkninger, er det ingen garanti for at disse viser til den beste måten å håndtere ventetiden på.

Denne studien er utelukkende rettet mot den første ventetiden i reisekjeden, og for reiser som starter i hjemmet. Det betyr likevel ikke at resultatene kun er anvendbare for denne typen reiser, men at det er vesentlig at dette tas i betraktning.

7.3 Dekkes «forskningshullet»?

Hvordan den faktiske ankomstfordelingen er i lavfrekvente kollektivtilbud er avdekket, og tetter derfor dette forskningshullet. Det store hullet derimot, problemet med hvordan ventetidskostnadene burde modelleres på en mer realistisk måte, dekkes bare delvis. Det blir diskutert hvordan dette burde gjøres, men her vil det finnes mange muligheter, og videre forskning burde gjennomføres før det skal være mulig å «bevise» den beste måten, og å trekke konklusjoner. Å avdekke den faktiske ventetiden er et viktig, men bare et lite bidrag i å dekke dette hullet.

8 Data og resultater utelatt den vitenskapelige artikkelen

Ingen data fra undersøkelsen rettet mot potensielle kollektivtrafikanter er brukt i forskningsartikkelen. Undersøkelsen hadde få respondenter, og svarene liknet mye på svarene fra den andre undersøkelsen. Ved å unnlate å nevne disse ble artikkelen mer oversiktlig.

9 Anbefaling til videre arbeid

Da forskningshullet bare ble delvis dekket er det behov for mer forskning. Erfaringer fra denne studien peker mot at forskningshullet kun kan dekkes av små biter av gangen. I tillegg har studien delvis etterlatt nye hull som bør dekkes. Slike hull vil være i direkte tilknytning til mine resultater, og mine forslag om hvordan ventetiden burde håndteres. Alle forslagene baseres på at ventetiden er overestimert i lavfrekvente kollektivtilbud, og at alle elementer av $W=h/2$ fungerer dårlig for å beskrive ventetidskostnadene.

I Tabell 4 er det vist hvilke områder som bør forskes på videre med utgangspunkt i denne studien. Alle områdene gjelder for lavfrekvente rutetilbud.

Tabell 4: Forslag til videre forskning

Område	Beskrivelse
Ventetid ved hjemreiser	Hjemreiser dekkes ikke av denne studien. For at en ny metodikk skal tas i bruk burde den kunne anvendes korrekt på alle typer reiser. Kan også ta utgangspunkt i registrering av åpen ventetid.
Skjult ventetid / ulemper med lengre tid mellom hver avgang	I denne studien diskuteres det hvorvidt skjult ventetid finnes, og i hvilken grad. Dette burde undersøkes nærmere for å kunne konkludere om hvordan tiden mellom avgangene påvirker GK.
Forsinkelser	Hvordan ventetiden påvirkes av forsinkelser. I denne studien er forsinkelsers påvirkning på den åpne ventetiden undersøkt, men ga lite anvendbare resultater. I tillegg burde det undersøkes dypere hvordan forsinkelser påvirker GK.
Verdsetting av ventetidens forskjellige faser	Dersom det vil bli nødvendig å kjenne tidsverdiene for de forskjellige fasene av ventetid for å bedre modellere ventetidskostnadene. Dette vil kreve forskning i større omfang enn en masteroppgave.

10 Referanser

- AMIN-NASERI, M. R. & BARADARAN, V. 2015. Accurate Estimation of Average Waiting Time in Public Transportation Systems. *Transportation Science*, Vol. 49, No. 2, 213-222.
- CHANG, S. K. J. & HSU, C.-L. 2001. Modeling Passenger Waiting Time for Intermodal Transit Stations. *Transportation research record [0361-1981]*, 69-75.
- ELLIS, I. O. & ØVRUM, A. 2014. Trafikantenes verdsetting av tid i fem byområder. Urbanet Analyse.
- FURTH, P., MULLER, T. & 2006a. Part 4: Capacity and Quality of Service: Service Reliability and Hidden Waiting Time: Insights from Automatic Vehicle Location Data *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1955, 79-89.
- FURTH, P. G., HEMILY, B., MULLER, T. H. J. & STRATHMAN, J. G. 2006b. Using Archived AVL-APC Data to Improve Transit Performance and Management. www.TRB.org: Transportation Research Board.
- HJORTHOL, R., ENGBRETSSEN, Ø. & UTENG, T. P. 2014. Den nasjonale reisevaneundersøkelsen 2013/14 - nøkkelrapport Transportøkonomisk institutt: Transportøkonomisk institutt.
- JOLLIFFE, J. K. & HUTCHINSON 1975. A behavioral explanation of the association between bus and passenger arrivals at a bus stop. *Transportation Science*, 249-282.

- KITTLESON & ASSOCIATES, A. 2003. A Guidebook for Developing a Transit Performance-Measurement System. Transportation Research Board of the National Academies: Urbitran, Inc.; LKC Consulting Services, Inc.; MORPACE International, Inc.; Queensland University of Technology; and Y. Nakanishi. .
- MALMIN, O. K. 2013. CUBE - Teknisk dokumentasjon av Regional persontransportmodell. 3.3 ed. SINTEF Teknologi og samfunn: SINTEF Teknologi og samfunn.
- MCLEOD, F. 2007. Estimating Bus Passenger Waiting Times from Incomplete Bus Arrivals Data. *The Journal of the Operational Research Society*, 58, 1518-1525.
- RUUD, A., ELLIS, I. O. & NORHEIM, B. 2010. Bedre kollektivtransport. Trafikantenes verdsetting av ulike egenskaper ved tilbudet i Oslo og Akershus. www.Prosam.org: PROSAM.
- SAMFERDSELSDEPARTEMENTET 2012. Nasjonal transportplan 2014–2023 Meld. St. 26 (2012–2013) ed. Regjeringen.no.
- SAMSTAD, H., RAMJERDI, F., KNUT VEISTEN, NAVRUD, S., MAGNUSSEN, K., STEFAN FLÜGEL, KILLI, M., HALSE, A. H., OG, R. E. & MARTIN, O. S. 2010. TØI rapport 1053/2010. Den norske verdsettingsstudien. Sammendragsrapport. Transportøkonomisk institutt: TØI.
- SEDDON, P. A. & DAY, M. P. 1974. Bus passenger waiting times in Greater Manchester. *Traffic Engineering and Control*, 15, 442-445.
- TURNQUIST, M. A. A. 1978. Model for Investigating the Effects of Service Frequency and Reliability on Bus Passenger Waiting Times. *Transportation Research Record No. 663, Recent Developments in Bus Transportation.*, 70-73.
- TØRSET, T. 2005. *Kollektivtransportmodellering*. Dr. ing. Doctoral Thesis, NTNU, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet.

Vedlegg

MASTEROPPGAVE
(TBA4945 Transport, masteroppgave)VÅREN 2016
for
Magnus Frestad Nygaard**Waiting Time Strategy for Public Transport Passengers****BAKGRUNN**

Stor befolkningsvekst i byer og miljøbevissthet over hele verden setter stadig større krav til kollektivtrafikkens rolle for persontransport. I mange europeiske byer, inkludert de ni største byområdene i Norge (Samferdselsdepartementet, 2012), stilles det krav til at antall reiser med kollektive transportmidler skal økes på bekostning av antall bilreiser. For å takle utfordringene og for å nå målene, er det avgjørende at transportmodellene gir bedre tilnærminger av de reelle reisekostnadene ved kollektive reiser. I lavfrekvente rutetilbud, som finnes i de fleste norske byer, er det grunn til å tro at ventetiden blir modellert på en slik måte at den gir et feilaktig estimat på ulempene som følger av ventetiden.

OPPGAVE

Gjennomføre et forskningsarbeid om kollektivpassasjerers ventetid som skal presenteres i en vitenskapelig artikkel.

Beskrivelse av oppgaven

Utforske temaet ventetid for passasjerer i lavfrekvente kollektivtilbud. Forskningen baseres på registrering av passasjerers faktiske ventetid og spørreundersøkelser.

Målsetting og hensikt

Ved å undersøke passasjerenes ventetid kan jeg komme med forslag til hvordan ventetiden kan modelleres på en måte som bedre representerer de faktiske ulempene ved ventetid.

GENERELT

Opgaveteksten er ment som en ramme for kandidatens arbeid. Justeringer vil kunne skje underveis, når en ser hvordan arbeidet går. Eventuelle justeringer må skje i samråd med faglærer ved instituttet.

Ved bedømmelsen legges det vekt på grundighet i bearbeidningen og selvstendigheten i vurderinger og konklusjoner, samt at framstillingen er velredigert, klar, entydig og ryddig uten å være unødig voluminøs.

Besvarelsen skal inneholde

- standard rapportforside (automatisk fra DAIM, <http://daim.idi.ntnu.no/>)
- tittelside med ekstrakt og stikkord (mal finnes på siden <http://www.ntnu.no/bat/skjemabank>)
- sammendrag på norsk og engelsk (studenter som skriver sin masteroppgave på et ikke-skandinavisk språk og som ikke behersker et skandinavisk språk, trenger ikke å skrive sammendrag av masteroppgaven på norsk)
- hovedteksten
- oppgaveteksten (denne teksten signert av faglærer) legges ved som Vedlegg 1.

Besvarelsen kan evt. utformes som en vitenskapelig artikkel for internasjonal publisering. Besvarelsen inneholder da de samme punktene som beskrevet over, men der hovedteksten omfatter en vitenskapelig artikkel og en prosessrapport.

Instituttets råd og retningslinjer for rapportskrivning ved prosjektarbeid og masteroppgave befinner seg på <http://www.ntnu.no/bat/studier/oppgaver>.

Hva skal innleveres?

Rutiner knyttet til innlevering av masteroppgaven er nærmere beskrevet på <http://daim.idi.ntnu.no/>. Trykking av masteroppgaven bestilles via DAIM direkte til Skipnes Trykkeri som leverer den trykte oppgaven til instituttkontoret 2-4 dager senere. Instituttet betaler for 3 eksemplarer, hvorav instituttet beholder 2 eksemplarer. Ekstra eksemplarer må bekostes av kandidaten/ ekstern samarbeidspartner.

Masteroppgaven regnes ikke som ferdig levert før kandidaten har levert innleveringsskjemaet (fra DAIM) hvor både Ark-Bibl i SBI og Fellestjenester (Byggsikring) i Sentralbygg II har signert på skjemaet. Innleveringsskjema med de aktuelle signaturene underskrives av instituttkontoret før skjemaet leveres Fakultetskontoret.

Dokumentasjon som med instituttets støtte er samlet inn under arbeidet med oppgaven skal leveres inn sammen med besvarelsen.

Besvarelsen er etter gjeldende reglement NTNUs eiendom. Eventuell benyttelse av materialet kan bare skje etter godkjenning fra NTNU (og ekstern samarbeidspartner der dette er aktuelt). Instituttet har rett til å bruke resultatene av arbeidet til undervisnings- og forskningsformål som om det var utført av en ansatt. Ved bruk ut over dette, som utgivelse og annen økonomisk utnyttelse, må det inngås særskilt avtale mellom NTNU og kandidaten.

(Evt) Avtaler om ekstern veiledning, gjennomføring utenfor NTNU, økonomisk støtte m.v.

Beskrives her når dette er aktuelt. Se <http://www.ntnu.no/bat/skjemabank> for avtaleskjema.

Helse, miljø og sikkerhet (HMS):

NTNU legger stor vekt på sikkerheten til den enkelte arbeidstaker og student. Den enkeltes sikkerhet skal komme i første rekke og ingen skal ta unødige sjanser for å få gjennomført arbeidet. Studenten skal derfor ved uttak av masteroppgaven få utdelt brosjyren "Helse, miljø og sikkerhet ved feltarbeid m.m. ved NTNU".

Dersom studenten i arbeidet med masteroppgaven skal delta i feltarbeid, tokt, befarings, feltkurs eller ekskursjoner, skal studenten sette seg inn i "Retningslinje ved feltarbeid m.m.". Dersom studenten i arbeidet med oppgaven skal delta i laboratorie- eller verkstedarbeid skal studenten sette seg inn i og følge reglene i "Laboratorie- og verkstedhåndbok". Disse dokumentene finnes på fakultetets HMS-sider på nettet, se <http://www.ntnu.no/ivt/adm/hms/>. Alle studenter som skal gjennomføre laboratoriearbeid i forbindelse med prosjekt- og masteroppgave skal gjennomføre et web-basert TRAINOR HMS-kurs. Påmelding på kurset skjer til sonja.hammer@ntnu.no

Studenter har ikke full forsikringsdekning gjennom sitt forhold til NTNU. Dersom en student ønsker samme forsikringsdekning som tilsatte ved universitetet, anbefales det at han/hun tegner reiseforsikring og personskadeforsikring. Mer om forsikringsordninger for studenter finnes under samme lenke som ovenfor.

Oppstart og innleveringsfrist:

Oppstart og innleveringsfrist er i henhold til informasjon i DAIM.

Faglærer ved instituttet: Trude Tørset

Veileder(eller kontaktperson) hos ekstern samarbeidspartner: Oskar Kleven

Institutt for bygg, anlegg og transport, NTNU

Dato: 06.06.2016

Underskrift



Faglærer

Vedlegg 2 Ordforklaringer og forkortelser

Skjult ventetid:	Tiden man venter grunnet at man ikke kan foreta en kollektiv reise akkurat når en vil. Denne ventetiden er ikke nødvendigvis venting, og kan ofte brukes til noe produktivt.
Åpen ventetid:	Åpen ventetid er tiden man faktisk bruker til å vente. Tilsvarende ventetid på holdeplass.
Tilbringertid:	Tiden man bruker fra reises start til man er på holdeplass for kollektivtrafikk. Dette er ofte omtalt som gangtid, men da det også er mulig å sykle, og kjøre bil til holdeplass, benyttes ordet tilbringertid.
Headway:	Tid mellom avganger. Forkortes h i formler. (Fra engelsk, ikke noen norsk oversettelse ved bruk innenfor transport)
Frekvens:	Hyppigheten av avganger per tidsenhet. Busstilbud med få avganger har lav frekvens og derav lang headway.
$E[W]$:	Statistisk forventningsverdi for ventetid. Tilsvarende gjennomsnittlig ventetid.
$W=h/2$:	Velkjent formel som beskriver gjennomsnittlig ventetid. Gjennomsnittlig ventetid for passasjerer ved kollektive reiser er opprinnelig uttrykt som halvparten av tiden mellom avgangene.
Cv:	Coefficient of variation (engelsk). Også kjent som relativt standardavvik. $cv = \sigma/\mu$ (standardavvik/gjennomsnitt).

Bruksområde:

Programmet skal brukes til å registrere tidspunkt for ankomster av både personer og busser til holdeplass.

Enhet:

Programmet skal kunne brukes på nettbrett (ikke iPad).

Derfor ser jeg for meg at det er enklere å trykke på knapper i programmet, enn å trykke på en bestemt tast på tastaturet. Men sistnevnte vil også være mulig.

Input:

Rutetabell skal legges inn manuelt før hver registrering starter. Det som legges inn er på formatet HH:MM for hver avgang. Det kan eventuelt også være mulig å lagre rutetabellene man legger inn, slik at man kan hente inn disse, for å slippe å skrive inn hele tabellen hver gang.

Registreringer:

Programmet skal virke slik at når jeg trykker på knappen «passasjer» registreres tidspunkt på sekundet (HH:MM:SS) og at det er en passasjer som har blitt registrert. Når jeg trykker på knappen «buss» skal tidspunkt på sekundet (HH:MM:SS) registreres, og at det er en buss.

Output:

Programmet skal skrive til en fil, helst excel-fil, som viser ankomsttidspunkt og kategori ([buss, passasjer]), samt planlagte bussavganger i henhold til rutetabellen.

Eksempel på hvordan jeg ser for meg output:

Klokkeslett	Passasjer	Buss	Planlagt avgang
07:00:05	1		
07:00:56	1		
07:02:23	1		
07:03:32	1		
07:04:11	1		
07:04:12	1		
07:05:00			1
07:05:54		1	
07:08:03	1		
07:08:55	1		

Utvidelse av programmet (ikke nødvendig pr 11.01.2016, vil være aktuelt ved behov)

Dersom programmet skal brukes til registreringer på holdeplasser som betjenes med mer enn en bussrute må programmet utvides på følgende måte

- Det kan legges inn flere bussruter, og det blir registrert hvilken bussrute som ankommer.

- Det må være mulig å følge flere personer (f.eks opp til 5). Det vil si at det skal kunne registreres både ankomst og avgang for flere personer samtidig.

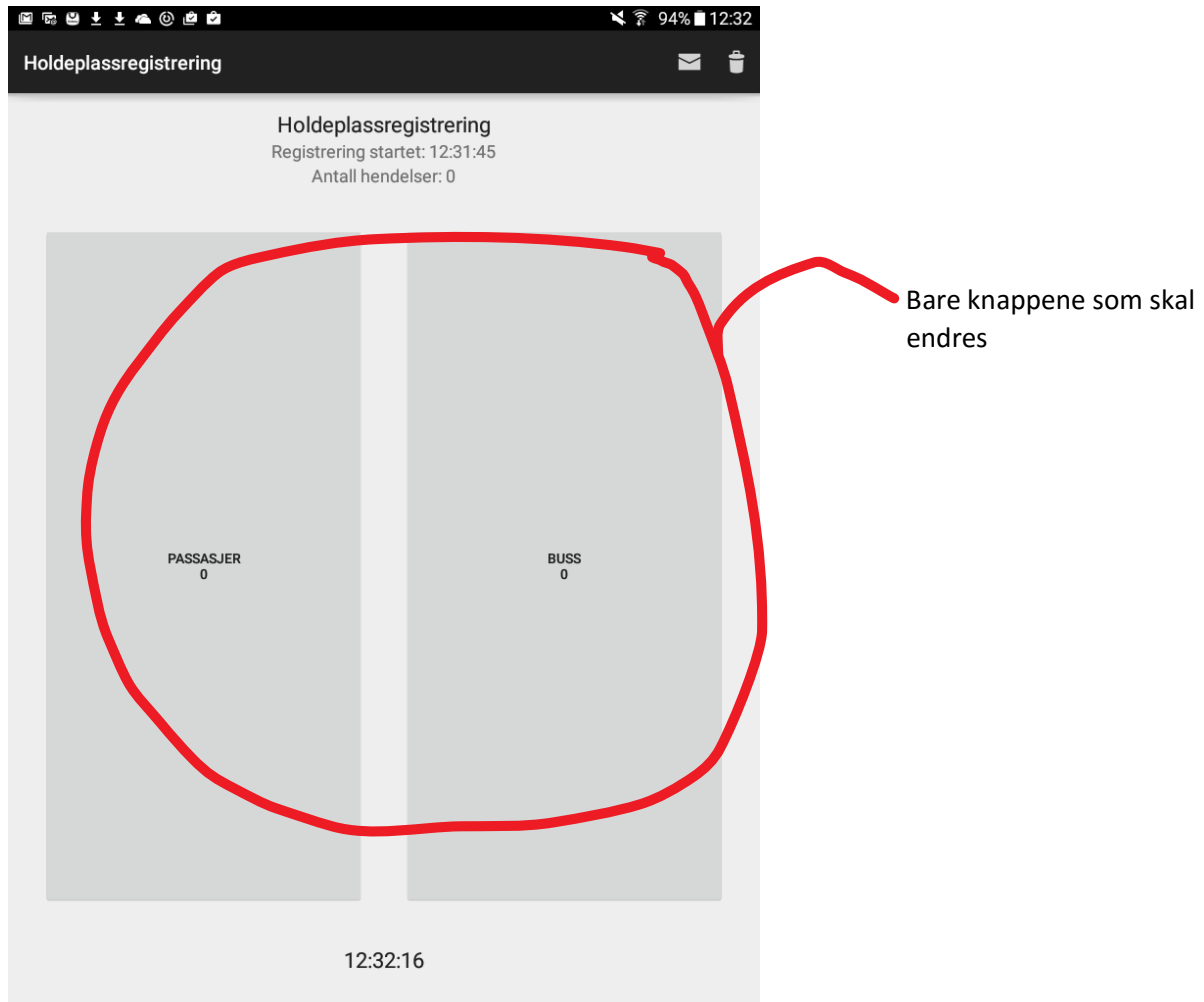
Vedlegg 4 Utvidet programbeskrivelse

Ta utgangspunkt i eksisterende program. Utvidelsen skal fungere på akkurat samme måte. Den eneste forskjellen er at det er flere knapper å trykke på, og at output dermed inneholder mer informasjon.

Layout:

Layout forblir den samme. Det er kun de store knappene som skal endres.

Legg til teksten «passasjerer» over knappene til venstre og «busser» over knappene til høyre.



Knapper:

Det skal nå være mulig å registrere passasjerer på holdeplasser som betjenes av flere ruter. For å få til dette må man vite hvilken buss passasjerene har tenkt til å reise med, og registrere de forskjellige bussrutene.

Det skal være 5 knapper for «passasjerer» og 4 knapper for «buss».

Hvis det er mulig, skal man kunne skrive inn navn på knappene, i form av rutenummer. (Dersom dette gjør programmeringen veldig komplisert, utformes knappene som beskrevet under.)

Den øverste knappen på «passasjer» skal kalles «Første buss», de fire neste knappene kalles «A», «B», «C», og «D».

De fire knappene for buss kalles «a», «b», «c», og «d»

Skisse av utvidelsen

Holdeplassregistrering

Holdeplassregistrering
Registrering startet: 12:31:45
Antall hendelser: 0

Passasjerer	Busser
Første buss	
A	a
B	b
C	c
D	d

12:32:16

Output:

Output kan være på samme form som tidligere. Klokkeslettet lagres hver gang en knapp trykkes, og output skal kunne vise hvilken knapp som ble trykket på. Forslag til hvordan output kan se ut når det er behandlet i Excel (etter å ha konvertert tekst til kolonner)

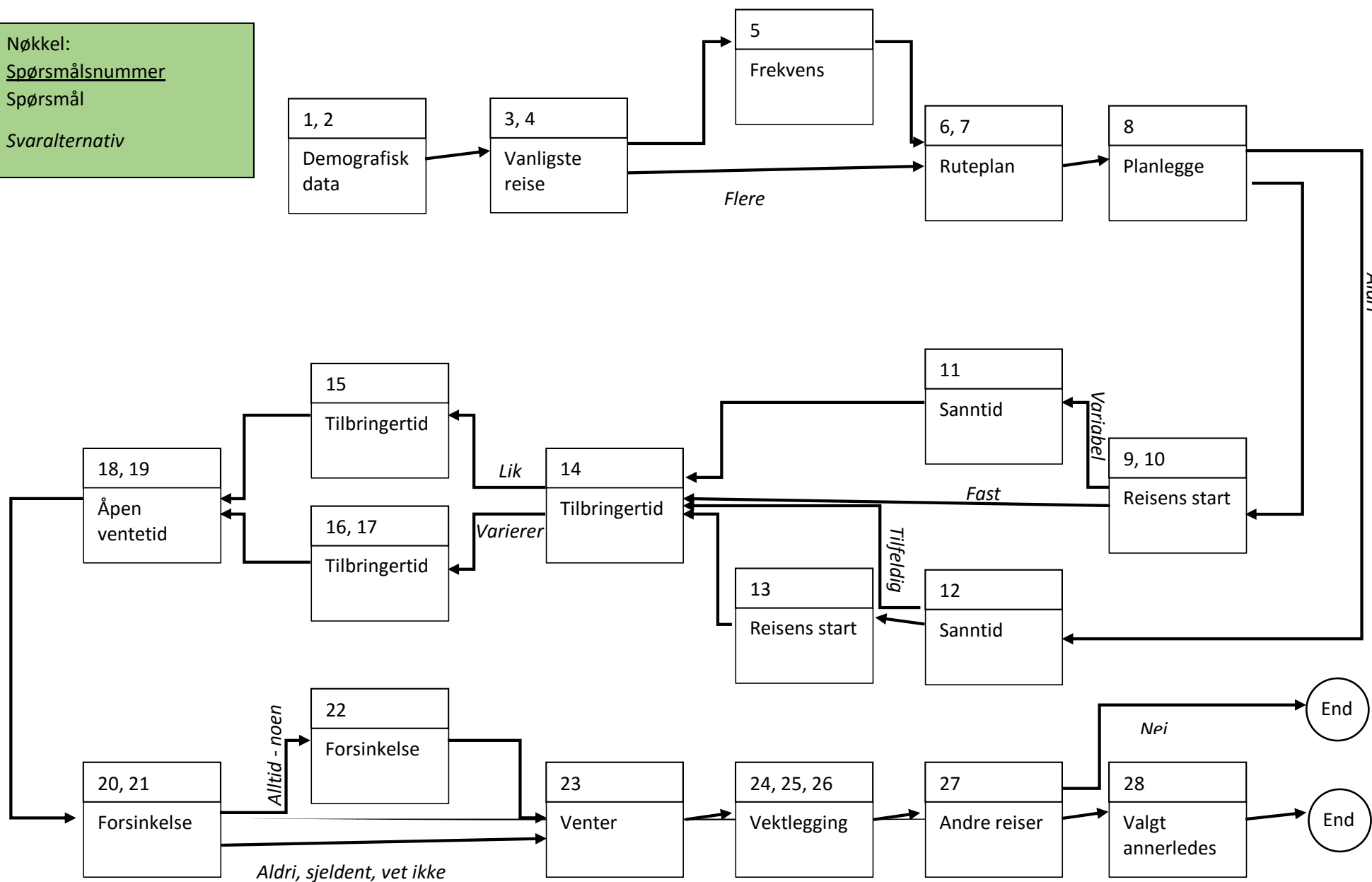
Holdeplassregistrering		
Starttid:	06:44:50	
Stopptid:	08:58:22	
Klokkeslett	Passenger	Bus
06:44:53	A	
06:46:16	B	
06:52:34	C	
06:52:39	D	
06:56:34	Første	
07:04:37		a
07:04:41		b
07:04:55		c
07:04:59		d
07:07:10	Første	
07:07:21	A	
07:07:36		a

Tilgjengelighet

Programmet legges ut på play.google.com og kalles *holdeplassregistrering utvidet* (eller lignende). Dette programmet skal ikke erstatte det forrige, og derfor skal det eksisterende programmet **IKKE** fjernes. Begge programmene skal være tilgjengelige.

Vedlegg 5 Flytskjema spørreundersøkelse

Nøkkel:
Spørsmålsnummer
 Spørsmål
 Svaralternativ



Vedlegg 6 Spørreundersøkelse

I tabellen under er spørsmålene fra undersøkelsen rettet mot de kollektivreisende gjengitt. Annen informasjon, f.eks. tekst som har hensikt å klargjøre spørsmålene er ikke tatt med.

Spørreundersøkelsens forside (informasjon om undersøkelsen) er vist under.

Denne undersøkelsen benyttes for å finne ut av hvordan kollektivreisende forholder seg til ventetid. Spørsmålene er enkle, men kan kreve at du tenker nøye gjennom den reisen du foretar oftest.

Dersom ikke annet er oppgitt, gjelder spørsmålene for den reisen du vanligvis foretar med kollektivtransport.

Hele undersøkelsen tar omtrent 5 minutter å gjennomføre.

Nr.	Spørsmål	Svarstype	Svaralternativ
1	Alder	Åpent tallsvar	
2	Kjønn	Flervalg	Mann Kvinne
3	Hvilken reisehensikt har du oftest når du reiser med kollektivtransport?	Flervalg	Til og fra jobb Til og fra skole Tjenestereiser Handle- og servicereiser Omsorgs- og følgereiser Besøk Øvrige fritidsreiser
4	Hvilken rute reiser du med?	Flervalg	1) Jeg kan bare reise med en rute, og reiser derfor alltid med samme. 2) Jeg kan velge mellom flere ruter, men reiser ofte eller alltid med den samme. 3) Jeg kan velge mellom flere ruter, og det er tilfeldig hvilken jeg reiser med.
5	Hvilken frekvens er det du reiser med, på den tiden du vanligvis foretar reisen?	Flervalg	10 min 15 min 20 min 30 min Mer enn 30 min Vet ikke
6	Tidspunkt for reisen	Flervalg	1) Jeg reiser alltid med samme avgang hver dag (hver gang jeg foretar denne reisen) 2) jeg reiser omtrent på samme tid hver gang 3) Tidspunktet for reisen varierer mye

7	Hva er ditt forhold til ruteplanen?	Flervalg	1) Jeg kjenner godt til ruteplanen, og vet avgangstidene til alle aktuelle avganger i tidspunktet jeg vanligvis reiser. 2) Jeg kjenner bare til avgangstidene for den eller de avgangene jeg vanligvis reiser med. 3) Jeg har lite eller ingen kjennskap til ruteplanen.
8	Planlegger du tidspunktet for når reisen skal starte?	Flervalg	Alltid Av og til Sjeldent eller aldri
9	Når starter du reisen	Flervalg	1) Ofte eller alltid «x» minutter før avgang. 2) Det varierer, men sjeldent tidligere enn «x» minutter før avgang
10	Antall minutter (henger sammen med spm. 9)	Åpent tallsvar	
11	Benytter du sanntidsinformasjon for å eventuelt utsette reisens start?	Flervalg	Ja, ofte eller alltid Av og til Nei, sjeldent eller aldri
12	Benytter du sanntidsinformasjon for å avgjøre når reisen skal starte?	Flervalg	Ja, ofte eller alltid Av og til Nei. Starttid for reisen er som regel tilfeldig.
13	Når du ved bruk av sanntidsinformasjon vet når bussen/trikken har avgang, omtrent hvor mange minutter før avgang starter reisen?	Åpent tallsvar	
14	Hvor lang tid bruker du til holdeplassen?	Flervalg	1) jeg bruker ofte eller alltid omtrent like lang tid. 2) Tiden jeg bruker varierer. Jeg bruker kortere tid dersom jeg er sent ute.
15	Omtrent hvor lang tid bruker du til holdeplassen?	Åpne tallsvar for både minutter og sekunder.	
16	Hvor lang tid er det lengste du vanligvis bruker til holdeplassen?	Åpne tallsvar for både minutter og sekunder.	

17	Hvor lang tid er det korteste du vanligvis bruker til holdeplassen	Åpne tallsvar for både minutter og sekunder.	
18	Hvor lenge før avgang ønsker du å ankomme holdeplassen?	Åpne tallsvar for både minutter og sekunder.	
19	Hva er konsekvensen dersom du ikke rekker avgangen du hadde planlagt å reise med?	Flervalg	1) Store negative konsekvenser 2) Noen negative konsekvenser 3) Har ikke så mye å si. Men det er kjedelig å vente på neste avgang. 4) Det har liten betydning. Venter på neste avgang.
20	Er avgangen du vanligvis reiser med forsinket?	Flervalg	Alltid Ofte Noen ganger Sjeldent Aldri Vet ikke
21	Når avgangen er forsinket, omtrent hvor stor er forsinkelsen?	Åpne tallsvar for både minutter og sekunder.	Vet ikke
22	Hvordan forholder du deg til at bussen/trikken er forsinket?	Flervalg	1) Jeg vet at jeg ikke trenger å være på holdeplassen innen tiden som er oppgitt i ruteplanen. 2) Jeg benytter sanntidsinformasjon for å unngå å vente for lenge på holdeplassen 3) Jeg ankommer holdeplassen før tiden som er oppgitt i ruteplanen i tilfelle bussen er i rute
23	Hva gjør du når du venter på holdeplassen?	Flervalg	Ingenting Hører på musikk Annet (spesifiser)
24	Dersom du kunne redusere den totale reisetiden med ett minutt, ved hvilken del av reisen ville du gjort besparelsen?	Flervalg	1) Venting før du går til holdeplass 2) Venting på holdeplass 3) Ekstra ventetid på holdeplass grunnet forsinkelser 4) Tilbringertid til holdeplass

			5) Tid om bord på bussen/trikken, gitt at du har sitteplass
25	Dersom den totale reisetiden hadde økt med ett minutt, ved hvilken del av reisen ville du helst hatt det ekstra minuttet?	Flervalg	1) Venting før du går til holdeplass 2) Venting på holdeplass 3) Ekstra ventetid på holdeplass grunnet forsinkelser 4) Tilbringertid til holdeplass 5) Tid om bord på bussen/trikken, gitt at du har sitteplass
26	Er det noen forhold som gjør at ulempen for venting på holdeplass varierer?	Flervalg	Nei Ja (spesifiser)
27	Benytter du kollektivtransport også til andre reisemål? Kryss av for hvilken.	Flervalg (Kan velge mer enn 1)	Nei Til og fra jobb Til og fra skole Tjenestereiser Handle- og servicereiser Omsorgs- og følgereiser Besøk Øvrige fritidsreiser
28	Tror du at du ville valgt en annen ventetidsstrategi for slike reiser, enn for den du har besvart i undersøkelsen?	Felrvalg	Helt klart Trolig Nei, tror jeg ville brukt samme strategi Vet ikke

Vedlegg 7 Punktvis instruks for å prosessere rådata

Punktvis instruks for å prosessere rådata fra registreringene.

1. Kopier data fra mail til Excel.
2. Merk kolonne A.
Velg «Data» → «Tekst til kolonner».
Skill med semikolon.
3. Gi arket navnet «Rådata».
Ingen endringer skal bi gjort i dette arket.
4. Lagre fil «Dato_kl.start_kl.slutt_sted».
5. Kopier alt til ark 2. Lim inn i celle A1.
6. Sett inn like mange tomme rader under «klokkeslett» (rad 6) som planlagte bussavganger i denne perioden.
7. Skriv inn klokkeslett for alle planlagte avganger. Start med den avgangen registreringen startet umiddelbart etter, og avslutt med siste avgang.
8. Endre celle D3 fra «hendelsestype» til «rute».
9. Fyll inn verdien «1» på alle planlagte avganger i kolonnen «rute». Slett alle andre verdier i denne kolonnen.
10. Merk område med planlagte avganger (A6:Fx) og gi cellene grønn bakgrunnsfarge.
11. Slett eventuelt tomme rader.
12. Merk all data (A6:Fx) og sorter etter klokkeslett fra minst til størst. «Data» → «Sorter»
13. Legg til forklaringstekst for kolonne E og F i E5 og F5.
E: «Tid før rute»
F: «Tid før sann»
14. Sett inn følgende formel i celle E7, og gjør den gjeldende for hele kolonnen.
«=HVIS(C7=1;"x";HVIS(\$D6:D1000=1;"x";TID(0;frekvens*ANTALLHVIS(\$D\$6:D6;"=1");0)-(\$A7-\$A\$6)))»
15. Sett inn følgende formel i celle F7, og gjør den gjeldende for hele kolonnen.
«Hvis(\$C7:\$C1000=1;0;-(A7-INDIREKTE("A"&(SAMMENLIGNE(1;C7;C200;0)+5+ANTALL(A\$7:A7))))))»
16. Lagre.