

# Reisehastighet og fremkommelighet for buss

En analyse av rute 9 i Trondheim

**Aslak Heggland**

Bygg- og miljøteknikk

Innlevert: Januar 2013

Hovedveileder: Eirin Olaussen Ryeng, BAT

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



Oppgavens tittel: Reisehastighet og fremkommelighet for buss En analyse av rute 9 i Trondheim	Dato: 28.1.2013		
	Antall sider (inkl. bilag): 129		
	Masteroppgave	X	Prosjektoppgave
Navn: Aslak Heggland			
Faglærer/veileder: Eirin Ryeng, Institutt for bygg, anlegg og transport			
Eventuelle eksterne faglige kontakter/veiledere: Ørjan Tveit, Statens vegvesen – Region midt			

Ekstrakt:

Denne oppgaven har sett på de ulike reisetidskomponentene for en bussrute, eksemplifisert gjennom rute 9 i Trondheim. Flere turer er kartlagt med videoopptak, og det er kommet til følgende fordeling av reisetid i morgenrush:

- Kjøretid 45 %
- På holdeplass 15 %
- Inn og ut fra holdeplass 10 %
- Lyskryss 10 %
- Kø / trafikk 20 %

Registreringene er sammenliknet med data fra Sanntidssystemet i Trondheim (SISST). Både start- og sluttiden på en tur i SISST har ofte store avvik fra det som er observert fra videoopptak. Oppgraderingen av SISST i november 2012 reduserte avvikene. På turene som er kjørt etter oppgraderingen rapporterer SISST i snitt 0,5 km / t for høy gjennomsnittshastighet. Ankomsttid på holdeplass er stort sett nøyaktig, men på enkelte holdeplasser er det et avvik på  $\pm 20$  sekunder. Metoden SISST bruker for å beregne oppholdstid på holdeplass gjør at det ofte blir store avvik. Det anbefales at man går over til å benytte åpning og lukking av dører til beregning av holdeplasstid. Rapportene som presenterer data fra SISST inneholder mange svakheter. Det anbefales å bedre muligheten til å hente ut data fra systemet gjennom direkte spørringer mot databasen.

Analyse av reisetid mellom holdeplassene fra Lundåsen til sentrum avdekker to områder med store forsinkelser:

- Kø gjennom Heimdal sentrum
- Forsinkelse fra lyskryss i Trondheim sentrum

Blant tiltakene som foreslås er kollektivfelt og bussveg i Hemdal sentrum og utvidet signalprioritering i Trondheim sentrum med enda høyere vektning av stamrutene. Totalt er det foreslått 11 tiltak som kan redusere reisetiden med rundt 7 minutter. Gjennomsnittlig reisetid i morgenrush fra Lundåsen til sentrum vil da gå ned fra 38 til 31 minutter, snitthastigheten vil få fra 21 til 28 km / t.

## Stikkord:

1. Kollektivtransport
2. Fremkommelighet
3. Reisetidskomponenter
4. Trondheim

---

(sign.)



## **MASTEROPPGAVE**

(TBA4945 Transport, masteroppgave)

for  
**Aslak Heggland**

Reisehastighet og fremkommelighet for buss  
En analyse av rute 9 i Trondheim

### **BAKGRUNN**

En av målsettingene i Miljøpakken i Trondheim er at reisehastighetene med buss skal økes, spesielt innenfor Kollektivbuen, men også på de øvrige delene av stamrutenettet. Gjennom å skaffe detaljert kunnskap om tidsbruk for de ulike reisetidskomponentene som inngår i en kollektivreise, vil man kunne få et bedre grunnlag for å velge de mest hensiktsmessige tiltakene for å nå en slik målsetting.

### **OPPGAVE**

Kandidaten skal i dette arbeidet studere de ulike reisetidskomponentene for kollektivreiser, eksemplifisert gjennom bussrute 9 i Trondheim for strekningen mellom Lundåsen og sentrum. Data fra sanntidssystemet skal benyttes. I tillegg skal det vurderes om det er behov for å gjøre egne supplerende registreringer. Arbeidet skal inneholde følgende elementer:

- En litteraturstudie som fokuserer på eksisterende kunnskap om de ulike reisetidskomponentene for kollektivreiser, betydningen av disse for trafikantenes reisemiddelvalg, samt erfaringer med tiltak for å redusere de ulike reisetidskomponentene.
- Sanntidssystemet som benyttes i Trondheim skal beskrives. Hvilke data blir samlet inn og lagret? Hvordan kan disse benyttes til å studere hver enkelt reisetidskomponent langs en gitt busslinje? Mulige forbedringer og ønskelige tilleggsfunksjoner i sanntidssystemet skal vurderes. Det skal videre vurderes hvorvidt det er nødvendig å supplere med egne registreringer for å få tilstrekkelig gode data for detaljerte studier av reisetidskomponentene. I så fall må det utvikles og beskrives et registreringsopplegg, og deretter gjennomføres registreringer.
- Reisetidsdataene for bussrute 9 skal analyseres med tanke på å skille de ulike reisetidskomponentene fra hverandre og for å identifisere de elementer og/eller strekninger langs linjen der muligheten for redusert tidsbruk synes størst.
- Hvilke tiltak anbefales iverksatt langs rute 9 for å redusere reisetiden? Hva er realistisk å oppnå av reduserte reisetider?

## GENERELT

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

Ved bedømmelsen legges det vekt på grundighet i bearbeidningen og selvstendighet 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>)
- forord
- 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)
- innholdsfortegnelse inklusive oversikt over figurer, tabeller og vedlegg
- om nødvendig en liste med beskrivelse av viktige betegnelser og forkortelser benyttet
- hovedteksten
- referanser til kildemateriale som ikke er av generell karakter, dette gjelder også for muntlig informasjon og opplysninger.
- oppgaveteksten (denne teksten signert av faglærer)
- besvarelsen skal ha komplett paginering (sidenummerering).

Besvarelsen kan evt. utformes som en vitenskapelig artikkel. Arbeidet leveres da også med rapportforside og tittelside og om nødvendig med vedlegg som dokumenterer arbeid utført i prosessen med utforming av artikkelen.

Se forøvrig «Råd og retningslinjer for rapportskrivning ved prosjektarbeid og masteroppgave ved Institutt for bygg, anlegg og transport». Finnes på <http://www.ntnu.no/bat/skjemabank>

### 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/ eksternt samarbeidspartner.

Ved innlevering av oppgaven skal kandidaten levere en CD med besvarelsen i digital form i pdf- og word-versjon med underliggende materiale (for eksempel datainnsamling) i digital form (f. eks. excel). Videre skal kandidaten levere innleveringsskjemaet (fra DAIM) hvor både Ark-Bibl i SBI og Fellestjenester (Byggsikring) i SB 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 godkjennelse fra NTNU (og eksternt 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, befarng, 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/>.

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.

**Innleveringsfrist:**

Arbeidet med oppgaven starter 6. september 2012

Besvarelsen leveres senest ved registrering i DAIM innen 31. januar 2013 kl. 15.00.

**Faglærer ved instituttet:** Eirin Ryeng

**Veileder(eller kontaktperson) hos ekstern samarbeidspartner:** Ørjan Tveit, Statens vegvesen Region midt

Institutt for bygg, anlegg og transport, NTNU

Dato: 6.9.2012

Underskrift

Faglærer





## Forord

Denne masteroppgaven er gjennomført som avslutning av Masterstudiet i Bygg- og Miljøteknikk ved NTNU i Trondheim. Oppgaven er gjennomført ved Institutt for bygg, anlegg og transport i perioden 6. september 2012 til 31. januar 2013. Oppgaven tilsvarer 30 studiepoeng.

Oppgaven er valgt og utformet i samråd med førsteamanuensis Eirin Ryeng. Oppgaven er utført i samarbeid med Statens vegvesen, Region midt. Ørjan Tveit har vært ekstern veileder fra Statens vegvesen.

Jeg ønsker å takke alle som har bidratt med informasjon og veiledning under arbeidet med oppgaven. Spesielt rettes stor oppmerksomhet til veilederne nevnt ovenfor, samt Tore Langmyhr og Henning Lervåg fra Trondheim kommune, Kristin Kråkenes og Steinar Simonsen fra Statens vegvesen og Erling Bjerkvik, Torfinn Utne og Harald Storrønning fra AtB.

Trondheim, 31.1.2013

---

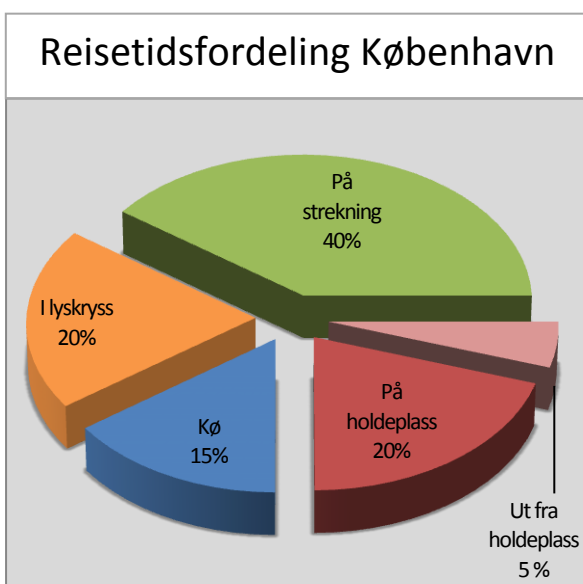
Aslak Heggland

## Sammendrag

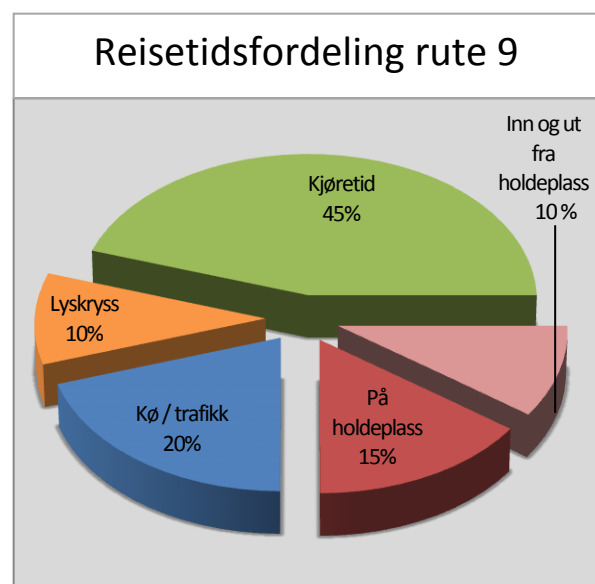
En av målsetningene til Miljøpakken i Trondheim er å øke fremkommeligheten for buss. For å oppnå dette er det viktig med detaljert kunnskap om hva som forsinker bussen i dag, og hvor forsinkelsene oppstår. Denne oppgaven har derfor gjennomgått en bussrute i Trondheim for å studere de ulike reisetidskomponentene en kollektivreise består av. Rute 9 er benyttet som eksempel, på strekningen Lundåsen – sentrum i morgenrush. Til å registrere data er det benyttet videokamera og GPS montert foran i bussen. Data fra sanntidssystemet i Trondheim er sammenliknet med egne registreringer for å se i hvor stor grad sanntidssystemet kan benyttes til å identifisere de ulike reisetidskomponentene.

Det er i arbeidet med oppgaven sett på eksisterende litteratur om de ulike reisetidskomponentene for kollektivreiser. All nordisk litteratur hvor reisetidsfordelingen på buss er nevnt refererer til en dansk undersøkelse fra København i 2001. Den viser fordeling av reisetid i rush mellom kjøretid, tid på og ut fra holdeplass, og forsinkelse i lyskryss og kø, se figuren nederst til venstre. I denne oppgaven er laget en tilsvarende reisetidsfordeling ut fra registreringene som er gjort på rute 9, se figuren nederst til høyre. Den største forskjellen er at tiden brukt i lyskryss er 10 % for rute 9, halvparten så mye som bussene i København. Forsinkelsen fra kø og trafikk er imidlertid noe høyere, med 20 % på rute 9 mot 15 % i København. Begge undersøkelsene viser at en fjerdedel av tiden går med til holdeplasser. 45 % av tiden på rute 9 går til å kjøre selve traséen, mot 40 % i København.

Ved å se på reisetiden mellom hver holdeplass er det funnet store forskjeller i hvor de ulike forsinkelsene oppstår langs traséen til rute 9. Områdene på Kattem, Rosten og E6 til Sluppen har nesten ikke forsinkelser fra lyskryss og trafikk. Men enkelte steder ligger holdeplassene så tett at over halvparten av tiden går med til stopp på holdeplass. Forsinkelsene fra lyskryss er konsentrert til «kollektivbuen», strekningen fra Sluppen til sentrum. I lyskryssene med signalprioritering er det observert 70 % grønt lys for bussen, men fremdeles mangler det prioritering i halvparten av anleggene. I disse varierer det mer fra tur til tur hvor mange grønne lys bussen får. Strekningen gjennom Heimdal sentrum skiller seg klart ut med mest kø. Det er også her reisehastigheten varierer mest de ulike dagene, fra 5 til 20 km / t.



Fra reisetidsfordeling på buss i rush København 2001



Fordeling av reisetid for rute 9 i morgenrush basert på gjennomgang av videooptakene

På bakgrunn av forsinkelsene som er kartlagt er det kommet med forslag på 11 tiltak som kan øke reisehastigheten for rute 9. Noen tiltak vil gi kortere reisetid for alle turene, mens enkelte vil i stor grad bidra til å redusere de store forsinkelsene som oppstår av og til. De store forsinkelsene er viktig å unngå for å kunne redusere reguleringstiden i sentrum, noe som blir nødvendig om få år for å øke kapasiteten på sentrumsterminalen. Tiltakene med størst gevinst er kollektivfelt og bussveg gjennom Heimdal sentrum og utvidet signalprioritering.

Gjennomsnittlig reisetid i morgenrush fra Lundåsen til sentrum var rett under 38 minutter, som gir en snitthastighet på 21 km / t. Ved å gjennomføre alle tiltakene er det forventet at reisetiden kan reduseres til 31 minutter, noe som gir snitthastighet på 28 km / t.

Data fra sanntidssystemet (SISST) er sammenliknet med egne registreringer gjort i bussen. Underveis i arbeidet med oppgaven ble SISST oppgradert, og dataen ble presentert i nye rapporter. Både før og etter oppgraderingen er det avdekket feil i dataen fra SISST. Noen virker av en mer tilfeldig karakter, mens andre feil er systematiske. Mest kritisk vurderes SISST sin manglende evne til å korrekt tidfeste starttidspunktet på en tur. Opp til 5 minutter avvik er registrert. Tidspunktet for avslutningen av en tur avviker også fra hva som er observert. Dette har trolig sammenheng med at SISST definerer en tur som avsluttet i det et punkt på holdeplassen er passert, og ikke når bussen faktisk har stoppet og åpner dørene. På rute 9 utgjør disse avvikene rundt et minutt på turene etter oppgraderingen, som gir en gjennomsnittshastighet som er 0,5 km / t for høy.

Ankomsttid på holdeplass er for de fleste holdeplassene ganske nøyaktig rapportert. Oppholdstiden på holdeplass derimot avviker ofte mye i SISST med hva som faktisk er observert. Det anbefales derfor at åpning og lukking av dørene på bussen benyttes for å registrere ankomst og oppholdstid på holdeplassene. En del unøyaktige registreringer kan tyde på svake signaler fra posisjoneringssystemet om bord i bussen. Det bør vurderes å ta i bruk ny teknologi som A-GPS eller GLONASS (de fleste av oss har allerede en slik mottaker i smarttelefonen vår).

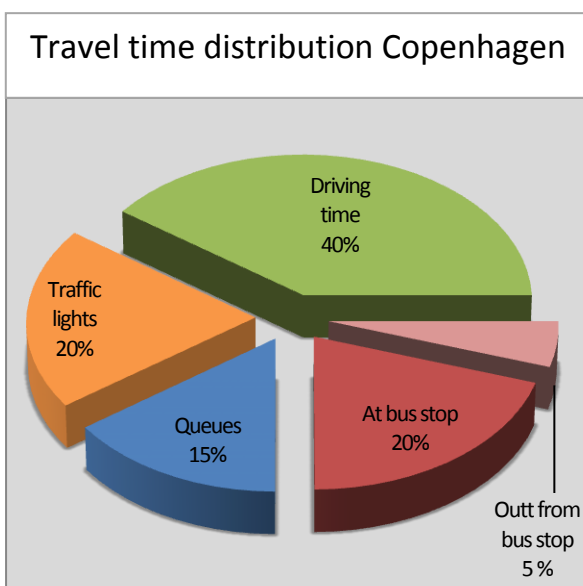
Rapportene som SISST-dataen presenteres i har mange svakheter. Det er kun mulig å hente dataen til Excel eller PDF. Analysearbeid i Excel er unødvendig tidkrevende grunnet formatet dataen presenteres på. Det er også mye data som ikke er tilgjengelig i rapportene. For å gjøre dataen mer tilgjengelig bør det være mulig å skreddersy egne rapporter som henter dataen via spørringer direkte mot databasen i SISST. Det bør gjøres lettere for eksterne utenfor AtB og Statens vegvesen å benytte seg av dataen, for eksempel NTNU og Trondheim kommune.

## Summary

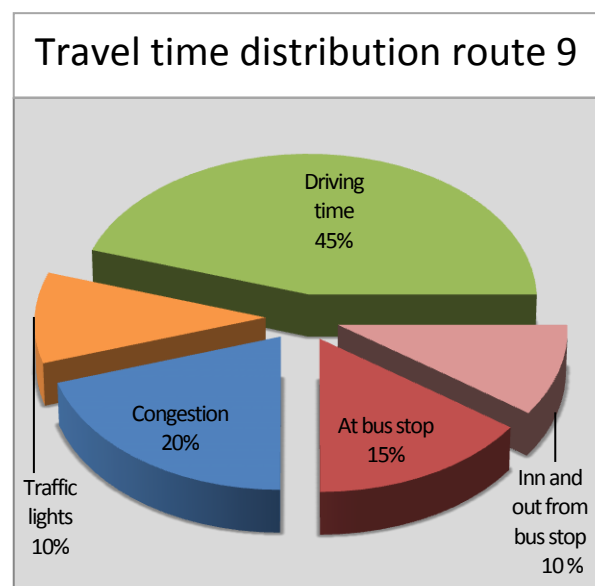
One of the goals with *Greener Trondheim – Partnership for sustainable transport* (Miljøpakken) is to increase the operating speed of the public transport in the city. To achieve this it is important with knowledge of what it is that causes delays today, and where these delays occur. This paper has therefore studied a bus route in Trondheim with the goal of identifying the different travel time components. Route 9 is used as an example, between Lundåsen and the city centre terminal in Munkegata. To register data a video recorder with GPS is mounted in the front of the bus. Data from the real-time bus-information system in Trondheim is compared to the video recordings, in order to establish if the real-time data is of sufficient quality to identify the different travel time components.

In the work with this paper existing literature on the different time travel components has been reviewed. In all Nordic literature where this is mentioned, it is referred to a Danish study from Copenhagen in 2001. It shows distribution of travel time in rush between driving time, time at and out from bus stops, and delays from traffic lights and queues. The figure is shown at the bottom left. In this paper a similar distribution is generated from the registrations made on route 9, the figure at the bottom right. The biggest difference is that time spent at traffic lights are for route 9 only half of that in Copenhagen. The delays from queues and traffic are somewhat higher for route 9. Both surveys show that a quarter of the time is spent on bus stops.

By looking at the travel time between each bus stop for route 9 there is found big differences in where the different delays occur. There are almost none delays from traffic or traffic lights in the areas of Kattem, Rosten and E6 to Sluppen. But in some of these areas the bus stops are so densely situated that time spent there exceeds 50 % of the total travel time. The delays from traffic lights are concentrated on the leg from Sluppen to the city center, also known as “Kollektivbuen” (the public transport arc). 70 % of the lights with bus priority gave the bus green light, but this is only implemented at half of the junctions. The lights without priority showed a bigger difference from day to day in how many who were green. The leg through Heimdal center was by far the one with most queues for the bus. This is also the place where the travel time varied most the different days, ranging from 5 to 20 km / h.



From the travel time distribution study in Denmark. The numbers are travel time at morning rush



Travel time distribution on route 9 based on video recordings from morning rush

Based on the delays that are found there is made a list of 11 measures that can increase the journey speed for route 9. Some of these measures will decrease the travel time for all trips, while others will by a large degree reduce the major delays that only occur once in a while. These large delays are important to reduce in order to cut down on regulating time at the center terminal. Increased bus traffic in the years to come requires faster throughput to avoid congestion at the center terminal. The two measures with most time savings are bus lanes/roads through Heimdal center and increased traffic light priority.

Average travel time at morning rush from Lundåsen to the city center was just below 38 minutes, giving the bus an average speed of 21 km / h. By implementing all the measures it is expected that the travel time can be reduced to 31 minutes, giving the bus an average speed of 28 km / h.

Data from the real-time bus-information system (SISST) is compared to data collected in this paper. During the work with this paper the SISST system was upgraded and the SISST data was presented in new reports. Both prior to and after the upgrade there is identified inaccurate data from SISST. Some seem of a random nature, while other errors are more systematic. Considered most critical is SISST inability to correctly pinpoint the time a trip starts. On the most a 5 minute discrepancy is found. The time when a trip ends also deviates from what is observed. This is probably due to the method SISST uses to define the end of a trip. Instead of using the time when the bus actually stops and opens the doors, SISST uses the time when passing a predefined point at the start of the bus stop. These discrepancies make up for around one minute on the trips performed after the upgrade of SISST. This causes the average speed reported by SISST to be 0.5 km / h to high.

Arrival times at the bus stops are for most of the stops relatively accurate. There are however many large discrepancies in the lengths of the stops between SISST reporting and what is observed. To improve this it is recommended that the opening and closing of the bus doors is used to register arrival and stay time at the bus stops. Some of the inaccurate data from SISST may come from weak signals from the positioning system. One suggestion to improve this is to adopt new technology like A-GPS or GLONASS (most of us already have this positioning technology in our smart phones).

The reports where the SISST data is presented have many shortcomings. The only formats available are XLS (Excel) and PDF (Acrobat). Analysis in Excel is unnecessarily time consuming due to the format the data is presented. There is also a lot of data collected from SISST that is not available in the reports. To make the data more easily accessible it should be possible to customize your own reports by a direct query to the SISST database. Other institutions outside the public transport administration should be allowed to use the data, for instance universities, municipalities and public road administrations.



## Innhold

1	Innledning.....	1
1.1	Bakgrunn .....	1
1.2	Oppgavens formål, omfang og avgrensninger .....	3
1.3	Oppgavens oppbygging .....	4
2	Bakgrunns litteratur .....	5
2.1	Reisetidskomponenter .....	5
2.2	Forsinkelse.....	6
2.3	Økende trengsel og forsinkelser for bussen.....	7
	Ut av den «onde sirkel».....	7
3	Tiltak for å redusere reisetid med buss.....	9
3.1	Holdeplasstiltak .....	10
	Samlokalisering av holdeplasser .....	10
	Utforming av holdeplass .....	11
	Høystandard holdeplasser.....	13
	Raskere billettering .....	14
3.2	Tiltak på strekning .....	15
	Kollektiv- og sambruksfelt .....	15
	Kollektivgate/veg.....	16
	Adkomstregulering .....	16
	Forkjørsregulering .....	18
3.3	Tiltak i kryss .....	19
	Signalprioritering i lyskryss.....	19
	Påbudt kjøretretning som ikke gjelder buss .....	20
	Buss gjennom sentraløy i rundkjøring.....	20
	Kø- og tilfartsregulering.....	22
3.4	Indirekte tiltak .....	23
	Vegprising .....	23
	Parkeringsrestriksjoner .....	24
	Bilfrie soner .....	25
	Sanntidsdata.....	26
4	Kollektivtilbudet i Trondheim.....	27
4.1	Organisering av kollektivtilbudet .....	27
4.2	Kollektivnett .....	28

4.3	Stamrutene.....	29
4.4	Rute 9 .....	30
4.5	Beskrivelse av kollektivtiltak .....	32
	Kollektivfelt.....	33
	Elektronisk billettering .....	35
4.6	Signalprioritering og sanntidsinformasjon .....	36
	Servere og programvare – Flash og Omnia .....	38
	Formidling av sanntidsinformasjon .....	40
5	Metodikk for gjennomføring.....	41
5.1	Sanntidssystemet .....	41
5.2	Registreringer i buss.....	41
	Referansetur.....	42
6	Datainnsamling.....	43
6.1	Registreringsstrekning.....	43
6.2	Gjennomførte turer i rute .....	43
6.3	Gjennomføring av referansetur.....	44
	Inndeling av turen i lenker .....	45
6.4	Data fra sanntidssystemet (SISST).....	47
	Rapporten «Fullførte komplette turer» .....	48
	Rapporten «Komplette turer».....	50
	Rapporten «Passeringer på holdeplass» .....	52
	Rapporten «Passages at Nodes and Virtual Loops».....	54
7	Analyse av dagens reisetid .....	55
7.1	Beregning av tid på ulike komponenter .....	56
	Beregning av tid på holdeplass.....	56
	Beregning av forsinkelse inn og ut fra holdeplass.....	57
	Beregning av forsinkelse i kryss og kø.....	59
7.2	Analyse av videoopptak Lundåsen - sentrum .....	60
	Reisetid mellom holdeplasser .....	61
	Reisehastighet mellom holdeplasser .....	62
	Reisehastighet på delstrekninger .....	63
	Holdeplasstid.....	64
	Forsinkelse i lyskryss.....	65
	Detaljanalyse 8. og 28. november .....	68



7.3	Videoopptak sammenliknet med sanntidsdata .....	70
	Videoopptak sammenliknet med «Komplette turer» .....	70
	Avgangstiden er ukjent – tid fra rutetabell er benyttet .....	71
	Ankomstholdeplassen er veldig lang – varierer hvor busen stopper .....	71
	Sanntidssystemet faller ut – tid rapporteres til tross for dette .....	72
	Videoopptak sammenliknet med «Passages at Nodes and Virtual Loops» .....	73
	Ankomsttid på holdeplass .....	74
	Holdeplasstid .....	76
	Ankomst til lyskryss .....	81
7.4	Reisetid fra sanntidsdata sentrum – Lundåsen .....	82
7.5	Resultater og diskusjon .....	84
	Forslag til forbedring i rapportene .....	85
8	Vurdering av tiltak .....	86
8.1	Holdeplasstiltak .....	88
	Samlokalisering av holdeplasser i Kollektivbuen.....	89
	Samlokalisering av holdeplassene Kattem og Kattemsenteret.....	90
8.2	Tiltak på strekning .....	91
	Kurveutbedring Kattem .....	92
	Kollektivfelt Heimdalsvegen .....	93
	Bussveg Heimdal sentrum .....	94
	Forlenget kollektivfelt Vestre Rosten.....	95
	Kollektivfelt E6 Okstadbakken.....	96
	Kollektivfelt Holtermanns veg .....	98
8.3	Tiltak i kryss .....	99
	Utvidet signalprioritering .....	99
	Bussprioritering i lyskryss Bjørndalen – Sivert Thonstads vei .....	100
	Fjerne signalregulert gangfelt Trondheim torg .....	101
8.4	Oppsummering.....	102
9	Konklusjon .....	103
	Forslag til tiltak og videre arbeid med SISST .....	104
10	Bibliografi .....	105
	Vedlegg.....	107



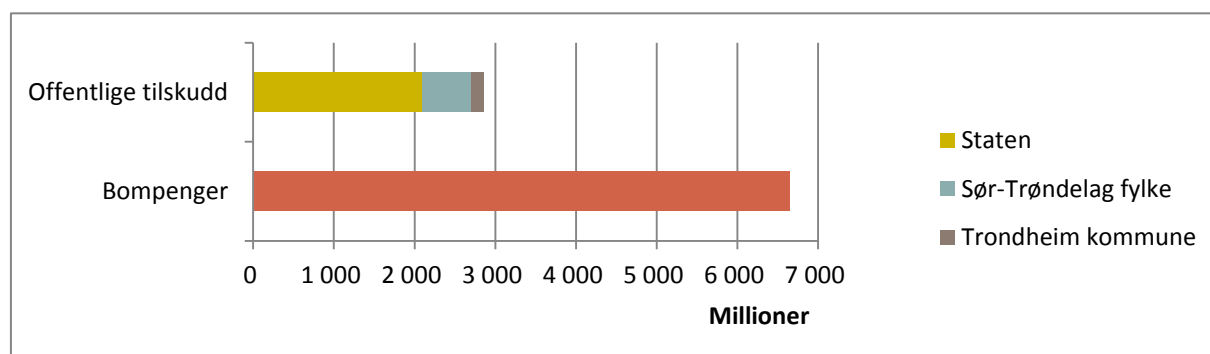
# 1 Innledning

## 1.1 Bakgrunn

Trondheim er en by i rask vekst. De siste 10 årene har folketallet økt med 25.000 til 176.000. Prognoser viser at denne veksten vil fortsette i årene som kommer, med 50.000 nye innbyggere frem til 2032 (Trondheim kommune, 2012). Dette stiller store krav til et fremtidig transportnett for å unngå kø og kaos. Fra politisk hold vedtok derfor Bystyret i Trondheim i 2008 en rekke ambisiøse målsetninger for å «*reduere CO2 utslippene, begrense biltrafikken og forbedre tilbudet for fotgjenger, syklist og kollektivtrafikanter*» (Bystyret, Trondheim kommune, 2008). Målsetningene er konkretisert gjennom ti etterprøvbare målsetninger, gjengitt i figur 1. Fylkestinget i Sør-Trøndelag støttet opp om planen i 2009, og i St.prp. nr. 85 2009 sluttet Stortinget seg til tiltakene, som nå var døpt «Miljøpakke for transport i Trondheim», bedre kjent som Miljøpakken.

Figur 2 viser at hoveddelen av inntektene skal komme fra trafikantene i form av bompenger. Det var opprinnelig tenkt en lokal drivstoffavgift i tillegg til bompenger, men forslaget manglet støtte fra nabokommunene til Trondheim (Malvikbladet, 2009). For å få fullfinansiert Miljøpakken vedtok derfor Bystyret i 2012 trinn 2 som innebærer at det settes opp ytterligere bomstasjoner i 2014. Alle partiene i Bystyret bortsett fra Fremskrittspartiet og Pensjonistpartiet støttet seg opp om trinn 2 av Miljøpakken (Høyre var imot trinn 1 men støttet opp om trinn 2).

For å oppnå målsetningene er det estimert at 100.000 flere mennesker i og rundt Trondheim må reise miljøvennlig fra 2008 til 2018 (Miljøpakken, 2012a). Det vil kreve betydelige investeringer til bedre gangveger, sykkelveger og kollektivtilbud. Halvparten av pengene i Miljøpakken er satt av til disse formålene.

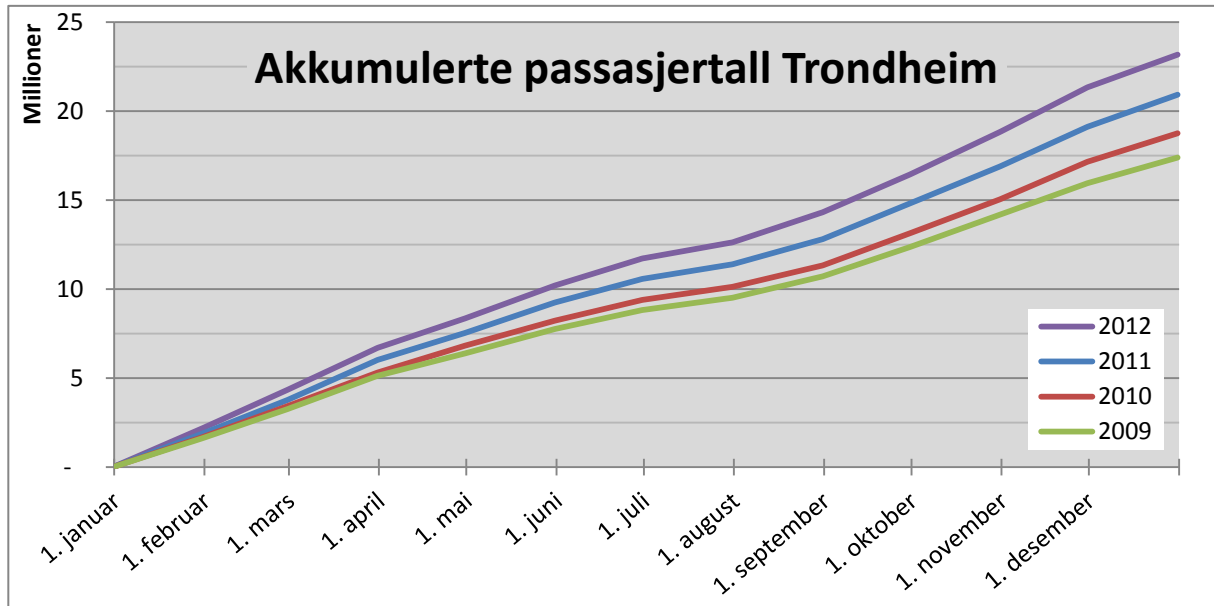


Figur 2: Foreslått fordeling av inntekter i Miljøpakken trinn 2. Kilde: miljøpakken.no

1. CO<sub>2</sub>-utslipp fra transport reduseres med minst 20 % innen 2018
2. Andelen reiser med privatbil reduseres fra 58 % til 50 %
3. Et helhetlig gang- og sykkelvegnett skal på plass
4. Framkommelighet for kollektivtransport bedres
5. Alle nasjonale forskrifter for lokale bymiljø ivaretas
6. Antall personer som plages av trafikkstøy reduseres med 15 %
7. 80 % av nye boliger skal bygges innenfor eksisterende tettstedsstruktur, og 60 % av nye arbeidsintensive arbeidsplasser skal bygges innenfor de sentrale byområder
8. Klimautslipp fra transport i kommunens virksomhet reduseres med 40 %
9. Kommunen skal jobbe for at andre private og offentlige aktører gjennomfører tilsvarende tiltak
10. Antall trafikkulykker reduseres med minst 20 %

Figur 1: Kortversjon av målsetningene i Miljøpakken

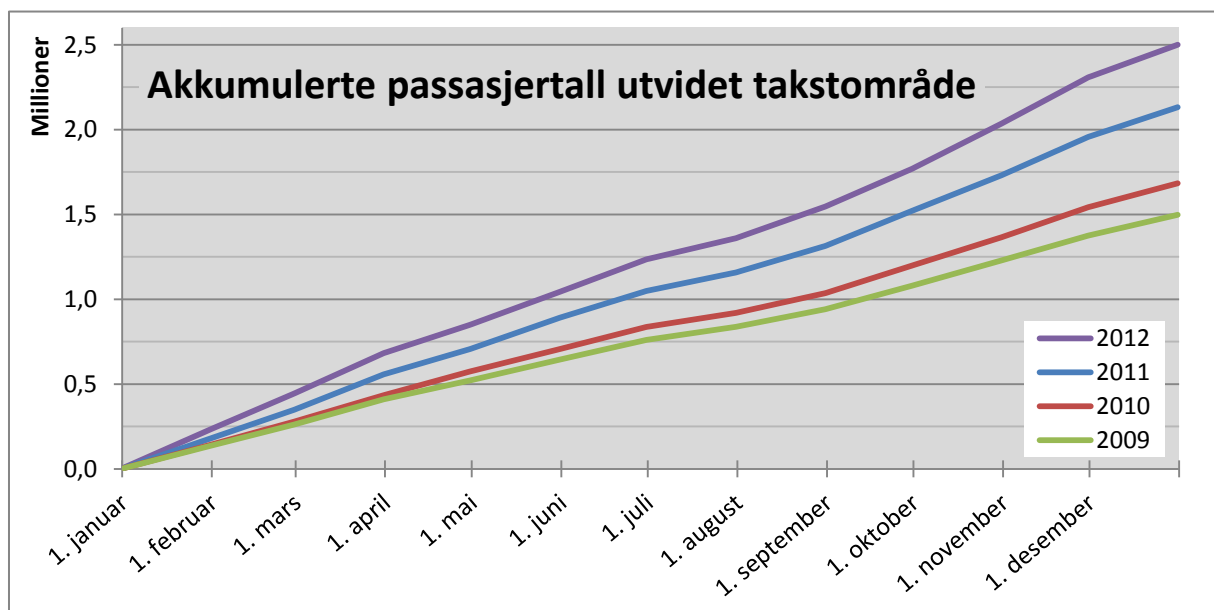
Passasjerutviklingen i Trondheims-regionen viser at man er på god vei til å nå målene. Fra 2008 til 2012 har antall passasjerer på bussene økt med rundt 40 %. Figur 3 viser akkumulerte passasjertall for Trondheim for årene 2009 – 2012.



Figur 3: Passasjerutvikling i Trondheim. Tallene er hentet fra miljøpakken.no

Enda større vekst har det vært på regionbussene fra nabokommunene til Trondheim, som figur 4 viser. Spesielt i 2011 var det en kraftig vekst på 25 % i regionen. Det har trolig sammenheng med at takstområdet til Trondheim ble utvidet til store deler av nabokommunene 1. januar 2011. For enkelte betød det opp til 50 % rimeligere periodekort på bussen.

Andre tiltak som kan forklare veksten i Trondheim og nabokommunene er flere avganger, nye busser, signalprioritering, nye kollektivfelt og redusert biltrafikk. Spørsmålet for de neste årene er om man vil se veksten fortsette av tiltakene som er gjennomført, eller om «gevinsten» er hentet ut og nye tiltak må til for å fortsette den positive utviklingen.



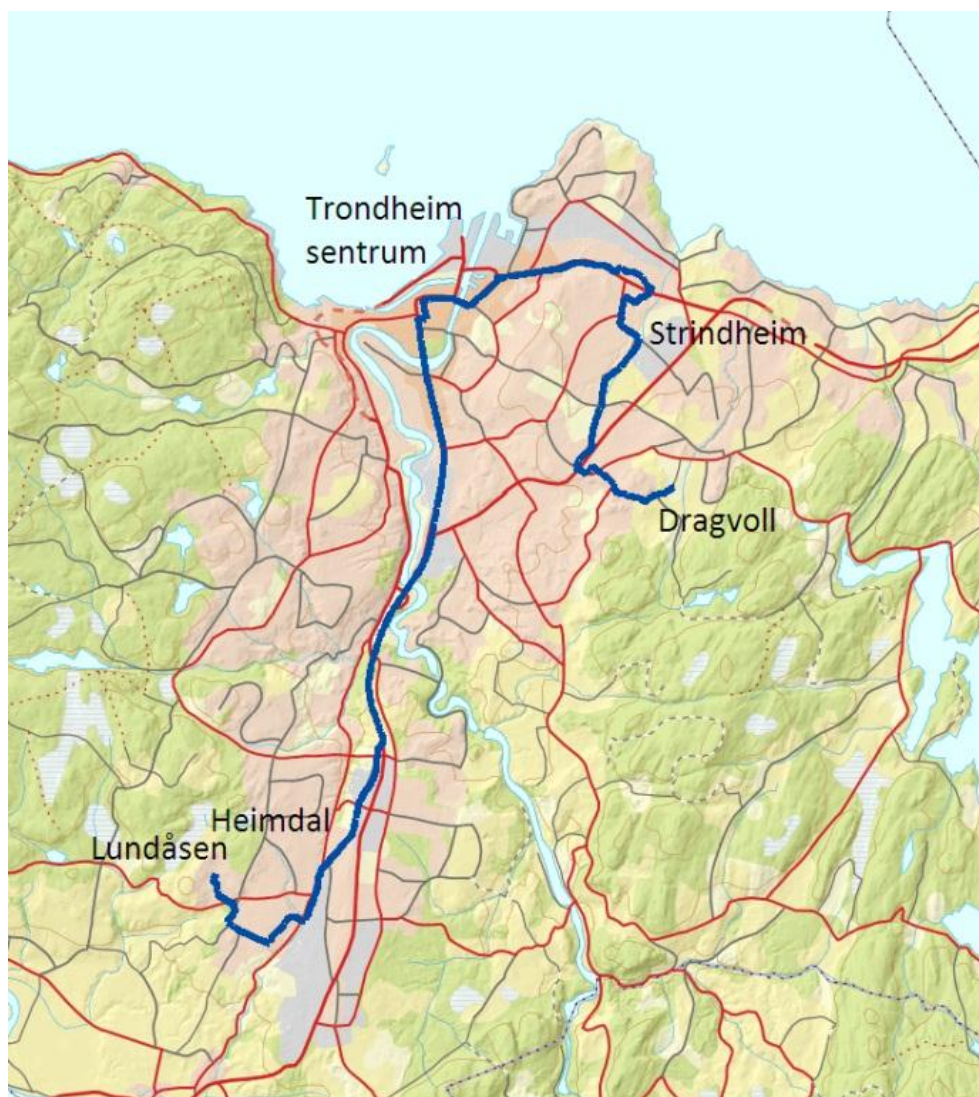
Figur 4: Passasjerutvikling for regionbussene rundt Trondheim. Tallene er hentet fra miljøpakken.no

## 1.2 Oppgavens formål, omfang og avgrensninger

Formålet med oppgaven er å tidfeste de ulike reisetidskomponentene til en bussrute i by. Dette eksemplifiseres gjennom rute 9 i Trondheim, en av de større stambussrutene i byen. Det er en pendelrute som går fra NTNU sin campus på Dragvoll via sentrum til Kattem og Lundåsen på Heimdal, se figur 5. Reisetiden registreres manuelt med videokamera i bussen på strekningen Lundåsen – Sentrum. Målingene gjort her sammenliknes med registrerte data fra sanntidssystemet. Målsetningen er å se om rapportene fra sanntidssystemet kan brukes til å tidfeste de ulike reisetidskomponentene. Eventuelle svakheter skal diskuteres, og det skal komme med forslag til forbedringer.

Opgaven kommer også med forslag på tiltak som kan bedre fremkommeligheten på rute 9 basert på analyser som er gjort av reisetiden. En litteraturstudie skal vise til ulike tiltak for å redusere reisetiden med buss.

For å begrense omfanget av oppgaven er detaljerte analyser av reisetiden kun gjort på strekningen Lundåsen – sentrum i morgenrush. Data fra sanntidssystemet er benyttet for å vise reisetiden sentrum – Lundåsen i ettermiddagsrush.



Figur 5: Rute 9 i Trondheim blir undersøkt i denne oppgaven. Pendelrute fra Lundåsen via sentrum til Dragvoll

### 1.3 Oppgavens oppbygging

Oppgaven kan deles opp i fire elementer:

- en litteraturstudie om reisetidskomponenter og erfaringer med kollektivtiltak
- beskrivelse og gjennomgang av sanntidssystemet i Trondheim
- analyse av reisetidskomponenter på rute 9
- beskrivelse av mulige tiltak på nevnte bussrute

Litteraturstudien er beskrevet i kapittel 2 og 3. I kapittel 2 vises det til undersøkelser gjort på hvordan passasjerer verdsetter tiden sin på kollektivreiser. Ulike former for forsinkelse på en bussreise er beskrevet. Det vises til eksempler fra København på stadig økende forsinkelser for bussen og en undersøkelse der som er gjort på reisetidskomponenter for en bussreise. I kapittel 3 vises det til en rekke tiltak som kan brukes for å bedre fremkommeligheten for bussene. Tiltakene er delt inn i tiltak på holdeplass, i kryss, på strekning og indirekte tiltak.

I kapittel 4 beskrives kollektivtiltak som er gjennomført i Trondheim, inkludert sanntidssystemet med signalprioritering. Det er også en gjennomgang av rutestrukturen i Trondheim, med spesielt fokus på rute 9.

Analyse av reisetidskomponenter er delt opp i tre kapitler. I kapittel 5 beskrives metodikken for å hente inn data til gjennomføringen. Kapittel 6 tar for seg selve innsamlingen av data, mens dataen blir analysert i kapittel 7. Til slutt i kapittel 7 diskuteres funnene som er gjort, og forslag til forbedringer i sanntidssystemet.

Forslag til tiltak langs rute 9 presenteres i kapittel 8. Tidsgevinsten av disse er forsøkt kvantifisert, og sett opp mot målsetningene som ligger i Miljøpakken.

Oppgaven oppsummeres og det konkluderes i kapittel 9.

## 2 Bakgrunns litteratur

Dette kapitlet tar for seg litteratur som er skrevet om hvordan passasjerer verdsetter ulike aspekt ved en bussreise. Ulike typer forsinkelser blir beskrevet, og det blir vist eksempler på reisetidsfordeling på en bussrute. Litteraturen er hovedsakelig hentet inn fra Skandinavia, men det vises også til tiltak som ikke er utbredt her.

### 2.1 Reisetidskomponenter

Reisetiden er viktig for trafikantene, og betyr mye for valg av reisemiddel. For å få til en høy kollektivandel er det derfor viktig at reisetiden på en kollektivreise ikke blir for høy sammenlignet med privatbil. Blir reisetiden med kollektive transportmidler over dobbelt så lang vil de fleste som har mulighet å benytte seg av bil gjøre det. Ligger forholdet derimot under 1,7 blir kollektivtrafikk et reelt alternativ for langt flere (Strømmen, 2010). For å få til det i tettbebygde strøk er det som regel nødvendig å gjennomføre tiltak som bedrer fremkommeligheten for kollektivtrafikken.

En bussreise består av flere deler for å komme fra A til B: gange til og fra holdeplassen, ventetid på holdeplassen, selve reisetiden på bussen og eventuelt ventetid ved overgang. Det er gjort flere undersøkelser som viser at kollektivreisende opplever ulike belastninger på de forskjellige delene av reisen. Nordheim og Siedler har i 2012 sammenstilt en rekke undersøkelser gjort på området. Funnene er gjengitt i tabell 1. Tabellen viser kollektivtrafikantenes vektlegging av gangtid, ventetid og byttetid i forhold til reisetiden på selve transportmidlet. I de fleste undersøkelsene vurderes disse komponentene som mer belastende enn selve reisetiden på transportmidlet. Det kan forklares ved at man gjerne kan sitte og slappe av på bussen, mens gangtiden og byttetiden kan være mer stressende og belastende. En vektning av byttetid til over 2 betyr for eksempel at passasjerer foretrekker en reise som er 20 minutter lengre fremfor å vente 10 minutter på å bytte til en ekspressbuss.

På 90-tallet viste studiene at gangtiden var vektlagt mellom 2 og 3 ganger så høyt som selve reisetiden på transportmidlet. I nyere studier ser det imidlertid ut til at gangtiden oppleves mindre belastende enn tidligere. En studie fra Tønsberg viser til og med at gangtiden vektlegges lavere enn selve reisetiden på transportmidlet.

**Tabell 1: Kollektivtrafikantenes vektlegging av gangtid, skjult ventetid og byttetid i forhold til reisetiden på transportmidlet. Resultater fra flere norske undersøkelser, gjengitt av Nordheim m fl (2012)**

	Gangtid	Skjult ventetid	Byttetid <sup>1</sup>
Oslo 2003	1,3	1,3	2,4
Akershus 2003	1,0	1,2	2,1
Tønsberg	0,6	1,4	4,2
Den norske tidsverdistudien	1,0	Trinnvise	-
Oslo 2010	1,2	1,9	2,4
Akershus 2010	1,0	1,3	1,7
Den svenske tidsverdistudien	1,0	Trinnvise	-
Internasjonale studier	1,7 <sup>2</sup>	1,76	-

<sup>1</sup> Tiden som går med til selve bytte av transportmiddel, ikke ulempen ved å bytte i seg selv

<sup>2</sup> Verdsetting av gangtid både til bil og kollektivtransport

## 2.2 Forsinkelse

Forsinkelse er den ekstra reisetiden det brukes på en tur i forhold til en tur uten restriksjoner. For en bussreise vil det normalt være langt flere forsinkelser enn ved en bilreise. Forsinkelser som er både for buss- og bilreiser (Kjønigsen, 1996):

- Geometrisk forsinkelse:** Utformingen av kryss eller kurver kan innebære at det må holdes lavere hastighet på vegstrekningen både før og etter kysset / kurven. Busser må normalt holde enda lavere hastighet enn biler for å oppnå en behagelig reise.
- Forsinkelse på grunn av reguleringsform:** Det er forsinkelse på grunn av ulike trafikkreguleringer. De viktigste er fartsgrense, vikepliktsregulering og signalregulering.
- Trafikkavhengig forsinkelse:** Den trafikkavhengige forsinkelsen er tidstapet den enkelte trafikant får på grunn av annen trafikk. Det kan være på grunn av kø eller at det må vikes for forkjørsberettiget trafikk.
- Forsinkelse i kryss:** Forsinkelse i kryss er en sammensetting av de tre nevnte forsinkelsene.

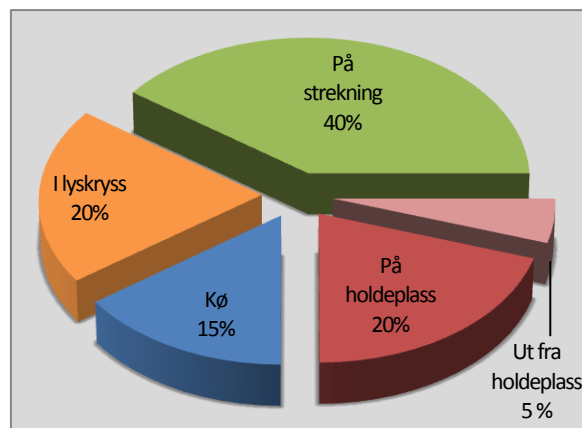
For bussreiser kommer følgende forsinkelser i tillegg:

- Ekstra reiselengde:** En bussrute vil ofte ikke ta korteste vei mellom A og B men har en trasé som skal innom flere steder på veien for å fange opp flest passasjerer.
- Forsinkelse på holdeplass:** For hver holdeplass bussen stopper på går det med ekstra tid til retardasjon, akselerasjon samt stopptid på holdeplassen til av- og påstiging.
- Kjøretøyavhengig forsinkelse:** Ulike begrensninger i kjøretøyet: begrenset effekt fra motoren kan gi lavere hastigheter i stigninger enn annen trafikk. De fleste nye busser har også elektronikk som hindrer bussen fra å være i bevegelse mens dørene åpnes og lukkes. Selve åpne- og lukkemekanismen varierer stort mellom ulike busser både utforming og hastighet.
- «Skjult ventetid»:** Blir brukt som et begrep for den tiden som går med til å vente på neste avgang med bussen. Det betyr ikke at man nødvendigvis står på holdeplassen og venter, men at reisen må utsettes til neste avgang. Skjult ventetid beregnes til en faktor av intervallet mellom hver avgang. Nordheim definerer skjult ventetid til halvparten av intervallet mellom hver avgang. Går det f.eks. to busser i timen regnes den skjulte ventetiden til 15 minutter. Andre faktorer brukes også (Samferdselsdepartementet, 2005), for eksempel på ferje-, fly- og jernbanereiser hvor det er vanlig å skille mellom næringstransport (høyest faktor), arbeidsreiser og fritidsreiser (lavest faktor).



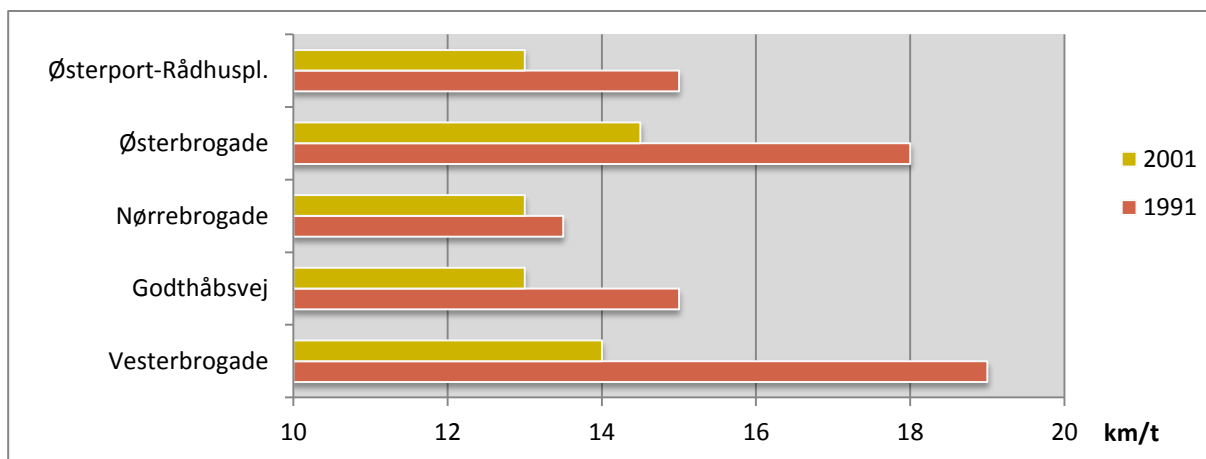
### 2.3 Økende trengsel og forsinkelser for bussen

I det meste av norsk litteratur<sup>3</sup> om reisetidsfordeling på buss er det referert til en dansk undersøkelse fra København (HUR, 2001). Den er gjennomført i rushtiden i sentrale strøk av København i 2001. Bakgrunnen for undersøkelsen var en langvarig trend siden 90-tallet med stadig synkende reisehastighet og reduserte markedsandeler for bussen. Figur 6 viser at bare 40 % av tiden om bord i bussen gikk med til å kjøre strekningen. Resten gikk bort i ulike former for forsinkelser.



Figur 6: Tall fra reisetidsfordeling på buss i København

Figur 7 viser reisehastighet i ulike gater i sentrale strøk av København i morgenrushet. Fra 1991 til 2001 har gjennomsnittshastigheten her gått fra 16 til 13,5 km/t. Det er total reisetid med alle stopp inkludert.



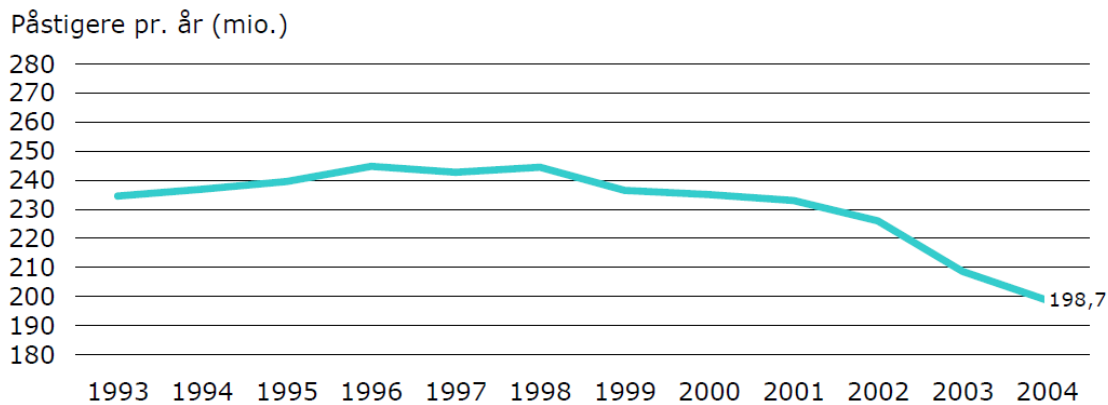
Figur 7: Gjennomsnittshastighet for bussen i morgenrush i utvalgte gater i København. Hastigheten gikk ned i alle gatene på 90-tallet. Kilde: HUR 2001

Undersøkelsen i København viser til stadig større trengsel på vegene – hvor økt biltrafikk var det som skapte størst problemer. Men også etablering av sykkelveger og gågater var med på å øke presset på resten av vegnettet, hvor bussen ble stående stadig mer i kø sammen med biltrafikken.

#### Ut av den «onde sirkel»

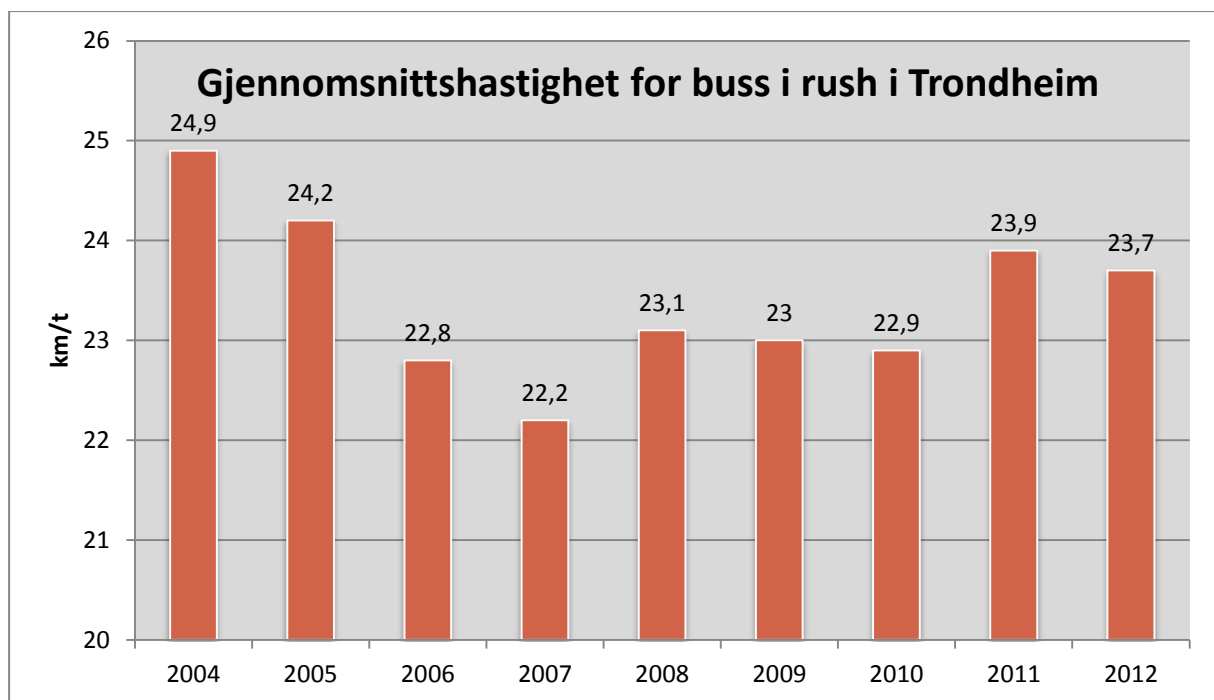
I København fortsatte negativ utvikling med stadig synkende reisehastighet og færre reisende utover 2000-tallet (HUR, 2006). Både økende billettpriser og en generell velstandsøkning i Danmark på 90-tallet med høyere biltetthet ble pekt på som årsaker til en «ond sirkel». Figur 8 viser at antall bussreisende var rett under 250 millioner årlig midt på 90-tallet. Før t-banen åpnet i 2002 hadde 10 % av passasjerene forsvunnet, og ytterligere 10 % forsvant innen to år etter åpningen. Det ble derfor sett på som nødvendig å ta en rekke grep for å snu utviklingen og skape en positiv sirkel. En lang rekke tiltak ble derfor gjennomført for å bedre fremkommeligheten for bussene, blant annet kollektivfelt og bussprioritering i kryss.

<sup>3</sup> For eksempel Statens vegvesen sine håndbøker og rapporter, samt alle utredninger gjort i regi av Miljøpakken i Trondheim hvor reisetidsfordeling er nevnt.



Figur 8: Passasjertall bussreisende København. Nedgangen etter 2002 skyldes delvis åpning av t-banen. HUR 2006

Mange av de samme tiltakene som ble gjennomført i København gjennomføres nå også i Trondheim og flere andre norske byer. Figur 9 viser måling av reisehastighet for bussen i rushtid i Trondheim. Frem til 2007 ser man samme utvikling som i København – jevnt synkende hastighet for bussen (Simonsen, 2012). Hastigheten gikk jevnt ned fra 24,9 km/t i 2004 til 22,2 km/t i 2007. Trenden snudde i 2008 da man innførte 5 kilometer nye kollektivfelt. I 2011 var det en ytterligere vekst etter innføring av aktiv signalprioritering i flere kryss. Hastigheten var nå tilbake på 2005-nivå, selv om biltrafikken på vegene har økt og det er langt flere busspassasjerer.



Figur 9: Utvikling i gjennomsnittlig reisehastighet på utvalgte stambussruter i Trondheim. Snitt av morgen- og ettermiddagsrush. Kilde: Statens vegvesen

### 3 Tiltak for å redusere reisetid med buss

Reduksjon i reisetiden er noe passasjerene setter pris på – 10 % reduksjon i reisetid kan gi 4 til 6 % flere reisende (Norheim & Siedler, 2012). De senere årene er det gjort en rekke undersøkelser på reisetiden med kollektivtransport i de største byene i Norge. I en Prosam<sup>4</sup>-rapport for 2010 står det at «Det er bred enighet om at fremkommelighetstiltak for kollektivtrafikken er samfunnsøkonomisk lønnsomt og gir besparelser på drift av kollektivtransporten i de største byene i Norge» (Kjørstad & Arnesen, 2010). Rapporten hevder imidlertid at mye av gevinsten man får av tiltakene er i liten grad dokumentert. Det er i dag hovedsakelig fokus på reduksjon av reisetid man evaluerer ved tiltak, fordi denne faktoren er forholdsvis enkel å måle. Men i tillegg til den faktiske reisetiden man sparer inn fører fremkommelighetstiltak ofte til flere positive effekter, for eksempel økt punktlighet. Det i seg selv er noe passasjerene også verdsetter høyt. For trafikksekselskapene vil økt regularitet og fremkommelighet gjøre at materiellet kan utnyttes bedre ved å stramme inn på tidene i rutetabellen. Det er beregnet at 20 prosent økt hastighet i rushtiden kan gi fem prosent reduserte kostnader for kollektivtransporten (Nordheim, 2005).

Nedenfor presenteres forskjellige fremkommelighetstiltak og eksempler på bruk av disse i Norden. Det er også eksempler på tiltak som ikke er vanlige her. Tiltakene er valgt delt inn i fire kategorier, vist i tabell 2.

Tabell 2: Oversikt over fremkommelighetstiltak for buss

<b>Holdeplasstiltak:</b>	Samlokalisering av holdeplasser
	Utforming av holdeplass
	Høystandard holdeplass
	Raskere billettering
<b>Tiltak på strekning:</b>	Kollektiv- og sambruksfelt
	Kollektivgater/veger
	Adkomstregulering
	Forkjøringsregulering
<b>Tiltak i kryss:</b>	Signalprioritering i lyskryss
	Påbudt kjøreretning som ikke gjelder for buss
	Busstrasé gjennom sentraløy i rundkjøring
	Kø- og tilfartsregulering
<b>Indirekte tiltak:</b>	Vegprising
	Parkeringsrestriksjoner
	Bilfrie soner
	Sanntidsdata

<sup>4</sup> PROSAM er et samarbeidsutvalg bestående av blant annet Statens vegvesen, Jernbaneverket, Oslo kommune og kollektivtrafikksekselskaper i Oslo-området.

### 3.1 Holdeplasstiltak

Tall fra København (HUR, 2001) og Oslo (Presterud, 2011) viser at ca. 20 % av reisetiden går med til opphold på holdeplassene. Ytterligere noe tid går med til inn- og utkjøring fra holdeplass. Registreringer gjort av SINTEF i Trondheim (Rødseth & Bang, 2006) deler holdeplasstiden inn i to primærkomponenter:

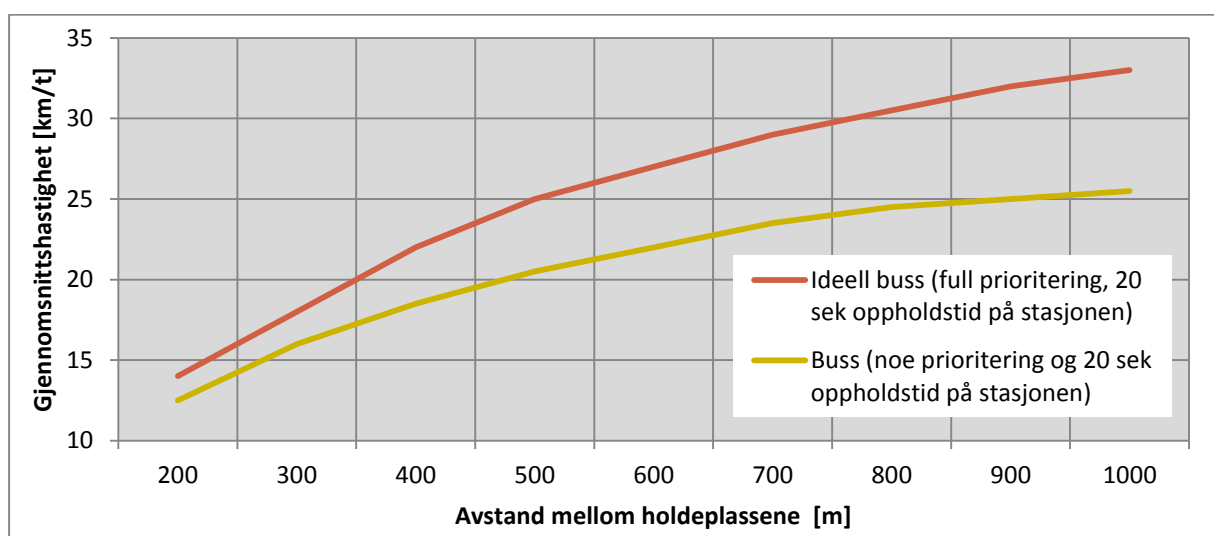
- En fast tid for åpning og lukking av dørene, samt å gjøre klar for ekspedering mv
- En variabel del som må forventes å øke lineært med antall påstigende

Den faste tiden ble registrert til 6 sekunder i snitt for bybusser. Hvis man tar med tiden som trengs til retardasjon og akselerasjon av bussen fører hver stopp til 20 sekunders forsinkelse<sup>5</sup>. I tillegg kommer selve tiden til av- og påstigning. Følgende fire tiltak på holdeplass er beskrevet:

- Samlokalisering av holdeplasser – redusere antall stopp for bussen
- Utforming av holdeplass – redusere tiden bussen trenger til stopp og start på holdeplass
- Høystandard holdeplass – gjøre det enklere og raskere for passasjerer å gå av og på bussen
- Effektiv billettering – redusere tiden til påstigning av passasjerer

#### Samlokalisering av holdeplasser

Den mest effektive metoden for å redusere tiden brukt på holdeplasser er å ha færre holdeplasser å stoppe på. Problemet med dette er at passasjerene får lengre avstander å gå til og fra bussen. For å finne den optimale holdeplassavstanden må man derfor finne den minste summen av gangtid og reisetid på bussen. Denne ligger omtrent på 500 til 700 meter for en bussrute i by (Siedler & Ruud, 2012). Figur 10 viser at ved å gå under 500 meter i avstand mellom holdeplassene synker gjennomsnittshastigheten betydelig. Over 700 meter i avstand mellom holdeplassene vil føre til at mange områder vil få forholdsvis lang gangavstand til bussholdeplassen. I kapittel 2.1 antydes det imidlertid at passasjerene er mer villig til å gå lengre nå enn for 10 – 20 år siden, hvis det kan bety kortere reisetid. Ved endring av holdeplasstrukturen bør man derfor vurdere om det er mulig å oppnå opp mot 700 meter i holdeplassavstand om man ønsker høy gjennomsnittshastighet.



Figur 10: Sammenheng mellom holdeplassavstand og gjennomsnittshastighet. Fremstillingen er basert på

<sup>5</sup> Gitt at bussen holder 50 km/t og akselererer 1 m/s<sup>2</sup>



**Bilde 1: Bybanen i Bergen åpnet i 2010. God prioritering og holdeplassavstand på 720 meter i snitt gir god reisehastighet. Bybanen vant Vakre Vegers Pris i 2012. Foto: Bybanen utbygging**

Ved utredning av Bybane i Bergen ble holdeplassavstanden sett på som «nøkkelen» til å oppnå den planlagte gjennomsnittshastigheten på 29 km/t (Lyshaug, 2005). Kritikerne hevdet at trikkebyer normalt opererer med 11 – 20 km/t som gjennomsnittshastighet, og at det derfor var urealistisk med en så høy hastighet som man så for seg i Bergen. Bybanekontoret i Bergen mente derimot de hadde regnet riktig og hevdet det var «enkel matematikk» når man tok høyde for en gjennomsnittlig holdeplassavstand på 720 meter, 45 sekunder forsinkelse per holdeplass og full prioritering. Figur 10 estimerer også 29 km/t for en bussrute med tilsvarende forhold. Bybanen ble åpnet i 2010 og har en rutetid på 23 minutter på den 9,8 kilometer lange strekningen. For å oppnå målsetningen om 29 km/t må reisetiden ned i 21 minutter.

### Utforming av holdeplass

I Norge er busslomme den vanligste typen holdeplass i sentrale strøk. Ofte er ikke denne utformingen en god løsning om man skal prioritere fremkommelighet for bussen og passasjerene. Det er en rekke ulemper knyttet til busslommer:

- Arealknapphet gjør at plass til busslommen går ut over fortau / holdeplassområde
- Større busser og mer busstrafikk gjør mange av dagens busslommer for små
- Lavgulvsbusser kombinert med høy kantstein på holdeplassen øker risikoen for at bussen får skader ved å slå ned i kantsteinen ved stopp. Krever lav hastighet inn til busstoppet
- Busslommer er krevende å drifte om vinteren, er oftere glatte og har mer snø enn vegbanen
- Busslommer oppfordrer resten av trafikken til å kjøre forbi, slik at bussen havner «bakerst» i køen etter hvert stopp



**Bilde 2: Busslomme på en oversiktlig veg i Trondheim med lite trafikk. Blir lite plass igjen til fortau og fotgjengere, spesielt ved leskuret. For bedre prioritering av gående og busser burde holdeplassen vært utformet som kantsteinsstopp**

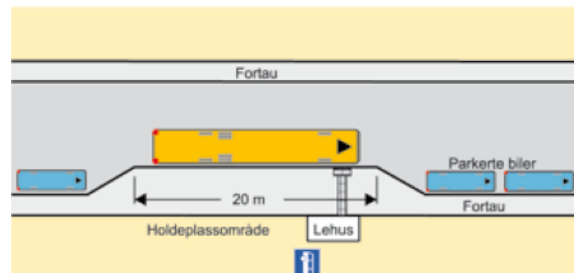


**Bilde 3:** Til venstre: Busslomme i Trondheim som oppfordrer biler til å kjøre forbi rett ved gangfelt  
Til høyre: I Trondheim er de fleste busslommene for korte for leddbussene

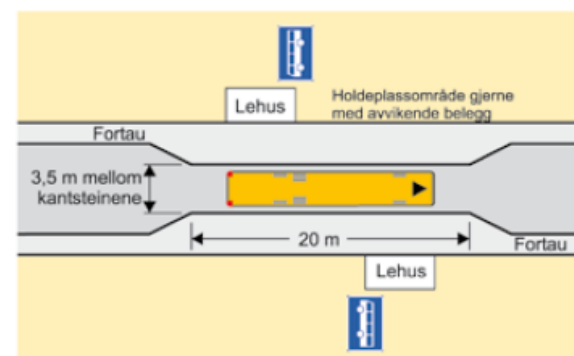
Statens vegvesen anbefaler derfor kun busslomme på steder med høyt fartsnivå (60 km/t eller mer), mye biltrafikk (over 12.000 ÅDT med to kjørefelt) eller veldig mye busstrafikk (Statens vegvesen, 2009). Normal utforming i by er kantsteinsstopp. Den gir best komfort for passasjerene siden bussen ikke beveger seg sidelengs ved stopp. Tiden til inn- og utkjøring er noe raskere enn ved busslomme. Er det mye trafikk i begge retninger vil bussen fungere som «tilfartskontroll» ved å holde igjen all trafikk bak mens den står ved kantsteinsstopp. Tiden brukt på holdeplassen kan derfor hentes inn igjen etterpå ved å kjøre inn luken i trafikken som kom mens bussen sto stille.

Varianter av kantsteinsstopp er utlagt holdeplass (bryggeløsning, figur 11) og timeglassholdeplass (figur 12). Bryggeløsning brukes i gater med langsgående parkering. I stedet for et lengre brudd i parkeringsrekken hvor bussen må svinge inn til fortauet, stopper bussen i kjørebanelen og holdeplassen bygges ut. Løsningen krever kortere brudd i parkeringsrekken og gir bedre plass til ventende passasjerer. Den gjør også at bussen sperrer et kjørefelt, men det vil fremdeles være mulig for annen trafikk å kjøre forbi ved å legge seg i motsatt kjørefelt.

Ønsker man fysisk å hindre trafikk å passere bussen, for eksempel ut fra trafiksikkerhetshensyn, kan man bygge ut fortauet på begge sider. Holdeplassen kan da brukes i begge retninger. Siden denne løsningen stopper trafikk i begge retninger bør den ikke brukes der trafikkmengden er over 3.000 – 4.000 i ÅDT.



**Figur 11:** Holdeplass som bryggeløsning er godt egnet hvor det er langsgående parkering. Figur fra Statens vegvesen Hb232



**Figur 12:** Timeglassholdeplass holder tilbake trafikken mens det er buss på holdeplassen. Figur fra Statens vegvesen Hb232

### Høystandard holdeplasser

Valg av type holdeplass – busslomme eller kantsteinsstopp – er ikke den eneste avgjørende faktoren ved holdeplassen. Også standarden på holdeplassen vil påvirke tidsbruken, men kanskje viktigst vil en holdeplass med høy standard være mer tilgjengelig for alle personer.

Det finnes ingen entydig definisjon av hva som er høystandard holdeplass, men en minimumsløsning syns å være høy plattform med leskur eller infostolpe (Naper, et al., 2008). Figur 13 viser andre elementer som kan inngå i en høystandard holdeplass.

Undersøkelsen Naper gjorde i Oslo i 2008 fant ingen klar sammenheng mellom tidsbruk på holdeplasser med lav og høy plattform, selv ikke i tilfeller hvor det har vært bevegelsehemmede som skal av og på. Muligheten for av- og påstigning ved alle dørene hadde derimot stor betydning for holdeplasstiden.

En nyere undersøkelse om universell utforming av høystandard holdeplasser viser derimot at samfunnsøkonomien er svært god ved slike oppgraderinger (Aarhaug & Elvebakk, 2012). Evaluering av tiltak som er gjort gjennom tilskuddsordningen for bedre tilgjengelighet i kollektivtrafikken viser en netto nytte per budsjettkrone på 2,8 – 5,1 i de ulike byene som er undersøkt. Størst nytte kommer av flere reisende og bedre tilgjengelighet for funksjonshemmede. Men sjåførene opplever også at holdeplassoppholdet går raskere etter at holdeplassene er oppgradert.

Elementer som kan inngå i en høystandard holdeplass:

- Lokalisering ved rett fortau
- Høy plattform
- Leskur og/eller stolpe
- Benk til å sitte på
- Tilstrekkelig areal
- Ledelinjer
- Sanntidsinformasjon
- Infotavle
- God belysning
- God fargebruk og utforming
- God synlighet i gatebildet

Figur 13: Kilde: (Naper et al., 2008)



Bilde 4: Eksempel på holdeplass i Trondheim. Her er det benyttet Kassel kantstein med avrundet profil mot busshjulet. Gjør det mulig å legge bussen helt inntil plattformen uten å skade hjulet.

I Trondheim oppgraderes ca. 40 holdeplasser årlig gjennom tilskuddsordningen og Miljøpakken. Tiltakene består av justering av kantstein (18 cm høyde), bredde og fallforhold på holdeplassen, materialbruk og taktil merking. De fleste holdeplassene får også leskur med benk, mens ca. 100 holdeplasser får sanntidsinformasjon om bussankomster.

### Raskere billettering

Effektiv billettering er avgjørende for å redusere oppholdstiden på holdeplassen, spesielt på bussruter med mye trafikk. I Norge har man sett på muligheten for elektronisk billettering siden slutten av 80-tallet. I Rogaland og Vest-Agder tok man i bruk smartkort på begynnelsen av 90-tallet, se bilde 5. Løsningen krevde at hver passasjer måtte føre kortet gjennom en kortleser for å registreres, men var kjent og utprøvd teknologi fra Australia som var rimelig å implementere.

I Oslo og Akershus ønsket man i 1989 å utvikle berøringsfri kortteknologi, som første by i verden (Stenseng, 2008). Planen var å ta det i bruk i 1992, men i 1999 var det fremdeles ikke operativt og prosjektet ble skrinlagt. I 2001 startet man opp på ny, men stadige problemer førte til at full drift ikke kom før i 2010. Totalt hadde man da brukt 600 millioner<sup>6</sup>. I de fleste fylkene i Norge, samt flere steder i Norden har man etter hvert tatt i bruk samme teknologi. I Trondheim tok elektronisk billettering over i 2009. Frem til da ble det fremdeles benyttet mekanisk billetteringsutstyr i enkelte busser (bilde 6).

For å gjøre billetteringen enda raskere kan det plasseres kortleser også ved midtdøren i bussen. Passasjerer med elektronisk billett kan da gå om bord også her. Hvis passasjerene fordeler seg jevnt vil det være mulig å oppnå halvering av holdeplasztiden.

For å redusere salget av kontantbilletter om bord i bussen er det mulig å prise denne høyere enn en forhåndskjøpt billett. Forhåndssalg kan skje i kiosker, på automater eller via mobiltelefonen. I Trondheim ble prisen på enkeltbillett kjøpt på bussen satt opp til 40 kr i april 2012. Forhåndskjøpte billetter beholdt sin gamle pris og ga nå 17,5 – 25 % rabatt. Mange har valgt å gå over til å betale via mobiltelefon med AtB sin «mobillett», se bilde 7.



Bilde 5: Elektronisk billettering brukt flere steder på 90-tallet. Krever at kunden fører kortet gjennom en kortleser.



Bilde 6: Mekanisk billetteringsutstyr fra 60-tallet. Ble brukt i enkelte busser i Trondheim frem til 2009 da t:kortet tok over.



Bilde 7: AtB sin "mobillett". Gjør det mulig å kjøpe billett via mobiltelefonen. Passerte 1 million solgte billetter etter 10 måneder. Bilde: AtB

<sup>6</sup> Til sammenlikning kostet smartkortløsningen i Rogaland 16 millioner i 1994



### 3.2 Tiltak på strekning

Tiltak på strekning vil ofte være det mest effektive hvis bussene må kjøre på veger med høy trafikkbelastning. Trafikkavviklingen på slike veger kan være svært varierende og variere mellom fin flyt og saktegående kø. Det gir store utfordringer for kollektivtrafikk som har faste rutetider å forholde seg til. Tiltakene som er beskrevet under angriper problemet enten ved å gi kollektivtrafikken egne kjørefelt / veger eller ved å sette begrensninger på biltrafikken.

#### Kollektiv- og sambruksfelt

Den beste prioriteringen for buss på en strekning hvor det også skal gå annen trafikk er å reservere et kjørefelt for busstrafikk. I Norge er det tre ulike skilt som kan brukes, vist i figur 14. Forskjellen mellom de tre skiltene er hvilke andre kjøretøy enn buss som også har lov å kjøre der. I tabell 3 er det vist hvilke kjøretøygrupper som har lov å kjøre i de ulike feltene.

Fra 2005 fikk el-biler også lov til å kjøre i kollektivfelt i Norge, som et intensiv for å øke salget av el-biler. Den voldsomme veksten av el-biler de siste årene fører imidlertid til at kollektivfeltene også er i ferd med å bli fylt opp av trafikk. Spesielt E18 inn til Oslo er det en stor andel el-biler i rushtiden (Halvorsen & Rosa, 2012). I Klimaforliket<sup>7</sup> er det sagt at el-biler er sikret bruk av kollektivfelt frem til 2017 (eller når det er registrert 50.000 el-biler i Norge).

I Norge benyttes kollektivfelt på innfartsvegene til de fleste større byene. Løsningen er anbefalt av Statens vegvesen hvis bussen blir forsinket mer enn 2 minutter per kilometer, eller 1 min per kilometer ved mye busstrafikk. Normalt vil det være tilfellet ved ÅDT over 8.000. Kollektivfelt er også utbredt i andre land.



Figur 14: De ulike skiltene i Norge som angir at et kjørefelt er reservert for busser og andre bestemte kjøretøygrupper

Tabell 3: Oversikt over hvilke kjøretøygrupper som kan kjøre i forskjellige kollektiv- og sambruksfelt

	Kollektivfelt for buss	Kollektivfelt for buss og taxi	Sambruksfelt 2+	Sambruksfelt 3+
Buss	Ja	Ja	Ja	Ja
Taxi	Nei	Ja	Ja	Ja
Lastebil	Nei	Nei	Nei	Nei
Personbil	Nei	Nei	Nei	Nei
Bil med 2 personer	Nei	Nei	Ja	Nei
Bil med 3 eller flere personer	Nei	Nei	Ja	Ja
Elektrisk bil	Ja	Ja	Ja	Ja
Hydrogenbil	Ja	Ja	Ja	Ja
MC / Moped	Ja	Ja	Ja	Ja
Sykkel	Ja	Ja	Ja	Ja
Uniformert utrykningskjøretøy	Ja	Ja	Ja	Ja

<sup>7</sup> Stortingsmelding 21 2011-2012

### Kollektivgate/veg

Egen trasé for buss er den mest effektive metoden for å sikre god tilgjengelighet og regularitet for kollektivreisende i et område. Det kan etableres ved å bygge nye veger, gater eller underganger som er forbeholdt buss i rute. Bilde 8 viser eksempel på busstunnel fra Trondheim.

Kollektivgater kan også etableres ved å forby vanlig trafikk i eksisterende gater. Et slikt tiltak kan også være positivt for lokalmiljøet ved at trafikken i området reduseres (men kan også være negativt for nabogatene om trafikken overføres dit). Gis bussen en kortere og mer direkte trasé enn biltrafikken i området vil tiltaket bedre reisetidsforholdet mellom buss og bil, noe som kan føre til økt kollektivandel og redusert bilbruk.



Bilde 8: Egen undergang for bussen (og gående) i Trondheim. Gir en direkte forbindelse mellom nærings- og boligområde

### Adkomstregulering

Hvis det ikke er ønskelig å stenge en hel strekning for biltrafikk kan det fysisk stenges ved et punkt. Da unngår man uønsket gjennomgangstrafikk, men opprettholder muligheten for adkomst til boliger for eksempel. Tiltaket kan også være aktuelt i bussgater hvor skilting ikke respekteres. Det kan for eksempel være hvis omkjøringen tar lang tid eller er avgiftsbelagt.

I Norge er det vanligst å stenge med fjernstyrt bom eller bussluse. For at busslusen skal ha effekt hele året må den være utstyrt med varmekabler og drenering for å unngå at den blir fylt med snø om vinteren. Økningen av andelen SUV med høy bakkeklaring og bred sporvidde har imidlertid ført til at stadig flere biler klarer å forsere en bussluse. Bilde 9 viser eksempel på en bussluse fra Tønsberg med en avrundet dump. Enkelte har blitt utformet med en dyp grav som har blitt kritisert for å være trafikkfarlig for tohjulinger. Bussluser har også den ulempen at utrykningskjøretøy ikke har mulighet å passere.



Bilde 9: Bussluse fra Tønsberg. Foto: Teknisk ukeblad

Senkbare pullerter har vært lite i bruk i Norge grunnet utfordringer med snø, is og strøsand. Nye modeller og økende ønske om å gjøre områder bilfrie har imidlertid ført til at de testes ut flere steder. Pullertene kan styres fra fjernkontroll i bussen eller automatiske systemer som gjenkjenner bussen for eksempel utfra høyde eller lengde. Fordelen med senkbare pullerter er at man i større grad kan styre hvem som skal få passere – ofte kan det være aktuelt også å tillate utrykningskjøretøy og varelevering få anledning til å styre pullertene. Bilde 10 viser en ny type pullert som prøves ut i Moss.



Bilde 10: Senkbar pullert tatt i bruk i Moss fra 2010. Bilde: Moss-avis.no

### Forkjøringsregulering

Et rimelig tiltak for å bedre fremkommeligheten for buss er å forkjørregulere busstraséer. I skiltnormalen til Statens vegvesen står det at «viktige kollektivtraséer og veger med sykkelfelt bør som hovedregel være forkjøringsveger».

Tiltaket vil føre til mindre forsinkelser i kryss, særlig hvor det er mye trafikk fra høyre eller dårlig sikt. Bussen kan også holde en jevnere hastighet, som vil gi økt komfort for passasjerene og lavere driftsutgifter.

På veger som fremstår som overordnede til sideveger vil ofte mange ha et kjøremønster som om vegen er forkjøringsregulert – selv om den ikke er det. Bilde 11 viser eksempel på det fra Tunnelvegen i Trondheim, en del av traséen til rute 9. Farlige situasjoner kan da oppstå hvis noen står på sin rett når de kjører ut fra sidevegene. Forkjøringsregulering kan i mange tilfeller derfor også være positivt også for øvrig trafikk.



Bilde 11: Hovedveg i Trondheim langs traséen til rute 9. Ble ikke forkjøringsveg før høsten 2012, selv om de fleste har kjørt som om den har vært det

### 3.3 Tiltak i kryss

Kollektivtrafikk som kjører i tettbebygd strøk kan ende opp med å bruke veldig mye av tiden i kryss hvis det ikke gjennomføres tiltak. Undersøkelser fra København viste at 20 % av reisetiden til busser gikk med til å stå i lyskryss før det ble innført prioritering (HUR, 2001).

Ulike kryssutforminger gir ulik mulighet til å bedre fremkommeligheten for kollektivtrafikken. Best fremkommelighet gis ved å lede kollektivtrafikken helt utenom krysset i en egen veg – men det er plasskrevende og ofte ikke mulig å få gjennomført. Lyskryss med aktiv signalprioritering for kollektivtrafikken kan gi tilnærmet like god fremkommelighet – men da på bekostning av andre trafikanter. Rundkjøringer, som blir en stadig mer utbredt kryssløsning i mange land, er utfordrende å utforme med tanke på prioritet til kollektivtrafikk, men på neste side vises tiltak hvor bussen kjører gjennom sentraløya.

#### Signalprioritering i lyskryss

Målet med signalprioritering i lyskryss er å slippe bussen fortere gjennom krysset enn annen trafikk. Det skilles mellom passiv prioritering og aktiv prioritering.

Passiv signalprioritering er vanlig i lyskryss som har fast omløpstid (tidsstyrte). I slike anlegg kan bussen prioriteres ved for eksempel (Statens vegvesen, 2009):

- fast kollektivfase i hvert omløp
- mer grøntid i kollektivretningene
- kortere omløpstid for å redusere ventetid for kollektivtrafikken
- samkjøring av kryss ("grønn bølge") av hensyn til kollektivtrafikken
- "slusing" av kollektivtrafikk forbi øvrig trafikk i samme retning

Ulempen med slike system er at bussene ikke har innflytelse på signalstyringen. I perioder med få busser kan dermed mye tid gå til spille som ellers kunne vært brukt på andre kjøretøy eller fotgjengere. Kommer det mange busser samtidig derimot er det ikke sikkert alle får blitt med på et omløp.

Aktiv signalprioritering innebærer for eksempel:

- Grønttiden forlenges slik at en buss som nærmer seg krysset får passere
- Andre faser blir kortet ned slik at en ventende buss får raskere grønt
- Rekkefølgen på fasene endres for å ivareta bussen
- Egen fase for bussene

Aktiv signalprioritering krever at bussen gir «beskjed» til signalanlegget om hvor den er og når den ønsker grønt lys. Dette kan gjøres ved utstyr i vegbanen (induktive sløyfer, radar f.eks.) eller ved utstyr i bussen. Ulempen med utstyr i vegbanen er at det kan være vanskelig å skille ut bussen fra annen trafikk. Med utstyr i bussen har signalanlegget oversikt over hvilken buss det er, og at den er i rute. Det er også mulig å sende mer informasjon som hvor mange passasjerer som er om bord og hvor forsinket bussen er, slik at forsinkede busser og busser med mange passasjerer får høyere prioritet.

Aktiv signalprioritering brukes i dag i mange byer i Norge og andre land. Systemet i Trondheim er omtalt i 4.5 Beskrivelse av kollektivtiltak.

### Påbudt kjøreretning som ikke gjelder buss

Hvis det er flere kjørefelt i samme retning inn mot et kryss kan man unngå at begge fylles opp med trafikk som skal rett frem ved å skilte påbudt høyresving i høyre kjørefelt. Busser kan unntas påbudet med et underskilt. Det krever at det er kollektivfelt på andre siden av krysset, som vist på figur 15.



Figur 15: Hvis ikke trafikkstrømmen som skal svinge til høyre er for stor vil denne reguleringen bidra til bedre fremkommelighet for bussen. Illustrasjonen er hentet fra Statens vegvesen HB232

Tiltaket får imidlertid kritikk fra blant annet interesseorganisasjoner for sykkel og el-bil: Kollektivfelt kan også lovlig benyttes av MC, sykkel og el-bil, men disse gruppene får ikke unntak fra påbudsskiltet. Tiltaket kan derfor føre til en del uheldig feltskifte. I Trondheim er det på bakgrunn av dette vedtatt å prøve ut underskiltet «Gjelder ikke lovlig brukere av kollektivfelt» i 2013<sup>8</sup>.

### Buss gjennom sentraløy i rundkjøring

Rundkjøring er blitt en populær krysstypе både i Norge og andre land. Fra kun en håndfull for 30 år siden har vi i dag over 1000 rundkjøringer på norske veier. Fordelene med rundkjøringer er at de regnes for å være spesielt trafikksikre i forhold til andre krysstyper, samtidig som kapasiteten er forholdsvis god.

Det kan imidlertid være vanskelig å legge til rette for at busser får prioritet over annen trafikk i rundkjøringer. Bussen har, som all annen trafikk, vikeplikt på vei inn i rundkjøringen. Er det mye kryssende trafikk i rundkjøringen kan det derfor ta lang tid for bussen å komme seg inn. Flere tiltak kan hjelpe på dette:

- Bussen kan få et eget filterfelt utenom rundkjøringen. Det er imidlertid kun mulig der hvor bussen skal svinge av i første arm
- Kryssende trafikk i rundkjøringen (som oftest trafikk fra venstre arm) kan holdes tilbake ved lysregulering når en buss nærmer seg rundkjøringen. Samme prinsipp som tilfartskontroll som er beskrevet på neste side
- Bussen kjører i midtstilt kollektivfelt inn mot rundkjøringen og kan kjøre rett gjennom sentraløya

I det norske regelverket er det i utgangspunktet ikke anledning for buss å kjøre gjennom sentraløy. Det er imidlertid eksempler fra Oslo hvor trikken kjører rett gjennom sentraløya. Trikken har da vikeplikt på veg inn i rundkjøringen, mens alle andre trafikanter har vikeplikt når trikken forlater sentraløya. Denne løsningen har vist seg å føre til en økning i antall ulykker og regnes som

<sup>8</sup> Er lagt inn i Trondheim kommunes skiltplan for Erling Skakkes gate og blir satt opp i 2013

utilstrekkelig uten ekstra tiltak (Siedler & Ruud, 2012). Lysregulering og skilting er foreslått for å ivareta trafiksikkerheten.

Høsten 2011 åpnet et pilotforsøk i Stavanger med midtstilte kollektivfelt som går rett gjennom sentraløya i rundkjøring. Tilfartene er signalregulerte, slik at annen trafikk holdes igjen når en buss nærmer seg. Tiltaket sikrer bussen god fremkommelighet gjennom rundkjøringen. I tillegg økes komforten for passasjerene siden bussen slipper svingbevegelsene i rundkjøringen.

Løsningen finnes i en rekke andre land, blant annet Sverige, Frankrike, Australia og England. De fleste steder anbefales lysregulering, slik som superbussen Fastway i England på bilde 13.



Bilde 12: Første buss gjennom sentraløya på Fv44 i Stavanger. Biltrafikken holdes igjen før rundkjøringen med rødt lys når det kommer buss. Bilde fra Aftenbladet



Bilde 13: Superbuss i Sussex i England som kjører rett gjennom rundkjøringen. Annen trafikk holdes tilbake med lysregulering. Bildet er fra Wikipedia

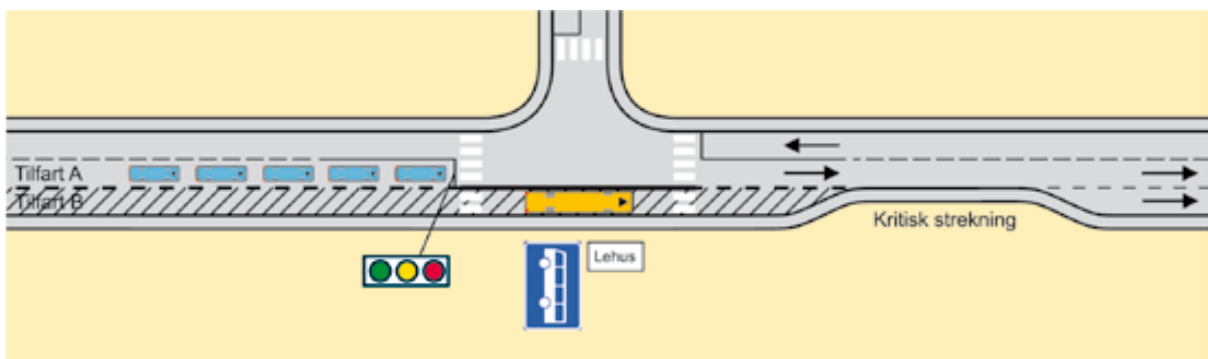
### Kø- og tilfartsregulering

Har man en kritisk strekning langs vegen hvor det ofte oppstår kø er det mulig å begrense trafikken inn i systemet slik at man unngår at køene oppstår. Et typisk eksempel er ved en påkjøringsrampe på en motorvei hvor to trafikkstrømmer skal flettes sammen. Når trafikkstrømmene overskrider en kritisk mengde vil flettingen føre til at kjøretøyene må bremse opp slik at hastigheten går ned og kapasiteten reduseres drastisk. En måte å unngå det på er å regulere trafikken som slipper inn fra påkjøringsrampen. Statens vegvesen kaller dette for rampekontroll. Det benyttes da et signalanlegg som holder igjen trafikk på rampen, og slipper inn én bil av gangen ved grønt lys. Kapasiteten justeres ved lengden av rødtid.



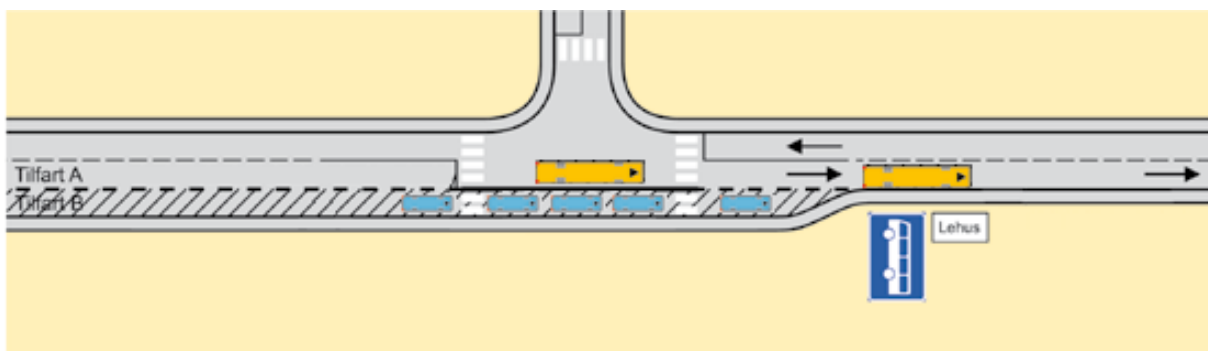
Bilde 14: Eksempel på rampekontroll.  
Kilde: Statens vegvesen

Tilsvarende løsninger er mulig å benytte for å prioritere kollektivtrafikk. Har man en kritisk strekning hvor det er fare for kø, kan man regulere trafikkmengden inn på strekningen, samtidig som kollektivtrafikk slipper frem i eget kollektivfelt. Figur 16 viser eksempel på løsning hvor bussen ledes utenom krysset mens resterende trafikk holdes igjen i signalanlegg.



Figur 16: Eksempel på køregulering fra Statens vegvesen HB232. Trafikken holdes tilbake i signalanlegget slik at bussen får passere kritisk strekning uten kø

Det er også mulig å benytte selve bussholdeplassen som tilfartsregulering hvis man ikke har signalanlegg. Figur 17 viser holdeplassen plassert på starten av den kritiske strekningen. Er det høy nok frekvens av busser kan oppholdstiden på holdeplassen være nok til å unngå kø videre på den kritiske strekningen.



Figur 17: Holdeplass kan også benyttes som tilfartsregulering hvis den plasseres ved starten av kritisk strekning. Annen trafikk blir holdt igjen mens bussen står på holdeplass. Figuren er basert på lignende løsning i Statens vegvesen HB232



### 3.4 Indirekte tiltak

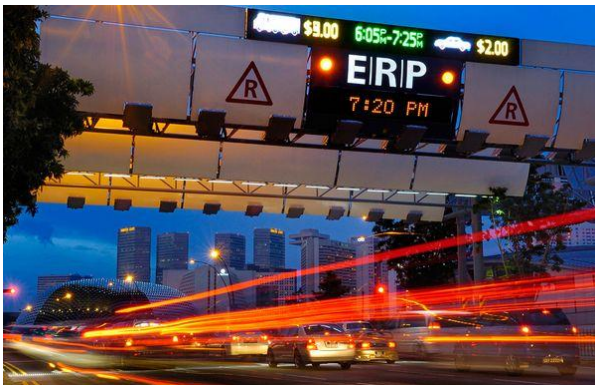
I tillegg til tiltak direkte rettet mot bedre fremkommelighet for busser er det en lang rekke tiltak som indirekte har positiv effekt for kollektivreisende. Ett fellestrekk ved mange av dem er at de har som mål å redusere bilbruken – spesielt i sentrum og i rushtiden. Færre biler på vegene betyr bedre plass til bussene – som igjen øker fremkommeligheten.

Tiltak som fører til redusert bilbruk vil også påvirke reisemiddelfordelingen. Mange som velger å la bilen stå vil gå over til å bli kollektivreisende. Økt etterspørsel etter kollektivreiser kan føre til et bedre tilbud med flere ruter og økt frekvens, noe som i seg selv øker etterspørselen.

Andre indirekte tiltak er knyttet mot opplevelsen av en kollektivreise – hvordan få passasjerene til å føle at det går raskere, uten at det nødvendigvis gjør det. Et eksempel er sanntidsdata på holdeplassen, som får ventetiden til å føle kortere.

#### Vegprising

Vegprising, kjøprising, rushtidsavgift, tidsdifferensiert brukerbetaling – det finnes mange navn på tiltaket. Formålet er det samme for alle: å regulere trafikken ved å variere hva trafikantene må betale ut fra trafikkmengde og lokal forurensning. I praksis betyr det ulik takst til forskjellige fastsatte tidspunkt over døgnet<sup>9</sup>.



Bilde 15: Singapore var tidlig ute med vegprising i 1975. Systemet ble helelektronisk i 1998

avhengig av størrelsen på avgiften. Resultatet er bedre fremkommelighet for den resterende trafikken – inkludert bussene. Selv om det er kollektivfelt for bussene vil det alltid være noe forsinkelse forårsaket av andre biler, for eksempel på grunn av brudd i kollektivfelt før kryss eller kjøretøy som står i kryss og hindrer bussene. Mindre trafikk muliggjør også mer grøntid i lyskryss til bussene.

I Norge er vegprising regulert gjennom vegtrafikkloven<sup>10</sup>. Innføring trenger tilslutning fra berørte kommuner og fylkeskommuner og samtykke fra Stortinget. Inntektene skal gå til kollektivtransport, trafiksikkerhets- og miljøtiltak.

Noen av de største byene som har innført vegprising er Singapore (1975), London (2003), Stockholm (2006), Trondheim (2010), Milan (2012) og Göteborg (2013). Alle steder har den største hindringen mot tiltaket vært politisk motstand. I flere større byer, som New York, Manchester og Hong Kong, har det vært forsøkt å få innført vegprising, men den politiske viljen har ikke vært til stede.

I byene hvor vegprising er innført har trafikken i rushtid blitt redusert med rundt 10 – 30 %,

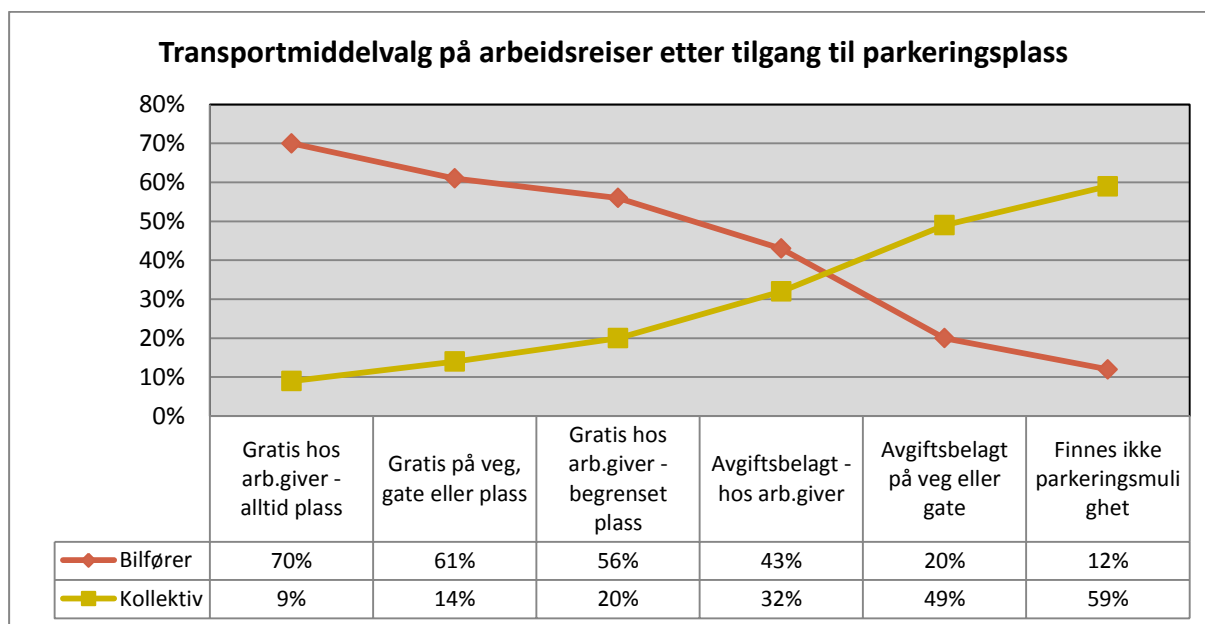
<sup>9</sup> I Singapore testes det ut systemer som skal predikere trafikken for de neste 60 minuttene ut fra historiske data og sanntidsdata. Målsetningen er å informere trafikantene om forventet kø og endre hva det vil koste å kjøre i sanntid

<sup>10</sup> §7a. Vegprising. Tilføyd i 2001 men ikke ikraftsatt før 2011

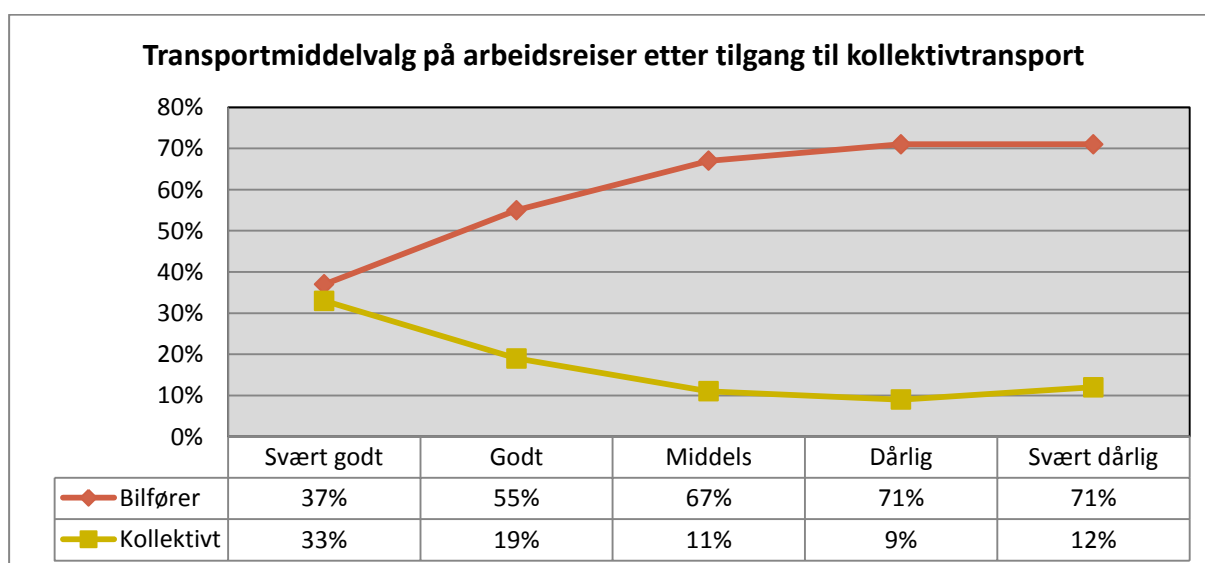
### Parkeringsrestriksjoner

En forutsetning for å kunne bruke bil som transportmiddel er at man har en parkeringsplass å sette fra seg bilen på etter endt tur. Ønsker man å begrense bilbruken er parkeringsrestriksjoner et effektivt virkemiddel. Begrensning av antall plasser kan suppleres med avgifter eller restriksjon på bruk.

Særlig på arbeidsreiser har tilgang på parkeringsplass stor betydning for transportmiddelvalg. Den nasjonale reisevaneundersøkelsen viser at ingen parkeringsmulighet på jobb er mer avgjørende om folk reiser kollektivt enn hvor bra kollektivtilbudet er (Vågane, et al., 2011). Figur 18 viser at 59 % reiser kollektivt hvis de ikke har parkeringsmulighet på jobb, mens figur 19 viser at bare 33 % som svarer at de har et svært godt kollektivtilbud benytter seg av det til jobb.



Figur 18: Tilgang på parkeringsplass er svært avgjørende for om man bruker bil eller buss til jobb. Tallene er hentet fra den nasjonale reisevaneundersøkelsen 2009



Figur 19: God tilgang til kollektivtransport gjør at flere velger å reise kollektivt – men selv blant de som har et svært godt tilbud er det flere som velger å kjøre bil til jobb. Tallene er hentet fra den nasjonale reisevaneundersøkelsen 2009

### Bilfrie soner

Det finnes flere eksempler på byer hvor store deler av sentrum har blitt stengt for privatbiler. Ofte har det vært hensynet til fotgjengere og miljøet som har vært drivkraften bak det, men der hvor kollektivtrafikken fremdeles kan kjøre i de bilfrie sonene ser man ofte en bedret fremkommelighet.



**Bilde 16: Fra Bogotá, Colombia. Byen er kjent for sitt nettverk av «superbusser» - TransMilenio, som her går gjennom en bilfri sone av sentrum. Kilde: National Geographic**

Redusert tilgjengelighet med privatbil fører ofte med seg en endring i reisemiddelfordelingen hvor bilen taper både for kollektiv, sykkel og gange. Bilde 16 viser sentrum av Bogotá, hovedstaden i Colombia. En by på 7 millioner som ikke fikk et kollektivtilbud før på 90-tallet. Men ved å gjøre flere deler av sentrum bilfrie soner, samt innføring av drivstoffavgift til å finansiere «superbusser» (de røde leddbussene på bildet), sank biltrafikken 40 % i rush (National Geographic, 2011).



**Bilde 17: Jernbanetorget i Oslo etter gjenåpningen i 2009. Knutepunkt for buss, trikk og tog. Foto: Knut Falch/SCANPIX**

I Norge er det ikke etablert noen permanente bilfrie soner, men mange byer har fått gågater i sentrum forbeholdt gående og syklende. Disse har ofte gradvis blitt utvidet. I 2009 ble Jernbanetorget i Oslo gjenåpnet, og danner kanskje et av de største bilfrie områdene vi har sammen med Karl Johans gate.

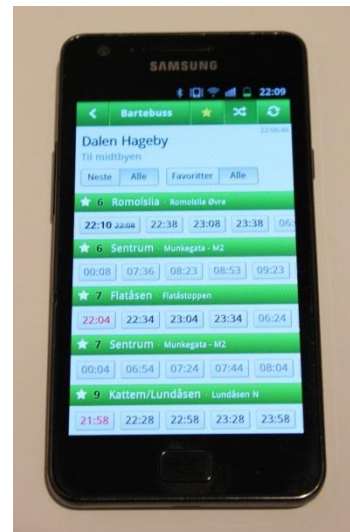
## Sanntidsdata

Selv om sanntidsinformasjon om bussankomst i seg selv ikke korter ned på en kollektivreise viser undersøkelser at ventetiden oppleves som kortere når man får sanntids ruteinformasjon (Kjørstad & Lodden, 2003).

Sanntidsdata kan presenteres flere steder: på holdeplasser, internett, på bussen, via mobiltelefon eller informasjonsskjermer i sentrum. Undersøkelsen fra 2003 viste at informasjon på holdeplass var den viktigste, men at de yngre trafikantene ofte benyttet seg av SMS. Nå, 10 år senere, er egne applikasjoner på smarttelefoner meget utbredt og er på vei til å ta over for SMS. Bilde 18 viser en applikasjon for Trondheim, «Bartebuss», utviklet på hobbybasis basert på fritt tilgjengelig sanntidsdata fra AtB.

Evalueringer av sanntidsinformasjon viser at de aller fleste finner dette nyttig, og spesielt når det oppstår forsinkelser er trafikantene meget interessert i å få informasjon.

Tiltaket i seg selv ser ikke ut til å få flere til å reise kollektivt, men undersøkelser kan tyde på at de som allerede reiser kollektivt blir mer fornøyd (Thorenfeldt, et al., 2011).



Bilde 18: Sanntidsinformasjon på smarttelefoner er veldig populært, spesielt blant de yngre



Bilde 19: Busmetro i Kristiansand med informasjonssøyle for sanntidsinformasjon. Løsningen vant pris for godt design, men den tekniske løsningen viste seg ustabil og er etter 10 år fremdeles ikke i drift. Bilde: Norsk design

## 4 Kollektivtilbudet i Trondheim

Mye har skjedd med busstilbudet i Trondheim de senere årene. Bussparken er blant den nyeste i landet og består nå hovedsakelig av gassbuser klargjort for biogass. Alle rutene er lagt ut på anbud, de fleste med økt frekvens.

I dette kapitlet beskrives først i hovedtrekk hvordan kollektivtilbudet er organisert. Oppbyggingen av kollektivnettet er også beskrevet, samt en mer detaljert gjennomgang av rute 9. Til slutt i kapitlet beskrives kollektivtiltak som er gjennomført de senere årene, blant annet signalprioritering og sanntidssystemet.

### 4.1 Organisering av kollektivtilbudet

Det er Sør-Trøndelag fylkeskommune som har ansvar for kollektivtrafikken i Trondheim. Fra 2010 har administrasjonsselskapet AtB AS hatt ansvaret for å planlegge, bestille, markedsføre og utvikle kollektivtrafikken i Trondheim og resten av Sør-Trøndelag fylke. AtB er eid 100 % av Sør-Trøndelag fylkeskommune. Frem til 2010 ble all busskjøring i Trondheim utført av Team Trafikk (i dag Nettbuss Trøndelag) på konsesjon. Siden da har rutene gradvis blitt lagt ut på anbud. I dag er det tre operatører av bybussene i Trondheim: Nettbuss Trøndelag, Trønderbilene og Tide. Regionbussene skal kjøres på anbud fra høsten 2013.



Figur 20: AtB sin oversikt over bussruter i Trondheim. Nesten alle rutene går en av de tre innfartene til sentrum

## 4.2 Kollektivnett

Kollektivnettet i Trondheim består hovedsakelig av bussruter, men det er også en trikkelinje fra Sentrum til Byåsen og et lokaltog fra Lerkendal til Steinkjer. Totalt var det 23 millioner busspassasjerer internt i Trondheim i 2012 (miljpoakken.no). I tillegg var det 2,5 millioner busspassasjerer på regionbusser til/fra nabokommunene. Trikkelinjen hadde ca. 870.000 passasjerer i 2012. Kollektivreiser utgjør ca. 10 % av alle reiser internt i Trondheim.

Det er i alt ca. 40 ruter i Trondheim. Halvparten av dem er "ordinære ruter" som betjenes det meste av trafikkdøgnet og i helgene. De resterende rutene er arbeidsruter og serviceruter som kun går til enkelte tider av døgnet, og gjerne ikke i helga. Figur 20 på forrige side viser oversikt over rutene.

Høsten 2012 ble det gjort noen endringer i rutestrukturen for å legge til rette for ny sentrumsterminal som kommer i 2013. Antall pendelruter økte fra 7 til 10. Pendelrutene i Trondheim går fra en bydel på sørvestsiden, via sentrum til en bydel på østsiden. Ved å ikke starte rutene i sentrum reduseres oppholdstiden på sentrumsterminalen, noe som er nødvendig for å få avviklet forventet busstrafikk gjennom sentrum de nærmeste årene.

To av rutene er ringruter som kjører i motgående retning på samme trasé. De resterende rutene er radielle ruter som kjører til/fra sentrum. For å avlaste sentrumsterminalen har alle radielle rutene starthodeplass på Brattøra eller Trondheim sentralstasjon.

Høsten 2012 ble også den første ordinære ruten som ikke kjører innom sentrum startet opp, rute 16. Den går fra østsiden av byen, langs omkjøringsvegen til sørsiden av byen. Strekningen fanger opp mange arbeidsreiser, men tall for 2012 viser kun 3 passasjerer per avgang.

ATP-beregninger viser at det er generelt god holdeplassdekning i Trondheim (Rødseth & Norddal, 2011). 96 % av arbeidsplassene ligger innenfor 400 meters gangavstand fra en holdeplass, mens 90 % av befolkningen bor innenfor 400 meter fra en holdeplass. Over halvparten av befolkningen har en holdeplass innenfor 600 meter med et tilbud på 6 avganger i timen i morgenrushet.

Trondheims ca. 30.000 studenter er en viktig passasjergruppe. Det ser man tydelig ved at de to største rutene i byen ender opp på NTNU Dragvoll. Minst 30 % av bussreisene internt i Trondheim er studenter og hele 4 % av alle passasjerene starter bussreisen på nettopp NTNU Dragvoll.

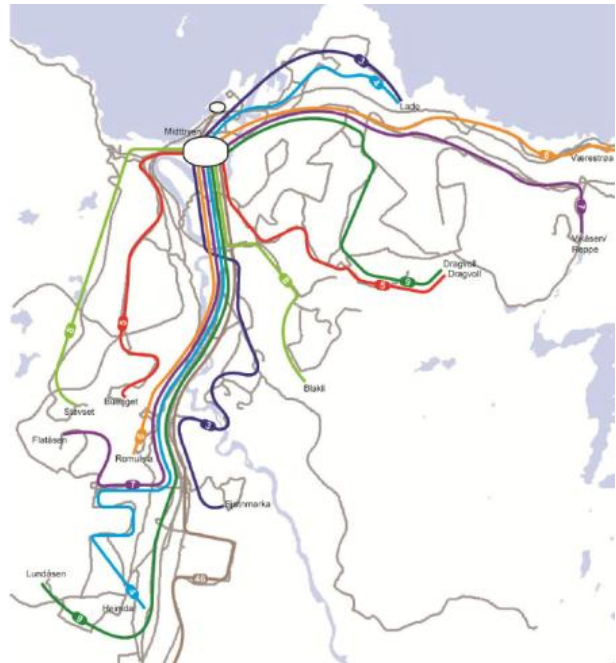


Bilde 20: I alt 20 leddbusser er nå i drift i Trondheim, 7 nye kom høsten 2012 for å betjene trafikkveksten.

### 4.3 Stamrutene

De åtte største rutene i Trondheim er definert som stamruter. Syv av dem er de opprinnelige pendelrutene, mens den siste er rute 46 fra Tillerbyen til Sentrum<sup>11</sup>. Det er ikke satt noen klare definisjoner på hva en stamroute innebærer i Trondheim, men tiltak for fremkommelighet og universell utforming er prioritert til stamrutenettet. De tyngste rutene har høy frekvens (hvert 10. min i rush).

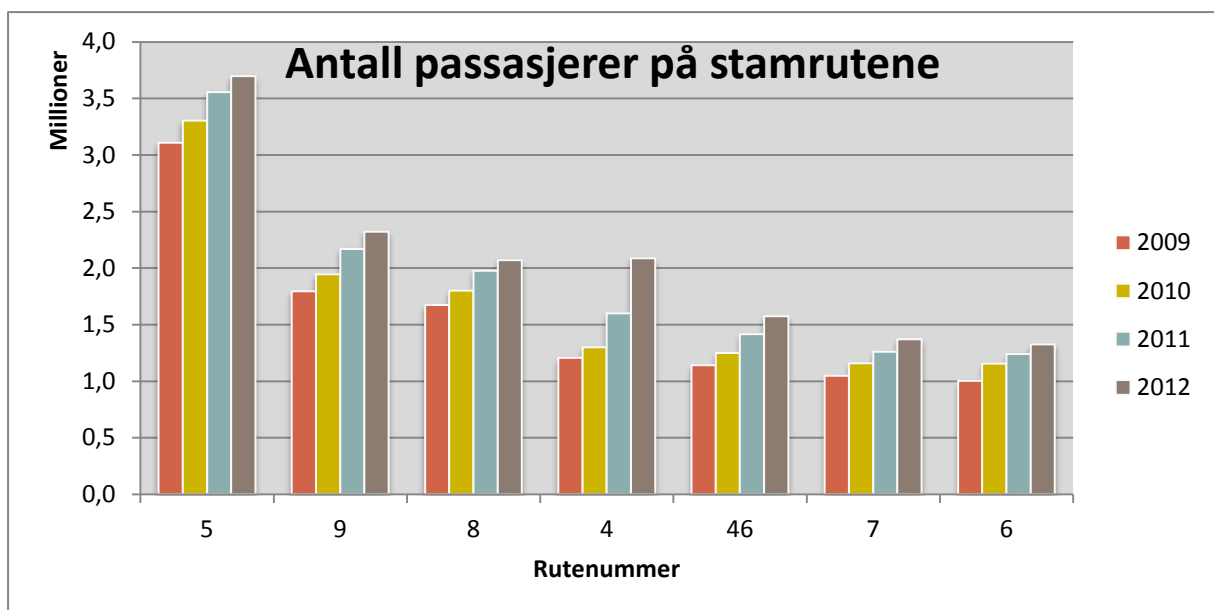
Pendelrutene ble etablert ved å slå sammen to radielle ruter av tilnærmet samme belastning. Det er lenge siden man har endret sammensetning av de to halvdelene av pendelrutene. Statistikk over påstigende passasjerer viser i 2011 at balanseforholdet på flere av rutene har forskjøvet seg (Rødseth & Norddal, 2011). Det kan skyldes forskjellig vekst i antall husstander og arbeidsplasser på hver side av pendelen.



Figur 21: Hovedrutenett i Trondheim. Kilde: AtB

Siden 2008 har det vært en jevn trafikkvekst på alle stamrutene. Figur 22 viser veksten for de ulike stamrutene. Rute 5 er den klart største med nesten 4 millioner passasjerer i 2012. For å holde tritt med veksten har det vært nødvendig å kjøre leddvogner med 10-minuttsfrekvens fra 6 – 19, i tillegg enkelte ekspresssturer i rushtiden.

Totalt for Trondheim var veksten 7,5 % i 2010, 10,8 % i 2011 og 11 % i 2012.



Figur 22: De siste fire årene har alle stamrutene hatt en jevn trafikkvekst. Kilde: AtB

<sup>11</sup> Siden bussen fortsetter videre til Pirterminalen er den også definert som pendel, selv om strekningen sentrum – Piren er veldig kort

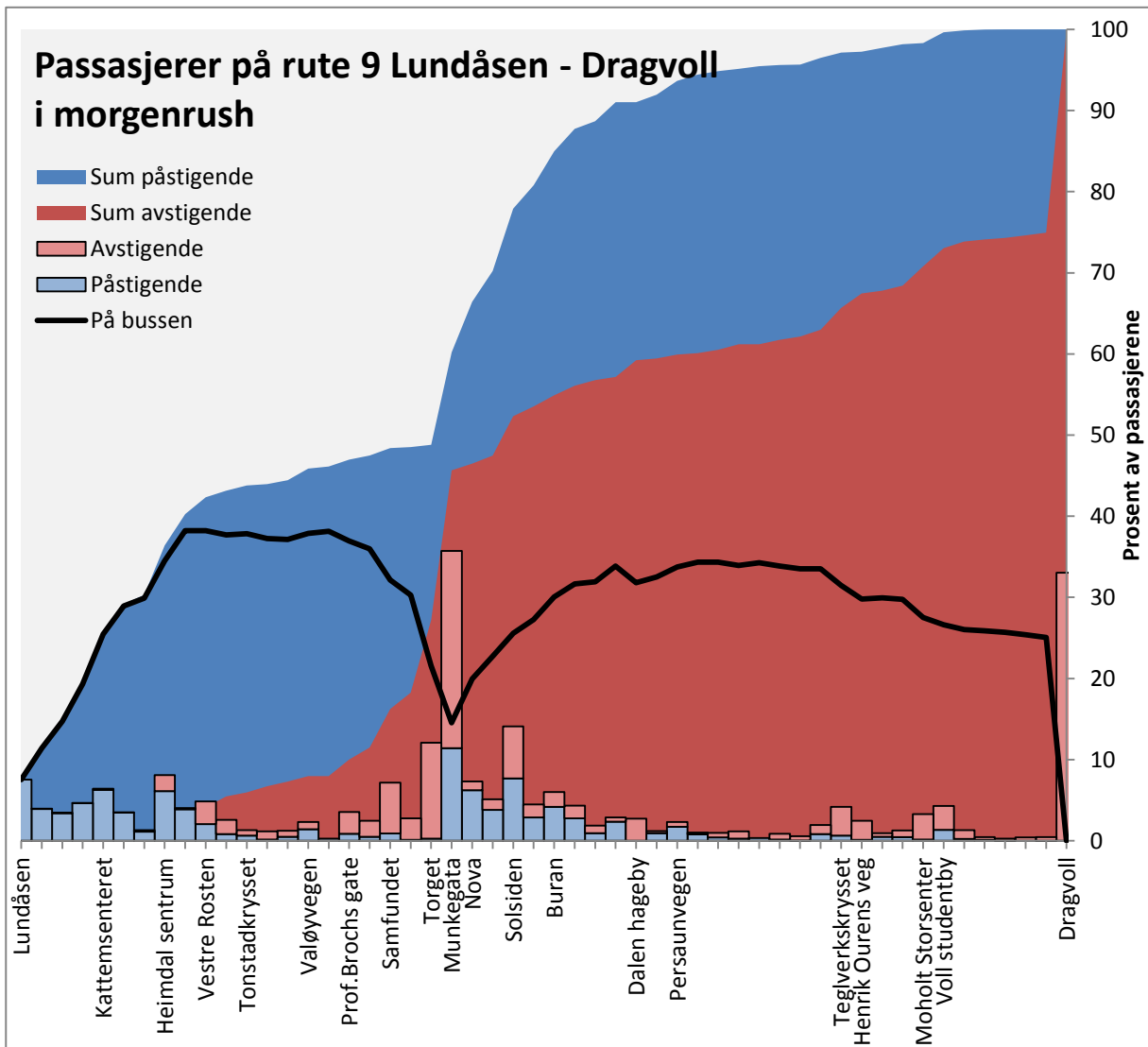
#### 4.4 Rute 9

Denne oppgaven tar for seg rute 9. Det er den nest største ruten i Trondheim etterfulgt av rute 5. Rute 9 hadde 2,3 millioner passasjerer i 2012, ca. 10 % av alle bussreiser i Trondheim. Både rute 5 og 9 starter på NTNU sin campus på Dragvoll. Rute 5 kjører via Moholt og NTNU Gløshaugen til sentrum, mens rute 9 kjører via Strindheim til sentrum. Rute 5 fortsetter vest til Illa og ender på Buenget på Byåsen. Rute 9 går sørover, gjennom Heimdal sentrum, Kattem og ender opp på Lundåsen (se kapittel 6 for kart og holdeplasser).

Tabell 4: Tall fra AtB 2010

Holdeplasser med flest påstigende utenfor Midtbyen	
NTNU Dragvoll	0,8 mill.
Studentersamfundet	0,5 mill.
NTNU Gløshaugen (2 hpl)	0,3 mill.
Solsiden	0,3 mill.
Moholt studentby (2 hpl)	0,3 mill.
Strindheim	0,15 mill.

Tilsammen betjener rute 5 og 9 alle de største holdeplassene utenfor sentrum vist i tabell 4. Rute 9 betjener NTNU Dragvoll, Studentersamfundet, Solsiden og Strindheim. Et fellestrekk ved mange av disse holdeplassene er at de domineres av studenter. Siden NTNU Dragvoll ligger som endeholdeplass vil mange passasjerer reise mot rush-retningen på rute 5 og 9. Det ser man tydelig i forskjellen mellom figur 23 og figur 24. På strekningen Lundåsen – Dragvoll i morgenrush er det

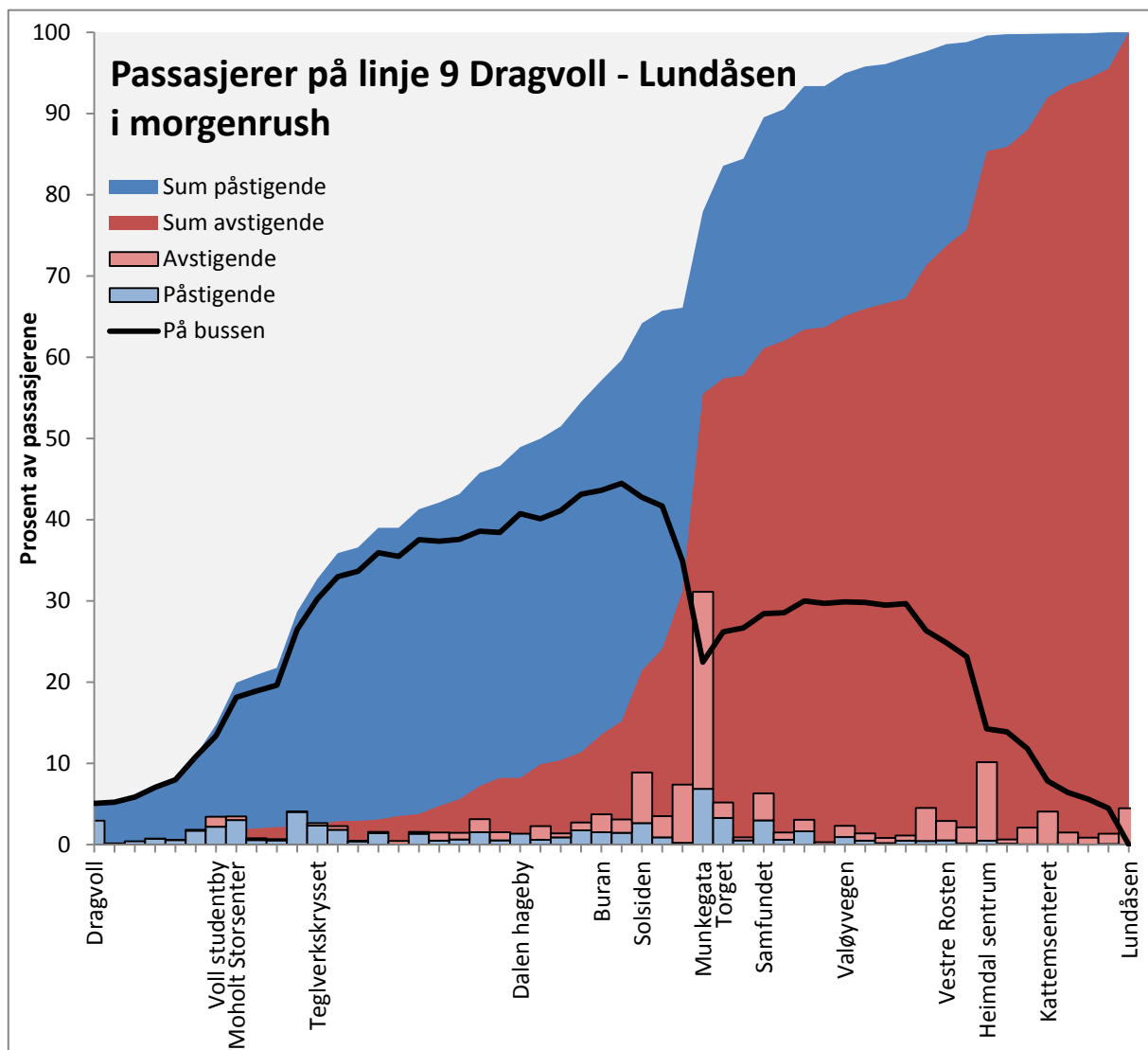


Figur 23: Fordeling av passasjerene i morgenrush retningen Lundåsen - Dragvoll. Siden svært mange skal helt til endeholdeplassen ved NTNU Dragvoll er belegget på bussen ganske likt på begge delene av pendelen



nesten like mange avstigende på Dragvoll som i sentrum. Motsatt retning er det en langt større andel som går av i sentrum enn som skal videre til Lundåsen, som er et mer typisk mønster for en pendelrute.

Figurene er lagd basert på passasjerstatistikk fra AtB over påstigende i tidsperioden 6 – 10 på hverdager. Datagrunnlaget er 6 uker i oktober og november 2012. Siden det ikke føres statistikk over hvor passasjerene går av bussen, er tallene for avstigning estimert basert på tall for påstigning i tidsrommet 14 – 18. Tanken bak det er at man gjerne benytter samme holdeplass når man skal hjem om ettermiddagen som man gikk av om morgenen. En svakhet ved denne estimeringen av avstigning er at en del passasjerer er «nye» i tidsrommet 14 – 18, dvs. de tok ikke buss om morgenen. Det kan være folk som jobber kveldsskift eller som har vært på skolen og skal til byen om kvelden. Totalt var det ca. 35 % flere passasjerer i ettermiddagsrush enn morgenrush. Det er derfor sannsynlig at estimatet på avstigende i boligområdene (f.eks. Kattem) er for høyt, siden de fleste tar sin første busstur om dagen hjemmefra. Hadde man korrigert for dette ville nok forskjellen mellom retningene på rute 9 kommet enda tydeligere frem i figurene. AtB har planer om å teste ut automatisk telleutstyr i flere busser i 2013 som skal telle av- og påstigning ved dørene.



Figur 24: Passasjerer på strekningen Dragvoll - Lundåsen i morgenrush. Det er langt flere som skal inn til sentrum (Munkegata) enn til Heimdal

## 4.5 Beskrivelse av kollektivtiltak

Siden 2008 er det gjort en rekke tiltak innenfor kollektivtransporten i Trondheim. Bakgrunnen for tiltakene er målsetninger i Transportplanen for Trondheim 2006-2015 (figur 25), 4-årig belønningsavtale for Trondheimsregionen 2009 – 2012 (tabell 5) og Miljøpakken for Transport (figur 1). I tillegg til å bedre fremkommelighet for bussen spenner tiltakene seg over en lang rekke områder fra miljø og markedsføring til takstreduksjon og innfartsparkering. I dette kapitlet blir hovedsakelig tiltakene knyttet til fremkommelighet presentert:

- Nye kollektivfelt
- Elektronisk billettering
- Signalprioritering og sanntidsinformasjon

### Transportplan for Trondheim

#### Mål for kollektivtransporten:

- Bedre fremkommelighet
- Økt markedsandel gjennom utvikling av stamruter, effektive knutepunkt og akseptable takster
- Økende kollektivandel, med 20 millioner reisende i 2015
- Universell utforming

Figur 25: Målsetningene til kollektivtransporten i Transportplan for Trondheim 2006 – 2015, vedtak i bystyret 8.2.2007. Målet om 20 millioner reisende ble oppnådd allerede i 2011

Tabell 5: Oversikt over bevilgninger Trondheimsregionen har fått i sin 4-årige belønningsavtale med Samferdselsdepartementet

Tiltak	Bevilgning [mill. kr]
Superbuss i Kollektivbuen	28
Signalprioritering og sanntidsinformasjon	8
Infrastrukturtiltak i øvrig rutenett	174
Park & ride og omstigningspunkt	8
Økt rutetilbud – helårsvirkning av opptrapping 2008	95
Ytterligere rutetilbudsstyrking, fast frekvens 6-18	24
Videreutvikling av elektronisk betaling	8
Markedsføring av miljøvennlige transportmidler	11
Takstfrys og andre taksttiltak for faste trafikanter	15
<b>Sum</b>	<b>370</b>



Bilde 21: Bompunkt i Miljøpakken. Prisen doubles i rushtiden.  
Foto: Ivar Mølsknes, Adressa

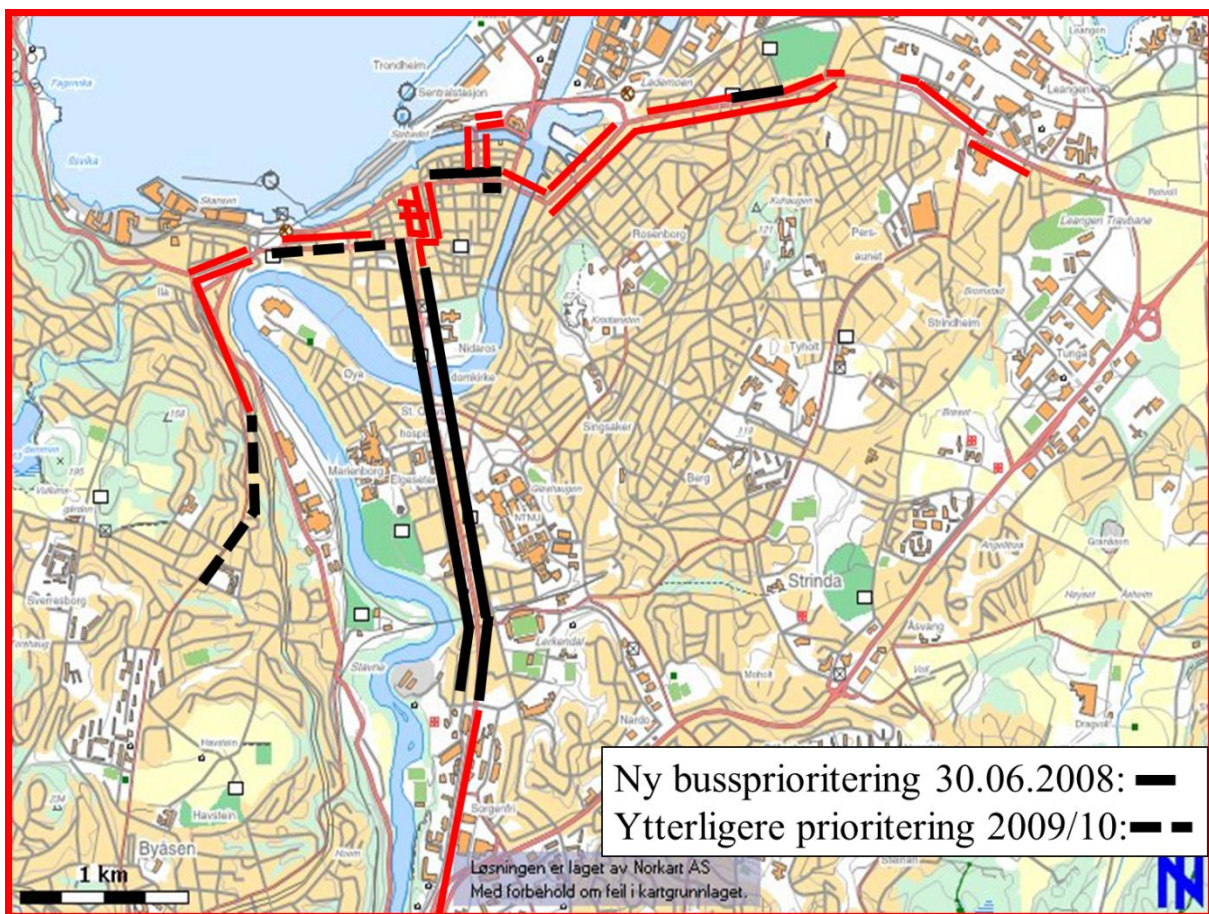
I tillegg er det verd å nevne effekten av rushtidsavgiften i Miljøpakken. Etter at bompunktene kom opp våren 2010 har den samlede nedgangen i trafikken vært ca. 10 %. Det fører til mindre trengsel på vegene, som er positivt for fremkommeligheten til kollektivtrafikken.

### Kollektivfelt

Det første, og kanskje mest omstridte tiltaket i Miljøpakken<sup>12</sup>, var innføringen av 5 km nye kollektivfelt på innfartsårene til / fra Trondheim sentrum sommeren 2008. Trafikkberegninger gjort på innfarten fra sør i 2001 og 2006 anbefalte ikke tiltaket, og advarte om kø og kaos (Simonsen, 2012). Statens vegvesen estimerte at 15 – 20 % av bilistene måtte legge om reisevanene. I Adresseavisen kunne man i april 2008 lese at tiltaket ville føre til tre kilometer lange køer. Andelen som var positive til tiltaket sank fra 92 % til 64 % etter det oppslaget. Noen uker etter at kollektivfeltene ble åpnet, i juli 2008, var kun 43 % positive til tiltaket. Misnøyen ble dekket bredt i media, slik som bilde 22. Spesielt handelsnæringen og opposisjonen i bystyret krevde at kollektivfeltene skulle fjernes.



Bilde 22: Faksimile fra forsiden på Adressa to uker etter innføringen av kollektivfeltene. Misnøyen over kollektivfeltene avtok etter hvert som folk ble vant med dem. Etter 1 år var 2 av 3 fornøyd med tiltaket



Figur 26: Innfartsårene til Trondheim som fikk kollektivfelt 2008 - 2010. Kilde: Steinar Simonsen, Statens vegvesen

<sup>12</sup> Innføring av nye bomstasjoner møtte nok mer motstand, men er primært en finansieringskilde og ikke et kollektivtiltak

Flere har pekt på at sterk ledelse, både politisk og i administrasjonen, var nøkkelen til at et så restriktivt tiltak for biltrafikken kunne gjennomføres – og ble værende til trafikantene gjorde nødvendige endringer av reisevaner. Evalueringen i ettertid viser ca. 4400 færre biler på Elgeseter bro, en nedgang på nesten 15 %. Andelen som er positiv til kollektivfeltene var 74 % ved sist måling april 2011. En av målsetningene med kollektivfeltene var å øke reisehastigheten med 25 % i rush innenfor «Kollektivbuen». Tabell 6 viser at det ble oppnådd i middagsrush, men ikke i morgenrush.

**Tabell 6: Målsetningen med kollektivfeltene var 25 % økt hastighet. Det ble kun oppnådd i middagsrush**

	Morgenrush	Middagsrush
Økning	16 %	25 %
Bystyrets mål	25 %	25 %

På sørinnfarten gikk andelen personer i bil ned fra 51 % til 46 % i rushtiden på grunn av kollektivfeltene (Halvorsen, 2008). Samtidig økte andelen busspassasjerer fra 44 % til 48 %, mens sykkeltrafikken økte med 15 %. Bilde 23 viser situasjonen i ettermiddagsrush på Elgeseter bro. Tellingene viser at det er flere personer som krysser broa med buss i kollektivfeltene enn med bil.



**Bilde 23: Situasjonen på Elgeseter bro høsten 2008 etter innføringen av kollektivfelt. Bilde: Steinar Simonsen, SVV**

## Elektronisk billettering

Trondheim var tidlig ute med forsøk på elektronisk billettering på bussene, men ikke før i 2008 fikk man en permanent løsning med dagens t:kort. Kortet ble introdusert i juni 2008 og kan benyttes på det meste av kollektivtrafikk i Trøndelag. Løsningen er levert av FARA, et IT-selskap med hovedkontor i Trondheim. T-kortet baserer seg på berøringsfri teknologi, så passasjerer kan registrere seg ved kun å sveipe kortet foran kortleseren. Løsningen fra FARA benyttes nå i 12 fylker i Norge.

I følge AtB benyttet 3 av 4 reisende seg av t:kort i 2010. En prosjektoppgave i 2010 slår fast at innføringen av t:kortet har bidratt til redusert tidsbruk på holdeplass (Bøckman, 2010). Mens holdeplasstiden i snitt var 8,2 sekunder per passasjer i 2005 var den redusert til 5,6 sekunder i 2010.



Bilde 24: t:kort er et berøringsfritt smartkort

### Milepeler i Trondheim

- Juni 2008 – t:kortet innføres
- Januar 2009 – gamle klippekort og periodekort fases ut, kun t:kort.
- Mai 2011 – de første bussrutene åpner opp for påstigning fra midtdør for de med t:kort
- November 2011 – «Mobilletten» lanseres, en applikasjon til smarttelefoner for å kjøpe billett
- April 2012 – Prisen for å kjøpe kontantbillett om bord på bussen øker. De første parkeringsautomatene som også selger bussbilletter åpnes
- September 2012 – Over 1 million mobilletter er solgt. AtB melder om stor nedgang på kontantsalget om bord i bussen

Figur 28: Viktige milepeler for billettsystemet i Trondheim

For ytterligere å redusere holdeplasstiden fikk bussene på rute 5 montert kortleser på midtdørene i 2011. Passasjerer med t:kort kunne som en prøveordning gå om bord i bussen også ved midtre dør. Løsningen ble raskt permanent og utvidet til alle bussrutene.

### Velkommen om bord midt i bussen

AtB gjennomfører nå en pilot på enkelte busser på rute 5 med inngang via midtdør på merkede busser. Det betyr at alle med gyldig t:kort periode eller autoreise kan benytte midtdør ved ombordstigning. Fra høsten vil alle busser i Trondheim få dette tilbudet. Det vil medføre til mer effektiv ombordstigning, som igjen fører til mer punktlig avganger.



#### Retningslinjer ved bruk av midtdør

- Vent på avstigende passasjerer før du går om bord i bussen.
- Registrer kortet på kortleseren om bord i bussen. Dersom du ikke får grønt lys, kontakt sjåføren.
- Vi anmoder våre reisende til å stille seg i kø ved ombordstigning foran og bak i buss.
- Hold god avstand til fortauskant/buss, minimum 1m.

#### Billett kontroll

##### Ha alltid gyldig billett når du reiser.

- Alle reisende utenom voksentakst må til enhver tid kunne forevise gyldig legitimasjon på forespørsel.
- Studenter må alltid ha studentbevis med betalt semesteravgift.

Figur 27: Fra AtB sin brosjyre etter innføring av inngang i midtdør

## 4.6 Signalprioritering og sanntidsinformasjon

I 2011 ble første trinn av sanntidssystemet (SISST) satt i drift i Trondheim. Løsningen innebærer at de reisende kan få sanntidsinformasjon om når bussen skal ankomme holdeplass, i tillegg til at bussene kan prioriteres i lyskryss.

Hensikten er å få flere til å reise kollektivt. Løsningen er også lagt til rette slik at blinde, svaksynte og hørselshemmede får den informasjonen som er nødvendig for å reise med buss. Signalprioriteringen er et av flere tiltak for å øke hastigheten for bussen.

I det tekniske baksystemet henger løsningen med signalprioritering og sanntidsinformasjon nøye sammen. Begge elementene er avhengig av å vite hvor bussen befinner seg ute på vegnettet, og når den forventer at bussen ankommer holdeplass eller lyskryss. Figur 30 viser i hovedtrekk hvordan de ulike komponentene kommuniserer med hverandre. Selve grunnsteinen i systemet er Flash-serverne. De innhenter informasjon fra alle bussene, bearbejder den og sender ut forespørsler til lyskryssene og sanntidsdata til passasjerer på holdeplasser og internett.

### Fakta om signalprioritering og sanntidsinformasjon

Hovedtrekk:

- Bussprioritering i lyskryss
- Sanntidsinformasjon både i lyd og bilde på holdeplass, om bord i buss og på web / mobil
- Statistikk og planleggingsdata

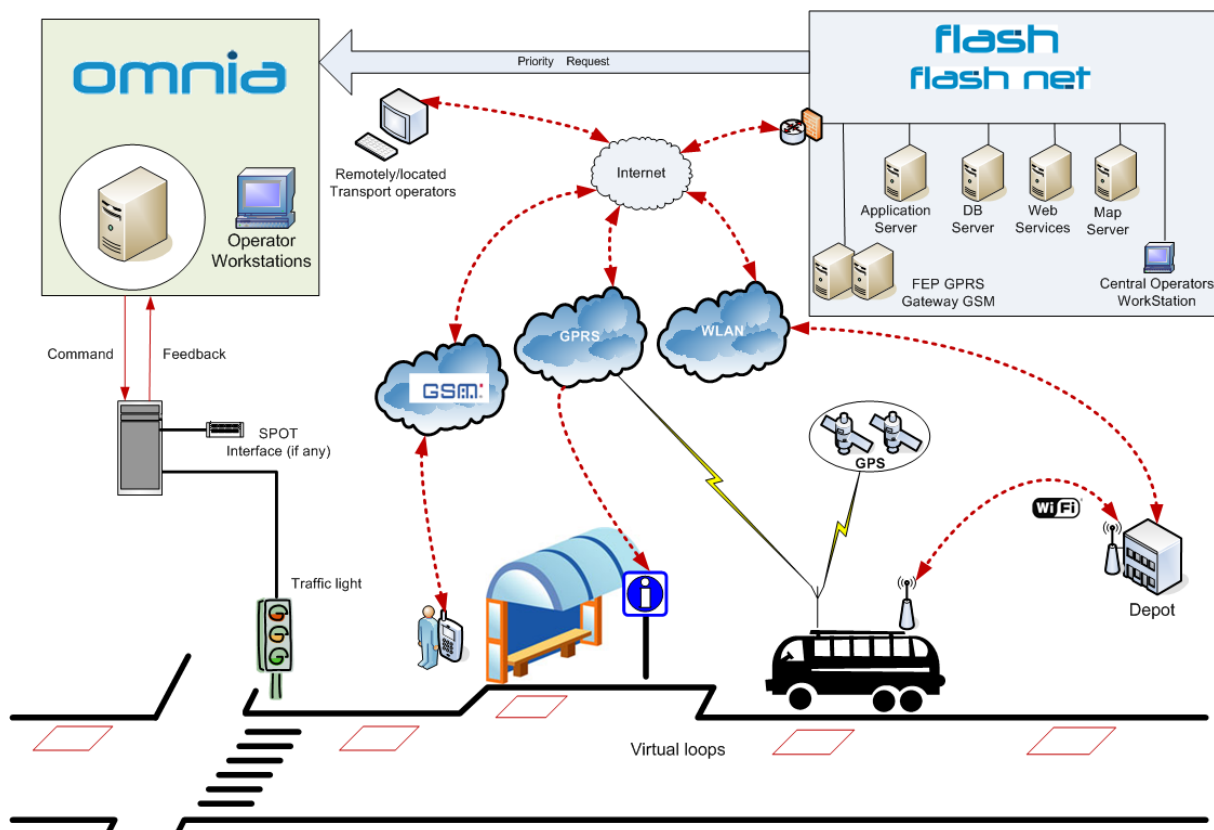
Omfatter:

- Utstyr i ca. 260 busser
- Skjerm og høyttalere i 160 av dem
- Skjerm på ca. 100 holdeplasser
- Signalprioritering i ca. 45 lyskryss
- Servere og baksystemer

Kostnad ca. 34 millioner

Gjennomføring 2010 - 2013

Figur 29: Fakta hentet fra Miljøpakken sin hjemmeside



Figur 30: Oversikt over kommunikasjonen som er nødvendig for å få signalprioritering og sanntidsinformasjon til å virke. Kilde: Statens vegvesen

En viktig forutsetning for sanntidssystemet er at man har oversikt over hvor bussene befinner seg. I alle bussene er det derfor montert utstyr som registrerer dette og formidler det videre til de sentrale serverne i Flash. De fleste bussene har også skjerm og høyttalere som annonserer neste holdeplass til passasjerene. Sjåføren har en egen berøringsskjerm hvor han må logge seg på med vognløp før hvert skift, en såkalt Roadrunner, se bilde 25. På den måten vet Flash-systemet hvilken rute og hvilke avganger som skal kjøres med den bussen. Under kjøring får sjåføren opp neste holdeplass på skjermen og hvor forsinket han er i forhold til rutetabellen.

Det er Roadrunneren som tar imot og lagrer all data fra sensorene i bussen. Her ligger også all informasjon om rutene lagret. Den styrer også informasjonen som vises på skjermene bak i bussen. Roadrunneren er den som sender informasjon om posisjonen videre fra bussen til de sentrale Flash-serverene via mobilnett.

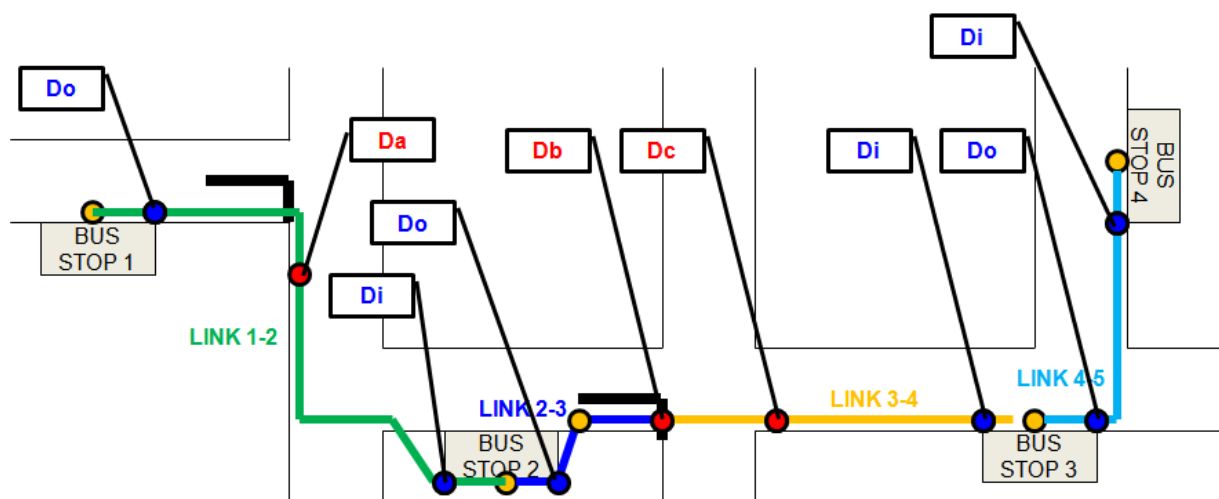
Når bussen står parkert i depot overføres alle logger trådløst via WiFi til Flash. Den tar da også imot ruteoppdateringer.

For å angi posisjonen til bussen brukes en kombinasjon av GPS og odometeret i bussen. I



Bilde 25: Roadrunner montert på førerplassen

Roadrunneren er det angitt hvor mange meter det er mellom de ulike elementene som holdeplasser og lyskryss langs ruten. Hver gang et punkt passerer blir det sendt en «kvittering» til Flash-serverne. Disse punktene kalles for «virtuelle sløyfer». Figur 31 viser eksempel på plassering av virtuelle sløyfer. Typiske steder man plasserer disse er ved inn- og utkjøring av holdeplasser, før og etter lyskryss og en ved stopplinjen. Sløyfene mellom de enkelte holdeplasser og lyskryss blir gruppert sammen til å danne en lenke. Lengden på disse lenkene danner til sammen traséen for bussen.

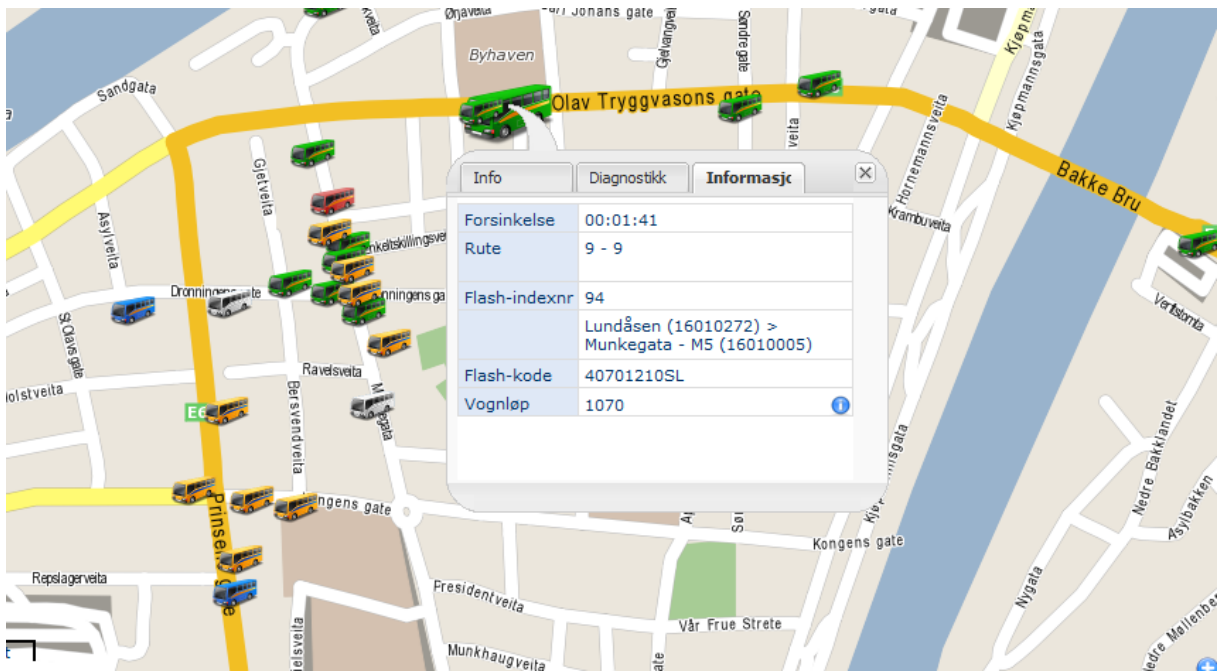


Figur 31: Eksempel på plassering av virtuelle sløyfer ved bussholdeplasser og lyskryss. Kilde: Statens vegvesen

## Servere og programvare – Flash og Omnia

Signalprioriteringen og sanntitssystemet har hver sine baksystem – Flash og Omnia.

Flash er det største systemet med fire servere. Det tar hånd om kommunikasjonen med alle 260 bussene. Informasjonen som kommer inn må kontinuerlig bearbejdes for å oppdatere prognosene om når bussene skal ankomme på holdeplassene og i lyskryss. Dette må så formidles til passasjerene via skjerm på holdeplasser, internett og mobiltelefoner. Det er fylkeskommunens driftsselskap AtB som har ansvaret for Flash-systemet.



Figur 32: Skjermdump fra Flash. Viser alle busser i sanntid, her fra Midtbyen kl. 14.00. Detaljert informasjon kan hentes ut fra hver buss ved å trykke på den. For passasjerer er det foreløpig ikke mulig å se bussene på kart, men man kan hente ut forventet passeringstid på en holdeplass

Alt av signalanlegg i Trondheim styres via Omnia. Det er Statens vegvesen som har ansvar for systemet. De utfører også drift og vedlikehold av signalanleggene. Forespørsel om prioritering av en buss får Omnia fra Flash. Omnia får da beskjed om:

- hvor bussen befinner seg
- når Flash forventer at bussen skal passere lyskrysset
- hvor mye bussen ligger etter rutetabellen
- hvilken prioritet bussen bør få i forhold til andre busser

Det er ute i styreskapene ved de enkelte lyskryss at prioriteringen blir gjort. I hvert styreskap står det en datamaskin som kjører SPOT styresystem. SPOT er et adaptivt styresystem som kan tilpasse grøntider etter trafikkvolum. I hvert lyskryss ligger det detektorer i kjørefeltene som teller trafikk ut av kryssene. Denne informasjonen deles mellom SPOT-systemene i hvert enkelt lyskryss og lager grunnlag for

### Oppbygging av vekter i SPOT

#### Vekter for biler:

- Stoppet bil = 1
- Bil i bevegelse = 3
- Flere biler sammen i pulje vektet høyere

#### Vekter for fotgjengere:

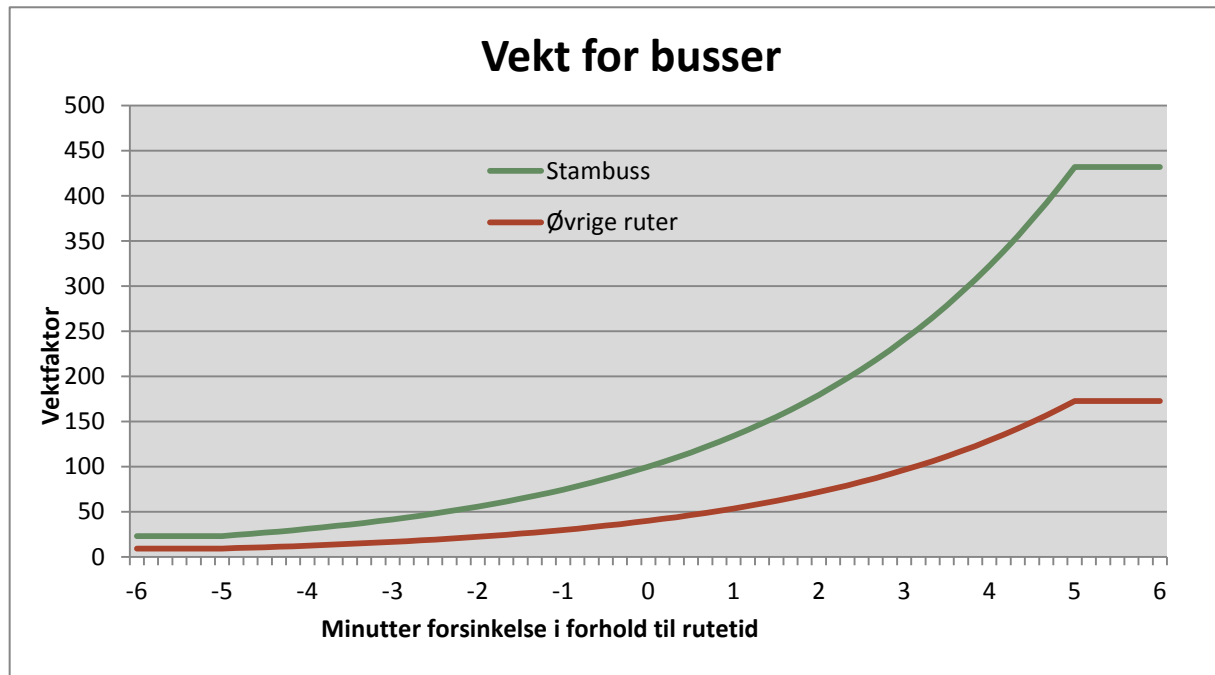
- Fra 2 opp til 100

#### Vekter for busser:

- Øker med økende forsinkelse
- Opp til 430 for stamrute
- Øvrige ruter maks 170

Figur 33: Vektingen i SPOT forteller hvordan ulike trafikkstrømmer prioriteres. Basert på presentasjon av Statens vegvesen

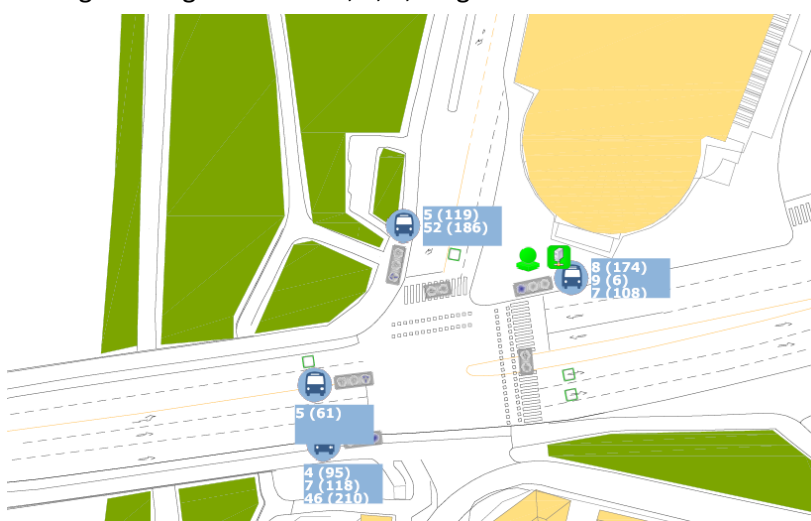




Figur 34: Vekting av ulike bussruter i forhold til hvor forsinket bussen er. Figuren er gjengitt etter presentasjon fra Statens vegvesen

ankomstprofiler inn til hvert kryss de påfølgende 2 minutter. Styresystemene utnytter dette til å lage «grønn bølge» for kjøretøy, ved at grøntiden blir tilpasset og forlenget til å ta unna en pulje kjøretøy fra forrige kryss.

Bussene får prioritert i SPOT etter vektingen vist i figur 34. Høyest vekting en buss kan få er 430. Figur 33 viser til sammenlikning hvor mye vekting andre trafikantgrupper kan få. En stambuss som er forsinket vil altså alltid bli prioritert foran fotgjengere og selv en ganske lang bilkø. Til tross for dette kan en stambuss oppleve å vente på rødt lys. Det skyldes at alle lyskryss har en maksimal omløpsti for å unngå at noen grupper må vente alt for lenge. Det kan derfor være at grøntiden ikke kan forlenges nok til at alle bussene får passert<sup>13</sup>. Det er også flere steder i Trondheim at stambussrutene krysser og kommer i konflikt med hverandre. Figur 35 viser eksempel fra Elgeseter gate hvor rute 5 og 52 svinger av mens 4, 7, 8, 9 og 46 fortsetter rett frem.



Figur 35: Skjermdump fra Omina. Viser bussprioritering i sanntid. Krysset her ved Studentersamfundet har den høyeste busstettheten i Trondheim. Mens de fleste bussene skal rett igjennom, kjører den største bussruten i Trondheim (5) opp til Gløshaugen. Bussholdeplass rett før signalanlegget gjør det ekstra utfordrende å få til god SPOT-optimalisering

<sup>13</sup> Det er mulig å gi absolutt prioritet til utvalgte busser i en retning slik at de aldri møter på rødt lys. Phileas er et superbusskonsept fra Nederland hvor det er gjennomført

### Formidling av sanntidsinformasjon

Et viktig mål med sanntidsinformasjonen er at de reisende skal kunne redusere ventetiden på holdeplass ved å vite når bussen faktisk kommer. Undersøkelser viser at selv om ventetiden er like lang, vil den oppleves som kortere når man får sanntids ruteinformasjon (Kjørstad & Lodden, 2003). Det oppleves som spesielt nyttig når bussen er forsinket.

Prediksjonene fra Flash blir derfor presentert ved de mest brukte holdeplassene, enten ved LED- eller LCD-skjerm (bilde 26). Den er i tillegg tilgjengelig på internett, SMS eller egen gjennom egen applikasjon som kan installeres på en smarttelefon.



Bilde 27: Skjerm ombord i bussen. De fleste bussene har også en skjerm ved bakhjørnene

1369 (Persaunvegen )	
Rute	Beregnet avgang
9	20:05 *
18	20:18 *
9	20:29
18	20:45
9	20:59

\*=Avganger i sanntid  
Vis flere avganger

Figur 36: Skjermdump fra atb.no

Ombord i bussen har fleste bussene to skjermer som viser rute, klokke og de neste tre holdeplassene. Høytalere i taket annonserer neste holdeplass når den nærmer seg.



Bilde 26: På holdeplasser med få bussruter benyttes to linjers LED-skjermer. Til venstre vist ved Studentersamfundet. Til høyre er LCD-skjerm vist med plass til de neste fem bussankomstene. Fra Solsiden

## 5 Metodikk for gjennomføring

Dette kapitlet beskriver metodikken som er benyttet for å samle inn data. Hovedkildene til data i denne oppgaven er sanntidssystemet og egne registreringer i bussen. Registreringene i bussen er hovedsakelig gjennomført med videokamera, men også GPS-logger er benyttet. Alle turene hvor det er gjort egne registreringer er kjørt av kandidaten selv. Turene er kjørt i normal rutetrafikk. Det er i tillegg kjørt en referansetur med tom buss for å kartlegge kjøretiden uten forsinkelser. Til turene som er kjørt er det hentet ut detaljert passasjerstatistikk fra AtB.



Bilde 28: Bussen som er brukt på registreringene. 12 meter Solaris med gassdrift. Bilde: Wikipedia

### 5.1 Sanntidssystemet

I sanntidssystemet logges data automatisk for hver busstur som kjøres for AtB. Dataen samles inn av systemer i den enkelte buss, som hver natt overfører det til en sentral database. For å hente ut data er rapporteringssystemet på internett benyttet, Flashnet fra Swarco. Der kan forskjellige rapporter genereres ut fra det som blir loggført av sanntidssystemet. De ulike rapportene er beskrevet i kapittel 6.4. Rapportene er eksportert til Excel for videre analyser i oppgaven.

I tillegg til rapportene som kan hentes ut fra Flashnet er det mulig å kjøre spørringer direkte mot databasen. Hverken Statens vegvesen eller AtB hadde imidlertid denne muligheten høsten 2012. Det ble forsøkt å få leverandørene i Italia til å kjøre spørringer uten hell. AtB holder på å bygge opp et datavarehus<sup>14</sup> hvor de i større grad enn i dag skal få mulighet til å hente ut data direkte fra sanntidssystemet, men det er per desember 2012 enda ikke operativt.

### 5.2 Registreringer i buss

Til å samle inn egne data fra bussturene er det benyttet videokamera med GPS, Roadhawk RH-2. Den er plassert på frontruten i bussen. Opptakene lagres på minnekort og spilles av i eget program på PC. I tillegg til selve bildet blir klokke, hastighet og posisjon logget. Bilde 30 viser eksempel på opptak eksportert til vanlig videoformat (AVI).

<sup>14</sup> Et datavarehus innhenter og lagrer data fra flere databaser, strukturert på en tematisk rettet måte for videre analytisk behandling. AtB ønsker å kombinere blant annet billettdata og sanntidsdata i et datavarehus



Bilde 29: Opptakene i bussen er gjennomført med videokamera festet på frontruten. Kameraet har innebygget GPS

### Referansetur

For å finne ut kjøretiden på ruten uten forsinkelser er det kjørt en referansetur med tom buss, ofte kalt for en 0-tur. Samme buss på denne og de andre turene er benyttet. Referanseturen er kjørt om natten for å få minst mulig påvirkning fra annen trafikk. I lyskryss hvor det ble forsinkelse på grunn av rødt lys er den tiden tatt ut. I stedet er det forutsatt at bussen holder fartsgrensen gjennom krysset, eventuelt lavere hastighet i kurve. Ellers er fartsgrensen holdt der hvor det er forsvarlig.

Bilde 32 viser G-kraft-måler som er montert i bussen. Kjøres det for fort i en kurve, eller bremses for hardt gir den utslag fra gult til rødt. Ved å holde seg innenfor det grønne området vil de fleste passasjerer oppfatte det som en behagelig tur. Referanseturen er derfor forsøkt kjørt innenfor grønt område.

I tillegg til videoopptak av 0-turen er det brukt en håndholdt GPS-logger i bussen, Garmin Edge 800. Den logger hastighet, posisjon og tid ca. 30 ganger i minuttet. Den har også en egen rundefunksjon som gjør det mulig å dele opp turen i flere lenker.



Bilde 32: Garmin EDGE 800 er en GPS beregnet for syklist, men gir også gode resultater fra førerplassen i en buss



Bilde 30: Eksempel på opptak fra busstur. Øverst står tidspunkt, hastighet og posisjon



Bilde 31: AtB krever at alle busser skal ha display som gir sjåføren tilbakemelding om for høy hastighet i kurve eller for hard nedbremsing.

## 6 Datainnsamling

Dette kapitlet tar for seg den praktiske gjennomføringen av datainnsamlingen. De ulike rapportene fra sanntidssystemet (SISST) blir også beskrevet her.

### 6.1 Registreringsstrekning

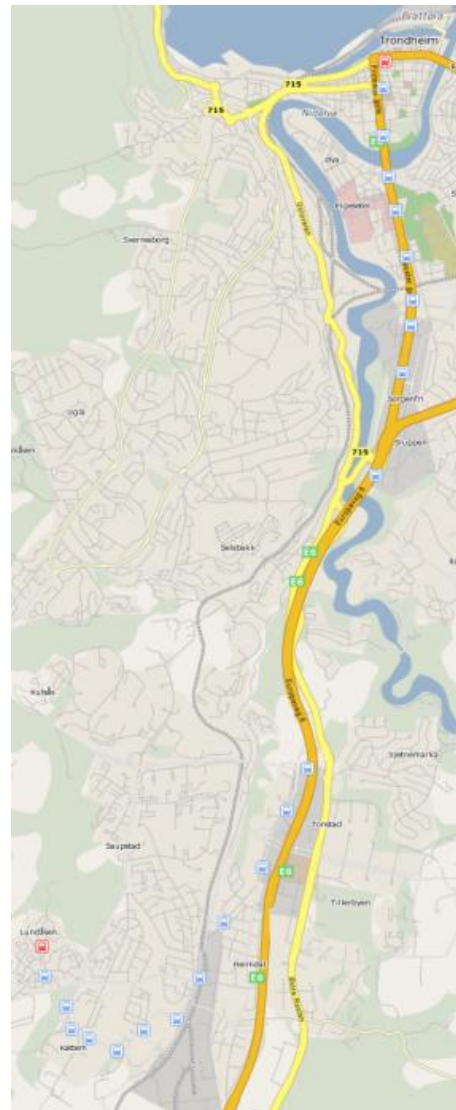
Registreringene i denne oppgaven er gjort på rute 9 i Trondheim. Den går i pendel fra Dragvoll til Lundåsen via sentrum. For å kartlegge kjøretiden er strekningen Lundåsen – sentrum kjørt i begge retninger med tom buss.

For å begrense omfanget av oppgaven er turene i rute kun kjørt på strekningen Lundåsen – sentrum, vist på figur 37. Disse er kjørt kun med videokamera, i tillegg registreringer fra SISST.

### 6.2 Gjennomførte turer i rute

Til sammen 10 turer er kjørt i rute med videoopptak på strekningen Lundåsen – sentrum. 9 av turene er 7.30-avgangen i morgenrush fra Lundåsen. Det er også kjørt en tur på søndag for å sammenlikne med. Det er benyttet samme buss på alle turene, en 12 meter Solaris gassbuss.

Målsetningen med å kjøre samme tur flere ganger er å se på spredningen i reisetid de ulike dagene. De to siste kjøringene er gjennomført på dager hvor signalprioriteringen har vært slått av. For de andre turene er signalprioriteringen slått på, men rute 9 har kun hatt vekting som en vanlig rute og ikke stamrute. Det skyldes at rute 6 og 9 ikke var definert som stamruter når systemet ble satt i drift. Fra januar 2013 har imidlertid også disse rutene fått vekting som stamrute. Eventuell tidsgevinst av dette har ikke blitt undersøkt.



Figur 37: Holdeplassene på rute 9 fra Lundåsen til sentrum

Tabell 7: Oversikt over turer som er registrert

Dato	Avgangstid	Merknad
14.10.2012	10.20	Søndag
30.10.2012	07.30	Buss tom for strøm, forsinket avgang. Fremdør som ikke ville lukke seg på Heimdal stasjon, forsinket 11 min der. Trafikkuhell Traneveien, forsinket 30 sek der. Snødekke.
31.10.2012	07.30	Snødekke
1.11.2012	07.30	Stedvis snø- og isdekke
2.11.2012	07.30	Isdekke på holdeplasser
5.11.2012	07.30	Buss tom for strøm. Sanntidssystemet i buss virket ikke. Isdekke på holdeplasser.
6.11.2012	07.30	
8.11.2012	07.30	
27.11.2012	07.30	Referansetur kjørt med tom buss før avgangen. Signalprioritering slått av
28.11.2012	07.30	Signalprioritering slått av

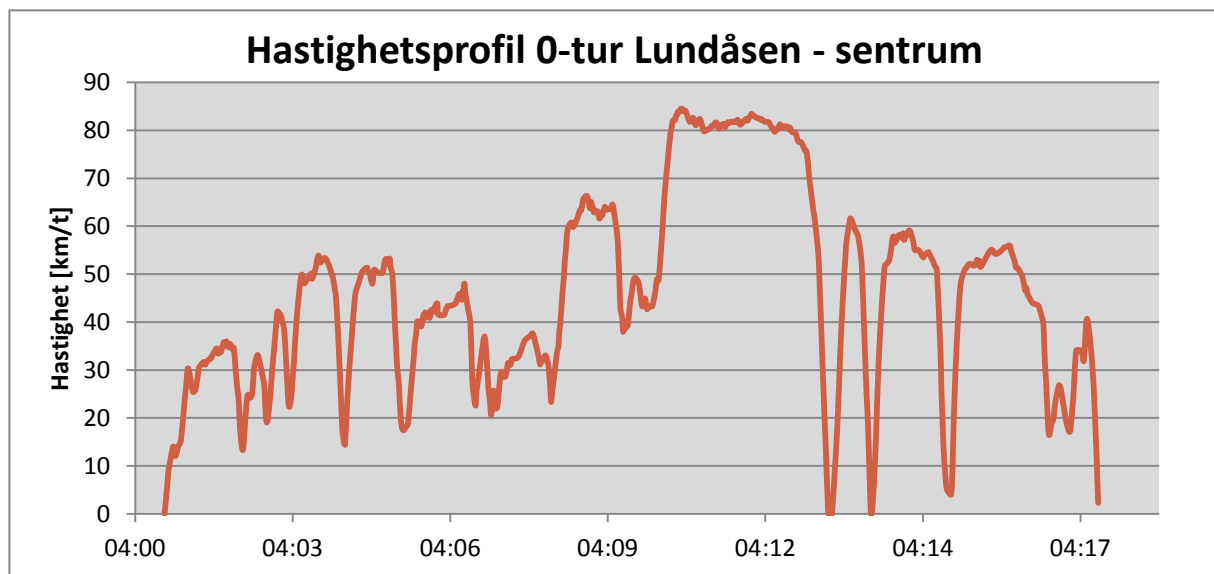
### 6.3 Gjennomføring av referansetur

Referanseturen ble gjennomført i tidsrommet 04.00 – 06.00 tirsdag 27.11.2012. Tidsbruken på denne turen er brukt som grunnlag for kjøretid på de andre turene, da den skal gjenspeile hvor lang tid det tar å kjøre ruten uten forsinkelser fra lyskryss, holdeplasser og annen trafikk.

Under gjennomføringen av referanseturen på strekningen Lundåsen – sentrum var det ingen forsinkelse forårsaket av annen trafikk. Men i tre lyskryss ble det forsinkelse på grunn av rødt lys, det var i følgende kryss:

- Holtermanns veg og Bratsbergvegen
- Holtermanns veg og Tempevegen
- Elgeseter gate og Magnus den Godes gate

Figur 38 viser hastighetsprofilen fra Lundåsen til sentrum, med de tre stoppene i lyskryss mot slutten. De andre lave hastighetene i figuren er krappe kurver langs ruten. Her er det kjørt slik at bussens G-kraft-måler holder seg innenfor «grønt» område, noe som skal indikere behagelig kjøring.



Figur 38: Hastighetsprofil fra GPS-logger på referanseturen. De tre stoppene mot slutten er rødt lys i Holtermanns veg og Elgeseter Gate

Den ekstra tiden som er gått med til røde lys på referanseturen er estimert og ikke tatt med i grunnlaget for kjøretid. Eksempel på beregning av ekstra tid er vist i Tabell 8 for krysset Holtermanns veg – Bratsbergvegen. Her er ekstra tid beregnet til 17 sekunder. Beregningene er i vedlegg 1

Tabell 8: Eksempel på utregning av ekstra tidsbruk ved rødt lys på 0-tur

Holtermanns veg - Bratsbergvegen	Referansepunkt	
Tid før kryss:	05:12:47	60-sone start
Tid etter kryss:	05:13:25	Brattsberg holdeplass
Tidsbruk [s]:	38	
Avstand [m]:	350	
Fartsgrense [m/s]:	16,7	
Tid uten stopp [s]:	21	
Ekstra tid [s]:	17	

### Inndeling av turen i lenker

Traséen fra Lundåsen til sentrum består av svært forskjellige kjøreforhold: fra boligater på Lundåsen, via 6-felt motorveg på E6 til gatene i sentrum med 90-graders svinger og lyskryss. Referanseturen er derfor delt opp i lenker. Som en naturlig inndeling er det valgt å ha en lenke mellom hver holdeplass. Det gir 22 lenker fra Lundåsen til sentrum, vist i Tabell 9. I sanntidssystemet er det mulig å hente ut rapporter som har samme inndeling, noe som også er en årsak til at denne inndelingen er valgt.

Tabell 9: Holdeplasser på strekningen Lundåsen - sentrum og tidsbruk mellom dem på referanseturen

	Tidsbruk [s]	Avstand [m]	Snitthastighet [km/t]
<b>Lundåsen nordre</b>			
Lundåsen	61	420	24,8
Traneveien	62	480	27,9
Kattem	29	310	38,5
Kattemsenteret	14	180	46,3
Kattemskogen	21	320	54,9
Bekkasinvegen	36	370	37,0
Heimdalsvegen	30	420	50,4
Heimdal stasjon	56	550	35,4
Peder Morsets veg	64	610	34,3
Vestre Rosten	69	670	35,0
Maskinargentur	35	610	62,7
Tonstadkrysset	35	530	54,5
Kroppanbrua	164	3350	73,5
Bratsbergvegen	54	1060	70,7
Valøyvegen	29	480	59,6
Tempe kirke	17	280	59,3
Prof. Brochs gate	26	400	55,4
Einar Tambarskjelves gate	33	460	50,2
Studentersamfundet	25	350	50,4
Prinsen kinosenter	29	400	49,7
Torget	53	570	38,7
Munkegata M5	43	340	28,5





## 6.4 Data fra sanntidssystemet (SISST)

I denne oppgaven er dataen som er benyttet fra SISST begrenset til det som har vært mulig å hente ut fra rapportene i Flashnet. Det finnes mer data enn det som presenteres i rapportene, men hverken AtB eller Statens vegvesen har klart å fremskaffe det. Det har heller ikke vært mulig å skaffe dokumentasjon fra leverandøren over hva som faktisk blir lagret i systemet utover det som presenteres i rapportene.

Opprinnelig var det 15 rapporter tilgjengelig fra SISST. I slutten av november 2012 kom det to nye rapporter i rapporteringssystemet. Disse ble bestilt av Miljøpakken for blant annet å få bedre mulighet til å føre statistikk over reisehastighet. I denne oppgaven er de nye rapportene brukt i analysen, men også noen eksempler på de gamle er vist. Oversikt over alle rapportene er listet opp i Figur 39.

Rapportene er utviklet av Swarco sin avdeling i Italia. Leverandøren har valgt en blanding av engelsk og norsk språk i rapportene. Mye av terminologien som er brukt virker å være dårlig oversettelse fra italiensk. I følge AtB og Statens vegvesen har kommunikasjonsproblemer gjort det utfordrende å få utformet rapportene som ønsket. Det har også vært et kontinuerlig arbeid siden oppstarten med å luke ut feil og forbedre prognosene for ankomst på holdeplass og til lyskryss. Servere og programvare ble oppgradert november 2012. I følge leverandøren er det oppnådd en betydelig forbedring etter dette.

I denne oppgaven har det blitt benyttet tre typer rapporter hvor den viktigste dataen er:

- Tidsbruk og hastighet for en hel busstur
- Passeringstidspunkt og oppholdstid på holdeplasser
- Passeringstidspunkt ved virtuelle sløyfer

Av de originale rapportene er det «Fullførte komplette turer» som er benyttet til å se snitthastighet og tidsbruk for en hel busstur. Den nye rapporten «Komplette turer» har samme formål, men det er litt forskjell i hvilke data som presenteres.

For passeringstidspunkt ved virtuelle sløyfer og oppholdstid på holdeplasser er dette samlet i en av de nye rapportene som heter «Passages at Nodes and Virtual loop». Denne rapporten er brukt for å sammenlikne reisetiden med videooptak. Den gamle rapporten «Passeringer på holdeplass», benytter en annen metode for å beregne holdeplasstid. Registreringer fra en tur er sammenliknet med denne rapporten.

Tilgjengelige rapporter fra sanntidssystemet [sic]:

- Avstand til neste buss, regularitet
- Count passages on Virtual Loops
- Faktiske turer
- Forsinkede passeringer (månedsbasis)
- Fullførte komplette turer
- Ikke utførte turer
- Kjøretøyliste
- Kommersiell hastighet
- Passeringer på holdeplass
- Passeringer på Virtual Loops
- Punktlighet for selskap
- Turer fra rutetabell
- Turtid sjekke
- Utført tjeneste
- Utførte Km
- Komplette turer \*
- Passages at Nodes and Virtual loops\*

\* nye rapporter november 2012

Figur 39: Rapporter fra Flashnet, AtB sin portal for å hente ut sanntidsdata

### Rapporten «Fullførte komplette turer»

Denne rapporten viser reisetiden for turer som er gjennomført med SISST. Den har blitt benyttet av Statens vegvesen til å gjennomføre sin årlige kartlegging av reisehastighet med buss i Trondheim<sup>15</sup>. Utdrag av rapporten er vist i Figur 40.

Dato tid	Linje	Tur	Buss	Avganger ihht. rutedata	Faktiske avganger	Nøyaktighet	Ankomst ihht. rutetid	Faktiske ankomst	Nøyaktighet	Reisetid (min)	Ventetid på endeholdeplass	Lengde (Km)	Faktiske lengde (Km)	Ute av tjeneste (Km)	Hist. Hastighet (km/h)	Kommersiell hastighet (Km/h)	Nøyaktighet (%)	Bane	Avgang node	Ankomst node	Holdeplass #
14-10-2012	9	64500302SL	477	10:20	10:20	2	10:44	10:44	0	24	0	13,2	0	0	32,56	26,12	18	93	LU	M5	22
30-10-2012	9	9800102SL	446	07:30	07:30	2	07:56	08:29	1	59	1	13,2	12,64	7,87	13,44	13,12	100	93	LU	M5	22
31-10-2012	9	9800102SL	446	07:30	07:30	2	07:56	08:13	1	43	1	13,2	13,17	9,9	18,09	17,53	100	93	LU	M5	22
01-11-2012	9	9800102SL	446	07:30	07:30	2	07:56	08:08	1	38	1	13,2	13,4	9,61	20,83	20,53	100	93	LU	M5	22
02-11-2012	9	9800102SL	446	07:30	07:30	2	07:56	08:02	1	32	5	13,2	13,11	9,93	24,32	21,16	95	93	LU	M5	22
06-11-2012	9	9800102SL	446	07:30	07:30	2	07:56	08:06	1	36	3	13,2	13,14	9,92	21,54	20,16	95	93	LU	M5	22
08-11-2012	9	9800102SL	446	07:30	07:32	1	07:56	08:11	1	39	0	13,2	13,17		20,19	20,03	-1	93	LU	M5	22
27-11-2012	9	9800102SL	446	07:30	07:31	1	07:56	08:06	0	35	0	13,2	9,72		22,7	16,9	74	94	LU	M5	22
28-11-2012	9	9800102SL	446	07:30	07:31	1	07:56	08:05	1	34	0	13,2	13,13		23,37	22,24	99	94	LU	M5	22

Figur 40: Utdrag av rapporten "Fullførte komplette turer" fra sanntidssystemet. Turene som er gjennomført med opptakststyr er vist.

Forklaring på kolonnene:

<b>Dato tid</b>	Dato turen ble gjennomført
<b>Linje</b>	Rutenummer på turen som er utført
<b>Tur</b>	Turkode. For pendelruter er det ny tur ved ankomst sentrumsterminal
<b>Buss</b>	Internnummer for bussen hos operatøren (446 er en Solaris gassbuss)
<b>Avganger ihht. Rutedata</b>	Avgangstid oppgitt i ruteheftet for starten av turen
<b>Faktisk avganger</b>	Tidspunkt bussen faktisk forlater første holdeplass
<b>Nøyaktighet</b>	Hvor nøyaktig tidspunkt for avgang er, angitt som 1 eller 2
<b>Ankomster ihht. Rutedata</b>	Ankomsttid oppgitt i ruteheftet for endeholdeplassen
<b>Faktisk ankomst</b>	Tidspunktet bussen faktisk ankommer endeholdeplassen
<b>Nøyaktighet</b>	Hvor nøyaktig tidspunkt for ankomst er, angitt som 0 eller 1
<b>Reisetid (min)</b>	Antall minutter fra faktisk avgang til faktisk ankomst
<b>Ventetid på endeholdeplass</b>	Hvor mange minutter bussen står på endeholdeplass før neste tur
<b>Lengde (km)</b>	Lengden på turen utfra rutetabell
<b>Faktisk lengde (km)</b>	Faktisk lengde som er registrert av sanntidssystemet
<b>Ute av tjeneste (km)</b>	Ikke klart å fastslå
<b>Hist. Hastighet (km/t)</b>	Gjennomsnittshastighet fra start til ankomst endeholdeplass
<b>Kommersiell hastighet (km/t)</b>	Gjennomsnittshastighet inkludert reguleringstid på endeholdeplass
<b>Nøyaktighet (%)</b>	Prosent av reisedata som er hentet inn
<b>Bane</b>	Trasé som bussen skal kjøre
<b>Avgang node</b>	Kode for første holdeplass på turen
<b>Ankomst node</b>	Kode for siste holdeplass på turen
<b>Holdeplass #</b>	Antall holdeplasser på turen

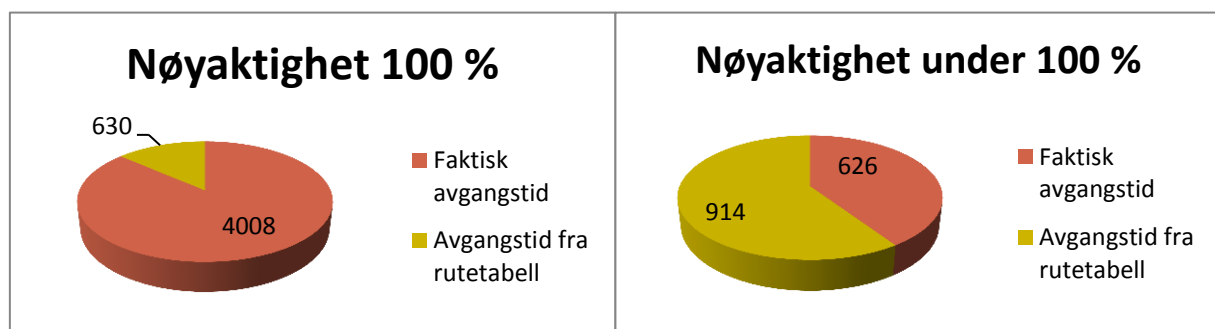
<sup>15</sup> I følge samtale med Ørjan Tveit, Statens vegvesen

Rapporten er nyttig for å se på utviklingen av reisehastighet til de forskjellige rutene. Andre bruksområder kan være å se på reguleringstid på endeholdeplass og hvor ofte bussene har forsinket avgang fra første holdeplass. Det betinger imidlertid at dataen er mest mulig nøyaktig. En oversikt over registrerte turer viser imidlertid at SISST har problem med å tidfeste når en tur faktisk starter. Tabell 10 viser differansen mellom faktisk avgangstidspunkt og tidspunktet som er registrert i SISST. Det viser seg at når kolonnen «nøyaktighet» i rapporten er satt til «2» har ikke SISST klart å fastslå avgangstidspunktet, og bruker da i stedet tidspunkt fra rutetabellen. Dette var tilfellet for alle registrerte turer før 8. november, mens de etter det ble korrekt tidfestet.

Tabell 10: Differansen mellom faktisk avgang og registrert avgangstidspunkt i sanntidssystemet

Dato	Avgangstid			Nøyaktighet
	Rutetabell	Sanntidsdata	Faktisk avgang	
14.10.2012	10:20	10:20	10:20:04	2
30.10.2012	07:30	<b>07:30</b>	<b>07:35:00</b>	2
31.10.2012	07:30	07:30	07:30:01	2
01.11.2012	07:30	07:30	07:30:30	2
02.11.2012	07:30	07:30	07:30:06	2
06.11.2012	07:30	<b>07:30</b>	<b>07:31:16</b>	2
08.11.2012	07:30	07:32	07:31:29	1
27.11.2012	07:30	07:31	07:31:00	1
28.11.2012	07:30	07:31	07:31:29	1

En gjennomgang av over 6000 registreringer på rute 9 i oktober 2012 viser at 25 % av avgangene ikke har korrekt tidspunkt for avgang og i stedet bruker tidspunkt fra rutetabellen. Feilen forekommer oftest for turene som er utført med «Nøyaktighet %» under 100, det vil si turene hvor det mangler noe reisedata. Figur 41 viser at flertallet av disse turene har avgangstid fra rutetabellen. Også 15 % av turene med «Nøyaktighet %» lik 100 har denne feilen.



Figur 41: En stor andel av registreringene kan ikke brukes til å måle gjennomsnittshastighet, siden faktisk avgangstid ikke er registrert. Problemet er størst for turer med nøyaktighet under 100 %. Analyseområdet er alle registrerte turer i oktober 2012 på rute 9 (6178 turer)

Konsekvensen av denne feilen er at en stor andel av turene får beregnet lengre reisetid enn det som er tilfellet. Hele 70 % av turene med korrekt angitt avgangstid er kjørt for sent fra første holdeplass, stort sett mellom 1 og 3 minutter. Gjelder det også for turene uten registrert avgangstid, har disse på rute 9 i snitt fått registrert ca. 10 % for lang kjøretid. Det er uklart om dette har påvirket resultatene ved måling av reisehastighet med buss for 2011 og 2012.

### Rapporten «Komplette turer»

Denne rapporten er ny fra desember 2012, eksempel på rapporten i Excel-format er vist i tabell 11 og tabell 12. Målsetningen med rapporten er å se på utviklingen av reisetid for de ulike rutene. I forhold til den gamle rapporten inneholder denne mange nye felt. Dessverre fulgte det ikke med forklaring til de nye rapportene, så en del av feltene kan hverken Statens vegvesen eller AtB forklare hva betyr. Enkelte kolonneoverskrifter er også uklare eller misvisende, slik som «Gjennomsnittlig operasjonell hastighet» hvor det egentlig menes hastighet ut fra rutetabellen, ekskludert reguleringstid.

Rapporten har også store svakheter når dataen skal bearbejdes og analyseres i Excel. Det største problemet er at verdier formateres som timer, minutter og sekunder, separert med kolon, for eksempel avgangsforsinkelsen kan være 02:25. Det oppfattes ikke som et tall i Excel, så det kreves mye arbeid med hver rapport før man kan analysere dataen.

Noe av det som er nytt i denne rapporten er oppholdstid på endeholdeplass (reguleringstid) og avstand til bussen på forrige avgang. I rapporten kalles reguleringstid for overlapp, så de to første kolonnene i tabell 12 angir reguleringstid i rutetabellen og faktisk tid brukt til regulering. Avstand til forrige bussavgang er i kolonnene «Gjennomsnittlig tidsrom mellom busser» (avstand i følge rutetabell) og «Avstand til buss foran» (faktisk avstand). Det har ikke vært mulig å finne ut hvordan denne avstanden beregnes, om det er en snittverdi av flere passeringer eller tidsforskjell ved ankomst på terminal f.eks. Andre kolonner som er verdt å nevne:

Tabell 11: Første halvparten av kolonnene i rapporten "Komplette turer". Turene med egne registreringer er vist

Date	Tur	Vognløp	Linje	Bane	Avgangsterminal	Ankomst på terminal	Avgangstid iht. rutetabell	Avgangstid	Ankomstid iht. rutetabell	Ankomsttid	Avgangsforsinkelse	Ankomst før rutetid
30.10.2012	9800102SL	1099	9	93	16010272 - Lundåsen (16010272)	16010005 - Munkegata - M5 (16010005)	07:30:00	07:30:00	07:56:00	08:29:02	00:00	-33:02
31.10.2012	9800102SL	1099	9	93	16010272 - Lundåsen (16010272)	16010005 - Munkegata - M5 (16010005)	07:30:00	07:30:00	07:56:00	08:13:51	00:00	-17:51
01.11.2012	9800102SL	1099	9	93	16010272 - Lundåsen (16010272)	16010005 - Munkegata - M5 (16010005)	07:30:00	07:30:00	07:56:00	08:08:05	00:00	-12:05
02.11.2012	9800102SL	1099	9	93	16010272 - Lundåsen (16010272)	16010005 - Munkegata - M5 (16010005)	07:30:00	07:30:00	07:56:00	08:02:37	00:00	-06:37
05.11.2012	9800102SL	1099	9	93	16010272 - Lundåsen (16010272)	16010005 - Munkegata - M5 (16010005)	07:30:00		07:56:00			
06.11.2012	9800102SL	1099	9	93	16010272 - Lundåsen (16010272)	16010005 - Munkegata - M5 (16010005)	07:30:00	07:30:00	07:56:00	08:06:50	00:00	-10:50
08.11.2012	9800102SL	1099	9	93	16010272 - Lundåsen (16010272)	16010005 - Munkegata - M5 (16010005)	07:30:00	07:32:25	07:56:00	08:11:42	02:25	-15:42
27.11.2012	9800102SL	1099	9	94	16010272 - Lundåsen (16010272)	16010005 - Munkegata - M5 (16010005)	07:30:00	07:31:28	07:56:00	08:06:25	01:28	-10:25
28.11.2012	9800102SL	1099	9	94	16010272 - Lundåsen (16010272)	16010005 - Munkegata - M5 (16010005)	07:30:00	07:31:52	07:56:00	08:05:49	01:52	-09:49

<b>Gjennomsnittlig reisetid</b>	Reisetid etter rutetabellen (uten reguleringstid)
<b>Reisetid</b>	Faktisk reisetid (men kun på minutters nøyaktighet)
<b>Gjennomsnittlig operasjonell hastighet</b>	Snitthastighet på turen etter rutetabellen, reguleringstid ikke tatt med
<b>Operasjonell hastighet</b>	Faktisk snitthastighet uten reguleringstid
<b>Gjennomsnittlig kommersiell hastighet</b>	Snitthastighet på turen etter rutetabellen, inkludert reguleringstid
<b>Kommersiell hastighet</b>	Faktisk snitthastighet med reguleringstid

For beregning av hastighet på en rute er det operasjonell hastighet som har blitt benyttet av Statens vegvesen og i denne oppgaven.

**Tabell 12: Andre halvpart av kolonnene i rapporten "Komplette turer". Turene med egne registreringer er vist**

Overlapp iht. rutetabell (mm:ss)	Overlapp (mm:ss)	Ikke utført nytt lag %	Lengde	Bejente meter	Uten tjeneste	Gjennomsnittlig reisetid (tt:mm)	Reisetid (tt:mm)	Gjennomsnittlig tidsrom mellom busser (mm:ss)	Avstand til buss foran (mm:ss)	Gjennomsnittlig operasjonell hastighet (km/t)	Operasjonell hastighet	Gjennomsnittlig kommersiell hastighet (km/t)	Kommersiell hastighet (km/t)	Rekkefølge	Anomali	Leave on time	Arrive on time
12:00	01:26	01:28	13222	12638	7867	00:26	00:59	05:00	20:46	30,51	13,44	20,88	13,12	Først	Ja	2	0
12:00	01:24	01:28	13222	13170	9899	00:26	00:43	05:00	08:09	30,51	18,09	20,88	17,53	Først	Ja	2	0
12:00	00:33	01:35	13222	13402	9615	00:26	00:38	05:00	05:00	30,51	20,83	20,88	20,53	Først	Ja	2	0
12:00	04:52	00:59	13222	13107	9928	00:26	00:32	05:00	05:06	30,51	24,32	20,88	21,16	Først	Ja	2	0
12:00			13222			00:26		00:00		30,51		20,88			Nei		
12:00	02:31	01:19	13222	13140	9920	00:26	00:36	05:00	06:57	30,51	21,54	20,88	20,16	Først	Ja	2	0
12:00	00:00	01:40	13222	13173		00:26	00:39	05:00	09:44	30,51	20,19	20,88	20,03	Først	Ja	0	0
12:00	00:12	01:38	13222	9720		00:26	00:35	10:00	16:52	30,51	22,70	20,88	16,90	Først	Ja	1	0
12:00	00:01	01:40	13222	13133		00:26	00:34	10:00	11:07	30,51	23,37	20,88	22,24	Først	Ja	1	0

### Rapporten «Passeringer på holdeplass»

Dette er den gamle rapporten som viser passeringstidspunkt for hver holdeplass på en utvalgt tur. Den viser også passeringstid som står i ruteheftet, og hvor langt etter ruten bussen er ved passering. Tid på holdeplass er også oppgitt i rapporten. Rapporten kan også benyttes til å se avstanden mellom forskjellige busser på samme rute.

Tabell 13: Rapporten "Passeringer på holdeplass" for en gjennomført tur

Tur	Buss holdeplass	Faktisk ankomst	Ankomst ihht. Rutetid	Pause (s)	Forsinkelse neste målpunkt (s)	Faktisk avstand til buss foran (s)	Avstand til buss foran ihht. Rutedata (s)
9800102SL	Lundå	07:31:47	07:31	33	47	528	600
9800102SL	Katte	07:35:48	07:32	18	228	469	600
9800102SL	Trane	07:34:31	07:32	29	151	521	600
9800102SL	Katte	07:36:32	07:33	25	212	932	600
9800102SL	Katte	07:37:33	07:34	20	213	878	600
9800102SL	Bekka	07:38:46	07:35	19	226	814	600
9800102SL	Heimd	07:39:44	07:36	9	224	774	600
9800102SL	HD.	07:48:06	07:37	36	666	604	600
9800102SL	Peder	07:53:41	07:38	31	941	771	600
9800102SL	Vestr	07:56:11	07:39	16	1031	722	600
9800102SL	Maski	07:57:17	07:40	20	1037	336	600
9800102SL	Tonst	07:55:58	07:41	20	898	336	600
9800102SL	Kropp	08:01:49	07:44	11	1069	1089	60
9800102SL	Brats	08:03:12	07:45	30	1092	554	60
9800102SL	Tempe	08:05:17	07:46	1	1157	537	60
9800102SL	Valøy	08:04:47	07:46	1	1127	492	60
9800102SL	Prof.	08:06:18	07:47	19	1158	507	60
9800102SL	Einar	08:07:52	07:48	25	1192	567	60
9800102SL	Stude	08:09:02	07:49	12	1202	513	60
9800102SL	Prins	08:10:05	07:50	21	1205	526	60
9800102SL	Torve	08:12:19	07:52	27	1219	484	780
9800102SL	M5	08:13:51	07:56	84	1071	489	300

Forklaring på kolonnene:

<b>Tur</b>	Turkode. For pendelruter er det ny tur ved ankomst sentrumsterminal
<b>Bussholdeplass</b>	Navn på holdeplassen (flere holdeplasser kan ha samme forkortelse)
<b>Faktisk ankomst</b>	Tidspunkt bussen faktisk ankommer holdeplassen
<b>Antatt ihht. rutetid</b>	Ankomsttid fra ruteheftet
<b>Pause (s)</b>	Et estimat for oppholdstid på holdeplass
<b>Forsinkelse neste målpunkt (s)</b>	Antall sekunder bussen er forsinket ved ankomst holdeplassen
<b>Faktisk avstand til buss foran (s)</b>	Antall sekunder siden forrige buss på samme rute passerte holdeplassen
<b>Avstand til buss foran ihht. rutedata (s)</b>	Antall sekunder siden forrige avgang ihht. rutetabellen

Før det ble kjent at det skulle komme nye rapporter ble denne rapporten benyttet på en tur for å se om holdeplasstiden stemte overens med registreringene fra videopptakene. Resultatene i tabell 14 viser tydelig store avvik mellom holdeplastidene, mens ankomst på holdeplass som regel stemmer godt overens. Tidene uthevet i gult viser de største avvikene, hvor bussen har kjørt rett forbi holdeplassen uten stopp, mens rapporten oppgir på det meste 39 sekunder oppholdstid. Det har ikke vært mulig å få en forklaring nøyaktig på hvordan denne tiden er beregnet, men i følge Statens vegvesen<sup>16</sup> er den basert på en algoritme som ser på forsinkelsen mellom to holdeplasser og tildeler en gitt tid av dette til holdeplasstid.

Siden det nå har kommet en ny rapport som har en annen metodikk for å beregne holdeplasstiden er det ikke sett mer på denne rapporten.

**Tabell 14: Sammenlikning av sanntidsdata og egne registreringer (Roadhawk) til høyre. Roadhawk var innstilt på sommertid og derfor en time feil**

Tur	Bus stop	Faktisk ankomst	Antatt ankomst	Pause (s)	Forsinkelse TP (s)	Roadhawk stopp holdeplass	Roadhawk start holdeplass	Roadhawk holdeplasstid
64800305SL	Voll	11:18:43	11:19	21	-17	10:18:43	10:18:53	00:00:10
64800305SL	Brøse	11:20:06	11:20	19	6	10:20:03	10:20:13	00:00:10
64800305SL	Brøse	11:20:45	11:21	27	-15	10:20:45	Ikke stopp	
64800305SL	Strin	11:20:47	11:21	39	-13	10:21:00	Ikke stopp	
64800305SL	Henri	11:21:42	11:21	8	42	10:21:38	10:21:47	00:00:09
64800305SL	Tegle	11:22:25	11:22	27	25	10:22:23	10:22:29	00:00:06
64800305SL	Brøse	11:22:47	11:23	1	-13	10:23:15	Ikke stopp	
64800305SL	Brøse	11:23:09	11:24	19	-51	10:23:37	Ikke stopp	
64800305SL	Solvo	11:24:02	11:25	25	-58	10:24:02	Ikke stopp	
64800305SL	Strin	11:25:11	11:26	19	-49	10:25:32	Ikke stopp	
64800305SL	Broms	11:25:57	11:26	23	-3	10:26:05	Ikke stopp	
64800305SL	Kong	11:26:43	11:27	16	-17	10:26:43	10:26:50	00:00:07
64800305SL	Persa	11:27:37	11:28	7	-23	10:27:35	Ikke stopp	
64800305SL	BRIAN	11:27:58	11:28	11	-2	10:28:16	Ikke stopp	
64800305SL	Dalen	11:29:09	11:28	8	69	10:29:08	10:29:20	00:00:12
64800305SL	Saxen	11:29:41	11:28	6	101	10:29:52	Ikke stopp	
64800305SL	Rønne	11:30:21	11:29	29	81	10:30:21	10:30:27	00:00:06
64800305SL	Rosen	11:31:30	11:29	2	150	10:31:30	Ikke stopp	
64800305SL	Buran	11:31:54	11:30	13	114	10:31:54	10:32:04	00:00:10
64800305SL	Stran	11:32:28	11:31	14	88	10:32:31	10:32:42	00:00:11
64800305SL	Solsi	11:33:58	11:32	13	118	10:33:56	10:34:08	00:00:12
64800305SL	Bakke	11:35:17	11:34	15	77	10:34:56	10:35:18	00:00:22
64800305SL	Nova	11:36:29	11:35	37	89	10:36:06	10:36:17	00:00:11

<sup>16</sup> I samtaler med Ørjan Tveit

### Rapporten «Passages at Nodes and Virtual Loops»

Dette er en av de nye rapportene som kom i desember 2012. Den muliggjør å se passeringstidspunkt både fra holdeplasser og virtuelle sløyfer i samme rapport. Det er også benyttet en ny metode for å beregne holdeplasstid her i forhold til den gamle rapporten. Nå er holdeplasstiden beregnet til tidsbruket mellom to virtuelle sløyfer – en rett før og en etter holdeplassen.

Utdrag fra en rapport er vist i tabell 15. Kolonneoverskriftene er en kombinasjon av norsk og engelsk. Tre av kolonnene er ikke navngitt men er tolket til å være id.nr på holdeplass/sløyfe, holdeplasstid og tid foran rute. Alle beregnede verdier i rapporten er angitt i minutter og sekunder, separert med komma. I Excel blir tall separert med komma definert som klokkeslett, noe som gir begrensede analysemuligheter. Skal det gjøres analyser må derfor tallene først konverteres til vanlige heltall (antall sekunder) i en ny kolonne. For holdeplasstid er det en forholdsvis enkel prosess, da det alltid er en positiv verdi. Kolonnen «Tid foran rutetid» vil derimot som regel være negativ. Selv om Excel skal kunne håndtere negative tidsverdier er det ikke funnet en enkel måte å konvertere for eksempel «-04:06» til -246.

Andre irritasjonsmoment ved rapporten er at:

- dato ikke er i en egen kolonne men står dobbelt opp sammen med faktisk og planlagt tidspunkt
- holdeplassnummer står dobbelt opp (også sammen med navn på holdeplassen)
- før rapporten kan sorteres og filtreres i Excel må 4 sammenslåtte celler i overskriftene fjernes
- avstand til buss foran er også angitt som «klokkeslett» og ikke et heltall i antall sekunder

Avstand frem til forrige bussavgang, «Actual headway», holder seg konstant over lange strekninger, noe som tyder på at den ikke oppdateres ved passering av hver holdeplass. Det har ikke latt seg gjøre å få svar på hvordan denne verdien beregnes.

Ved uttak av sanntidsdata fra turene som er registrert i denne oppgaven viser det seg at passeringer på virtuelle sløyfer ikke lengre er tilgjengelig for mange av turene. Opprinnelig ble det sagt fra leverandøren at de skulle være tilgjengelig i 90 dager, men dataen ser kun ut til å være tilgjengelig i 3 uker. Denne dataen er derfor kun tilgjengelig fra de to siste turene. Ved en av disse turene har imidlertid SISST av ukjent grunn ikke registrert passeringer mellom Lerkendal og Solsiden. Holdeplasspasseringer er tilgjengelig fra alle turene.

Tabell 15: Eksempel på rapporten "Passages at Nodes and Virtual Loops"

Linje	Shift	Tur	Vehicle		Bus stop/Link	Type	Actual arrival	Scheduled arrival			Actual headway	Scheduled headway
9	1099	9800102SL	446	16011170	Kolstad/Heimdal (16011170)	Holdeplass	27.11.2012 07:41:06	27.11.2012 07:37:00	00:32	-04:06	16:52	10:00
9	1099	9800102SL	446	16011367	P. Mørsets v. (16011367)	Holdeplass	27.11.2012 07:45:10	27.11.2012 07:38:00	00:21	-07:10	16:52	10:00
9	1099	9800102SL	446	16011547	Vestre Rosten (16011547)	Holdeplass	27.11.2012 07:46:49	27.11.2012 07:39:00	00:22	-07:49	16:52	10:00
9	1099	9800102SL	446	16011297	Maskinagentur (16011297)	Holdeplass	27.11.2012 07:48:01	27.11.2012 07:40:00	00:18	-08:01	16:52	10:00
9	1099	9800102SL	446	16010505	Tonstadkrysset 2 (16010505)	Holdeplass	27.11.2012 07:49:04	27.11.2012 07:41:00	00:26	-08:04	16:52	10:00
9	1099	9800102SL	446	1130	Tonst ->807-1	Loop	27.11.2012 07:49:31					
9	1099	9800102SL	446	1131	Tonst ->807-1	Loop	27.11.2012 07:49:45					
9	1099	9800102SL	446	1132	807-1 ->Kropp	Loop	27.11.2012 07:50:07					
9	1099	9800102SL	446	16011246	Kroppanbrua (16011246)	Holdeplass	27.11.2012 07:53:07	27.11.2012 07:44:00	00:08	-09:07	16:52	10:00
9	1099	9800102SL	446	260	Kropp ->601-1	Loop	27.11.2012 07:54:22					
9	1099	9800102SL	446	261	Kropp ->601-1	Loop	27.11.2012 07:54:37					



## 7 Analyse av dagens reisetid

I dette kapitlet blir dataen fra videoopptakene og sanntidssystemet (SISST) gjennomgått. Kapitlet starter med å forklare hvilke metoder som benyttes for å beregne tidsbruk på ulike komponenter av en bussreise.

Dette benyttes så i del to til å analysere videoopptakene. Reisetidskomponenter mellom hver holdeplass presenteres på strekningen Lundåsen – sentrum.

I del tre sammenliknes resultatene fra videoopptakene med sanntidsdata. Først sammenliknes opptakene med rapporten «Komplette turer», og så «Passages at Nodes and Virtual Loop». Spørsmålene som forsøkes besvart er:

- Stemmer observasjonene fra videoopptak overens med sanntidsdata?
- Kan reisetiden deles opp i ulike reisetidskomponenter basert på rapportene i sanntidssystemet?

I del fire brukes sanntidsdata for å se på reisetiden i ettermiddagsrush sentrum – Lundåsen.

I del fem oppsummeres funnene. Svakheter og ønsker på forbedringer fra sanntidssystemet diskuteres.

## 7.1 Beregning av tid på ulike komponenter

Inndeling av reisetiden i forskjellige komponenter er ingen eksakt vitenskap. Grensegangen mellom kjøretid, holdeplasstid og tid i kø vil variere mellom undersøkelser. I dette delkapitlet blir forutsetningene som er brukt ved gjennomgang av videoopptakene i denne oppgaven beskrevet. Der hvor det er aktuelt sammenliknes det også med annen litteratur på området.

### Beregning av tid på holdeplass

På en bussholdeplass kan det være mange faktorer som påvirker tidsbruken, spesielt i rushperioden med mye trafikk av biler, passasjerer og andre busser. Det kan gjøre det vanskelig å sette grensen mellom holdeplasstid og tid i kø for eksempel. Tabell 16 viser en liste over ulike situasjoner som har oppstått, og hvordan tidsbruken er definert.

Tabell 16: Oversikt over hvordan holdeplasstiden er definert ved ulike hendelser

Hendelse	Definisjon av tid
<b>Bussholdeplassen er allerede full av busser</b>	Holdeplasstid regnes ikke før bussen har stoppet der av- og påstigning skjer. Eventuelle stopp og opphold før det defineres som kø
<b>Bussen får ikke forlatt holdeplass pga. buss foran</b>	Holdeplasstid regnes frem til dørene er lukket og dørbremsen er av. På videoopptaket sees det ved at nærlysene går på og bussen hever seg. Ventetiden regnes som kø
<b>Bussen får ikke forlatt holdeplass pga. rødt lys</b>	Samme som over, men ventetiden regnes som forsinkelse i kryss
<b>Bussen må åpne dørene flere ganger siden passasjer kommer løpende i siste liten</b>	I slike tilfeller kjører gjerne bussen noen meter før den må stoppe igjen. Holdeplasstiden er da definert som tiden fra første stopp til den kjører igjen andre gangen
<b>Dørene lukkes og bussen settes i bevegelse før billettering er ferdig / folk har satt seg</b>	Som et «normalt» stopp, men illustrerer at forskjellig kjørestil kan ha mye å si på holdeplasstiden.

Ved et «normalt» stopp på en holdeplass er holdeplasstiden definert som den tiden bussen står stille. Det vil vanligvis være omtrent like lang tid som dørene er åpne (eller på vei til å åpnes/lukkes). Nyere busser har krav om at dørene ikke kan åpnes før bussen står stille, og heller ikke komme i bevegelse før dørene er lukket. Ca. 5 sekunder av holdeplasstiden går derfor med til åpning og lukking av dører<sup>17</sup>. På kalde vinterdager vil mange sjåførere lukke dørene så fort siste passasjer er kommet om bord. Det er for å holde på varmen mens billettering pågår.

I Prosam sine rapporter om reisehastighet i Oslo er holdeplasstiden definert som tiden fra dørene åpnes til dørene lukkes (Presterud, 2011). Dataen for det er hentet fra sanntidssystemet. Slik data lagres også i sanntidssystemet i Trondheim, men dataen blir ikke brukt i rapportene og har derfor ikke vært mulig å hente ut. Det er derfor ikke mulig å si hvor stort avvik det er mellom sanntidsdataen og registreringene i denne oppgaven.

<sup>17</sup> Inntil noen år siden var det vanlig at bussene kunne kjøre mens dørene åpnet/lukket seg. Mange sjåførere åpnet dørene rett før bussen stoppet opp, og sparte dermed noen sekunder per holdeplass. Skjerpede krav til trafiksikkerhet forbyr imidlertid det på nye busser registrert i dag.

I Trondheim har man i sanntidssystemet valgt å definere holdeplasstiden til den tiden som er brukt mellom to virtuelle sløyfer – en rett før og en rett etter holdeplassen. Det gir en noe lengre holdeplastid enn metoden som er brukt i denne oppgaven, se figur 57 side 76.



**Bilde 34:** Passasjerer som kommer løpende i siste liten gjør det av og til nødvendig med to stopp på samme holdeplass



**Bilde 33:** Ganske vanlig syn i kollektivbuen i morgenrush. Ventetid på grunn av andre busser er definert som kø. (Refleksjon av nærlysene i bussen foran viser at dørene er lukket)

### Beregning av forsinkelse inn og ut fra holdeplass

Forsinkelse inn til holdeplass er en beregning av den ekstra tiden som går med fra bussen må starte oppbremsing til den har stoppet på holdeplassen. Forsinkelsen ut fra holdeplass er tilsvarende motsatt – ekstratiden som går med fra bussen starter å bevege seg til den har oppnådd vanlig kjørehastighet igjen.

For å forenkle beregningen er det angitt faste verdier for akselerasjon og retardasjon. Basert på noen observasjoner fra videoopptakene er oppbremsing satt til  $-1,1 \frac{m}{s^2}$  og akselerasjon  $1 \frac{m}{s^2}$ . Det er på nivå med tall som er oppgitt i annen litteratur, for eksempel Statens vegvesen HB232. Akselerasjonen er i stor grad begrenset av effekt fra motoren, mens oppbremsingen er veldig sjåføravhengig. Alle sjåførere har sin egen kjørestil, og mange bremses nok kraftigere enn dette. Men operatørene har krav på seg å lære sjåførene økonomisk kjørestil, og et viktig moment der er myk oppbremsing inn mot holdeplass.

Til hver holdeplass er det satt en fast hastighet bussen antas å ha i det den starter oppbremsing. Øvre grense er fartsgrensen, men mange steder er den satt lavere enn det, for eksempel der hvor holdeplassen ligger rett etter en kurve. Hastigheten er satt utfra opptak på 0-turen. For akselerasjon ut av holdeplass er samme metode brukt. Tidsbruken regnes da ut fra en av de klassiske bevegelsesligningene:

$$v = u + at$$

der

v = hastighet etter akselerasjon

u = hastighet før akselerasjon

a = den konstante akselerasjonen

t = tiden som har gått med i løpet av akselerasjonen

Siden det er tiden som er interessant omskrives formelen til:

$$t = \frac{v - u}{a}$$

Det er antatt jevn akselerasjon fra/til fullstendig stopp, tidsbruken blir derfor det dobbelte av hva den hadde vært uten fartsendring. Ekstra tid som er gått med til stopp på holdeplassen,  $t_e$ , er derfor halvparten av  $t$ . Ved å slå sammen ekstra tid både for innkjøring  $t_{e1}$  og utkjøring  $t_{e2}$  får man følgende formel:

$$t_e = \left( \frac{v_1 - u_1}{a_1} + \frac{v_2 - u_2}{a_2} \right) / 2$$

hvor  $v_1$  og  $u_2$  er hastigheten bussen har mens den står stille på holdeplassen, altså 0. Formelen kan derfor forenkles til:

$$t_e = \left( \frac{v_2}{a_2} - \frac{u_1}{a_1} \right) / 2$$

Eksempel på beregning fra holdeplass Kattemskogen (bilde 35):

Hastighet inn mot holdeplass,  $u_1 = 13,9 \text{ m/s}$  (50km/t) Oppbremsing,  $a_1 = -1,1 \text{ m/s}^2$

Maks hastighet ut fra holdeplass:  $v_2 = 6,9 \text{ m/s}$  (25km/t) Akselerasjon,  $a_2 = 1,0 \text{ m/s}^2$

som satt inn i formelen gir:

$$t_e = \left( \frac{6,9 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} - \frac{13,9 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{-1,1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} \right) / 2 = 9,77 \text{ s}$$

Beregningene fra alle holdeplassene ligger i vedlegg 2.



Bilde 35: Holdeplassen Kattemskogen ligger bare 70 meter fra et 90 graders kryss hvor bussen må ned under 20 km/t for å passere behagelig. Ekstra tidsbruk for å akselerere bussen fra stopp på holdeplassen blir derfor lavere enn et stopp på rettstrekk. Bildet er fra Google Earth med 0-kjøringen og holdeplassinformasjon lagt på

### Beregning av forsinkelse i kryss og kø

Å skille mellom forsinkelse fra kryss eller kø viser seg å være en vanskelig oppgave. I motsetning til ved bussholdeplass, hvor bussen må stoppe, vil en sjåfør mest mulig prøve å unngå stopp i kryss og kø hvor det er mulig. Forsinkelsen vil derfor hovedsakelig bestå av at bussen holder en lavere hastighet enn hva den hadde gjort uten annen trafikk.

Som en forenklet tilnærming er det derfor valgt at tiden stående stille ved et rødt lys er forsinkelse fra lyskryss. Det legges så til 20 sekunder til dette (mindre om det er stopp for holdeplass rett ved lyskryss), som et fast tillegg for akselerasjon ut av krysset og sakte kjøring inn mot krysset<sup>18</sup>. Dette legges også til i de tilfellene hvor bussen triller sakte inn mot krysset, men får grønt akkurat i det den ankommer stopplinjen.

Forsinkelse fra kø er da definert som den resterende tiden fra bussturen, det vil si tid som ikke er relatert til holdeplasser, lyskryss eller kjøretid.

Forsinkelse fra kryss som ikke er lysregulert er omtrent ikke-eksisterende i analyseområdet og er derfor ikke vurdert.

Siden skillet mellom forsinkelse i kø og kryss er så usikkert og tidkrevende å tidfeste, vil de fleste analysene ikke skille mellom disse to komponentene. I stedet omtales det som «annen forsinkelse».

---

<sup>18</sup> Denne tiden er svært usikker, og veldig sjåføravhengig. Enkelte sjåførere lærer seg lyskryssene å kjenne og vet hvilken hastighet de skal holde for å unngå flest mulig stopp, mens andre kan være hard på både gass og brems i lyskryss

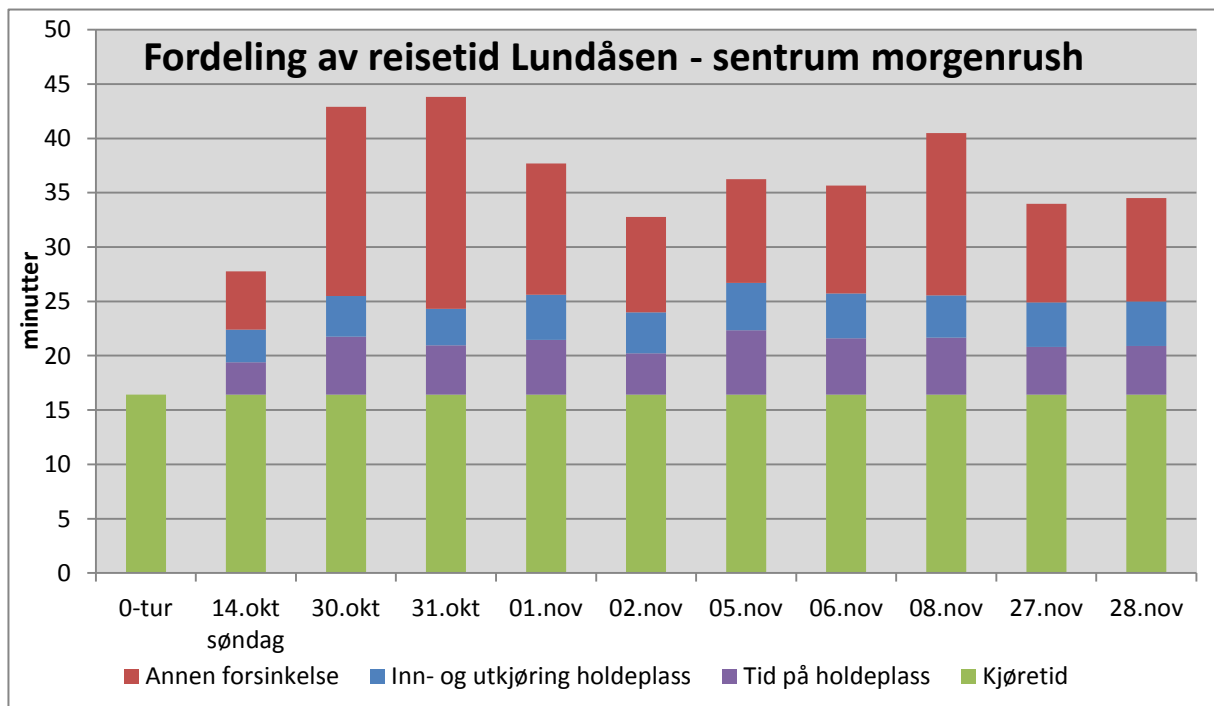
## 7.2 Analyse av videoopptak Lundåsen - sentrum

Det er gjennomført 11 turer på strekningen Lundåsen – sentrum med videoopptak. 9 av turene er fra morgenrushet, hvorav to av disse er gjennomført med signalprioriteringen slått av. En tur er utført søndag morgen med få passasjerer og lite trafikk. Den siste turen er kjørt med tom buss om natten for å se reisetid uten forsinkelser. Figur 42 viser fordeling av reisetid de ulike dagene. I morgenrush er gjennomsnittlig tidsbruk 37,6 minutter, vist i tabell 17. Det tilsvarer en snitthastighet på 21 km/t. Tregeste tur er ca. 5 minutter over snittet, mens den raskeste tur er ca. 5 minutter under snittet. Turen på søndagen var 5 minutter raskere enn det igjen. Ingen av turene oppnår tiden i rutetabellen som er oppgitt som «tidligste passering», 23 minutter til sentrum.

Tabell 17: Tidsbruk og snitthastighet på gjennomførte turer

Minimum	Morgenrush		Søndag	Rutetabell	Rutetabell med reguleringstid
	Gj.snitt	Maks.			
32,8 min	37,6 min	43,8 min	27,8 min	23 min	38 minutt
24,1 km/t	21,0 km/t	18,0 km/t	28,4 km/t	34,3 km/t	20,8 km/t

I morgenrushet er det 15 minutters reguleringstid før bussen skal kjøre videre mot Dragvoll. Legges denne tiden til rutetiden kan bussen bruke 38 minutter til sentrum og fremdeles kjøre derfra i rute. Basert på registreringene som er gjort vil den som regel rekke det. En ulempe med så lang reguleringstid er de tilfellene bussen har lite forsinkelser og ankommer sentrum tidlig. Den raskeste turen i morgenrush fikk hele 5 minutters oppholdstid i sentrumsterminalen. Det er uheldig for passasjerer som skal videre, og fyller opp en allerede høyt belastet holdeplass.

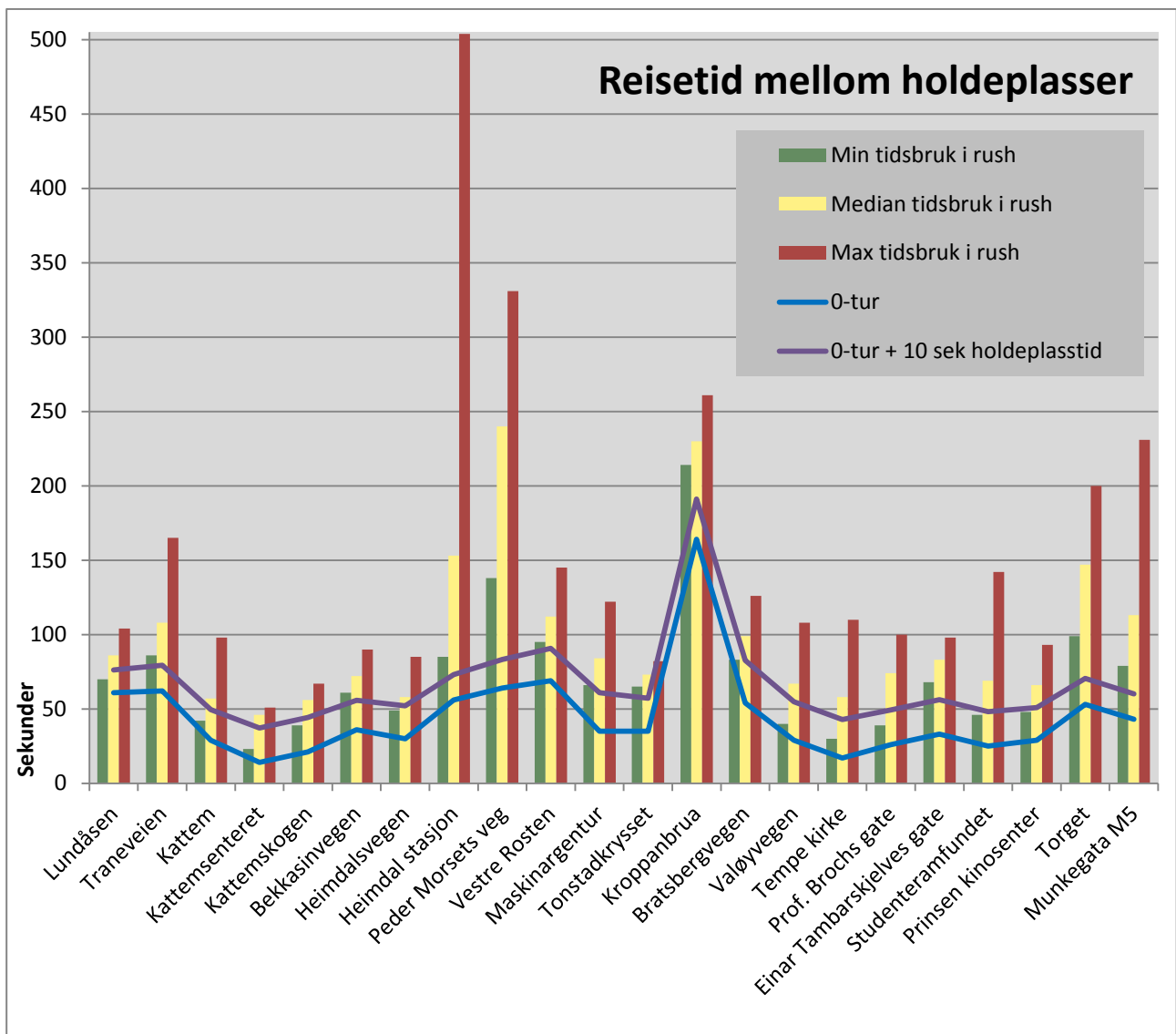


Figur 42: Fordeling av reisetid de ulike dagene. 10 minutters forskjell i kjøretid mellom de ulike dagene

### Reisetid mellom holdeplasser

Ved å dele opp hver tur og vise tidsbruken mellom holdeplassene, er det lettere å se hvor forsinkelsene oppstår. Figur 43 viser minimum, median og maksimum reisetid for alle turene som er gjennomført i rushtiden. For å sammenlikne med tidsbruk uten forsinkelse er tiden fra 0-turen lagt over som en blå linje. Det er i tillegg tatt med en lilla strek som viser tiden fra 0-turen, men i tillegg 10 sekunder opphold på hver holdeplass, samt ekstra tid til inn- og utkjøring. Den lilla streken er for å illustrere hva man kan oppnå ved å fjerne alle forsinkelsene. Flere steder er median tidsbruk tilnærmet lik «optimal» kjøretid, som tyder på få forsinkelser<sup>19</sup>.

Det er to strekninger som skiller seg ut med de klart største forsinkelsene: gjennom Heimdal sentrum og Midtbyen etter Prinsen kinosenter. Forsinkelsene i Heimdal sentrum kommer primært av tidvis veldig lange køer, mens i Midtbyen er det fra i lyskryss (det er ikke signalprioritering i Midtbyen).



Figur 43: Tidsbruk mellom holdeplasser. Bakgrunnstallene er i vedlegg 3

<sup>19</sup> At min. tidsbruk flere steder ligger under lilla linje skyldes turer hvor bussen ikke har stoppet på holdeplassen

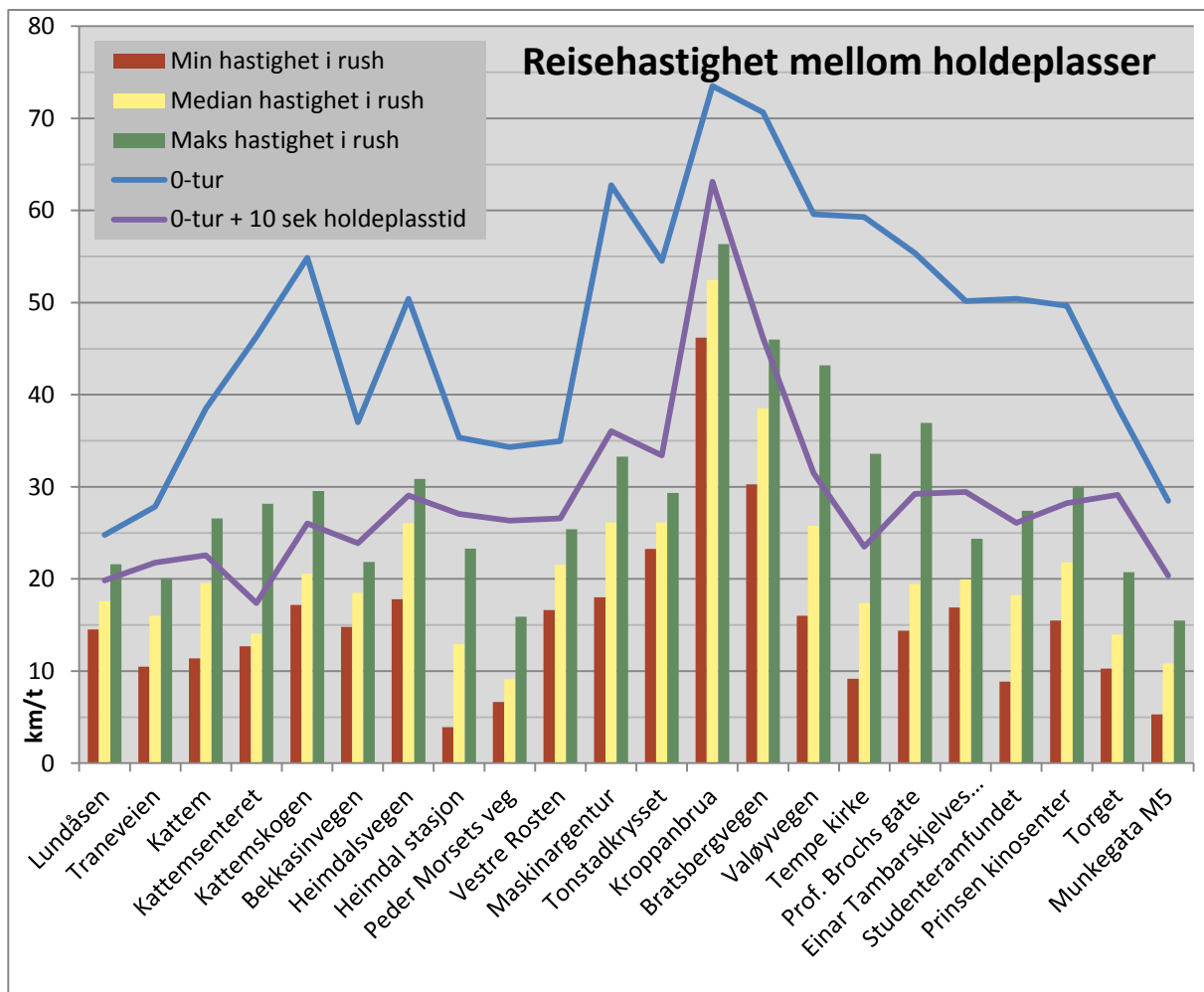
Ved å sette sammen alle de raskeste «etappene» mellom holdeplassene fra de 9 turene som er gjennomført i rushtiden blir reisetiden 26,1 minutter, vist i tabell 18. Alle de tregeste etappene gir en reisetid på 55,2 minutter. Mediantiden er 35,9 minutter, som er ganske likt reisetiden fra en gjennomsnittstur fra tabell 17. Maks- og minimumstidene har derimot en mye større spredning fra snittet når vi legger sammen delstrekninger i forhold til hele turer. Det tyder (heldigvis) på at alle de trege eller raske etappene ikke er fra samme tur.

**Tabell 18: Reisetid på strekningen Lundåsen - sentrum. Tidene er fått ved å sette sammen hhv. minimum, median og maksimal reisetid mellom de ulike holdeplassene.**

Morgenrush			0-tur	0-tur med holdeplasser	Rutetabell
Minimum	Median	Maks.			
26,1 min	35,9 min	55,2 min	16,4 min	24,4 min	23 minutt

### Reisehastighet mellom holdeplasser

Ved å se på hastighet i stedet for tidsbruk blir figuren fra forrige side seende ut som figur 44. Der hvor forskjellen mellom lilla og blå strek er størst har man kortest holdeplassavstand. På nesten samtlige etapper vil snitthastigheten være under 30 km/t selv om stopp på holdeplass er eneste forsinkelse.



**Figur 44: Gjennomsnittshastighet mellom holdeplasser**

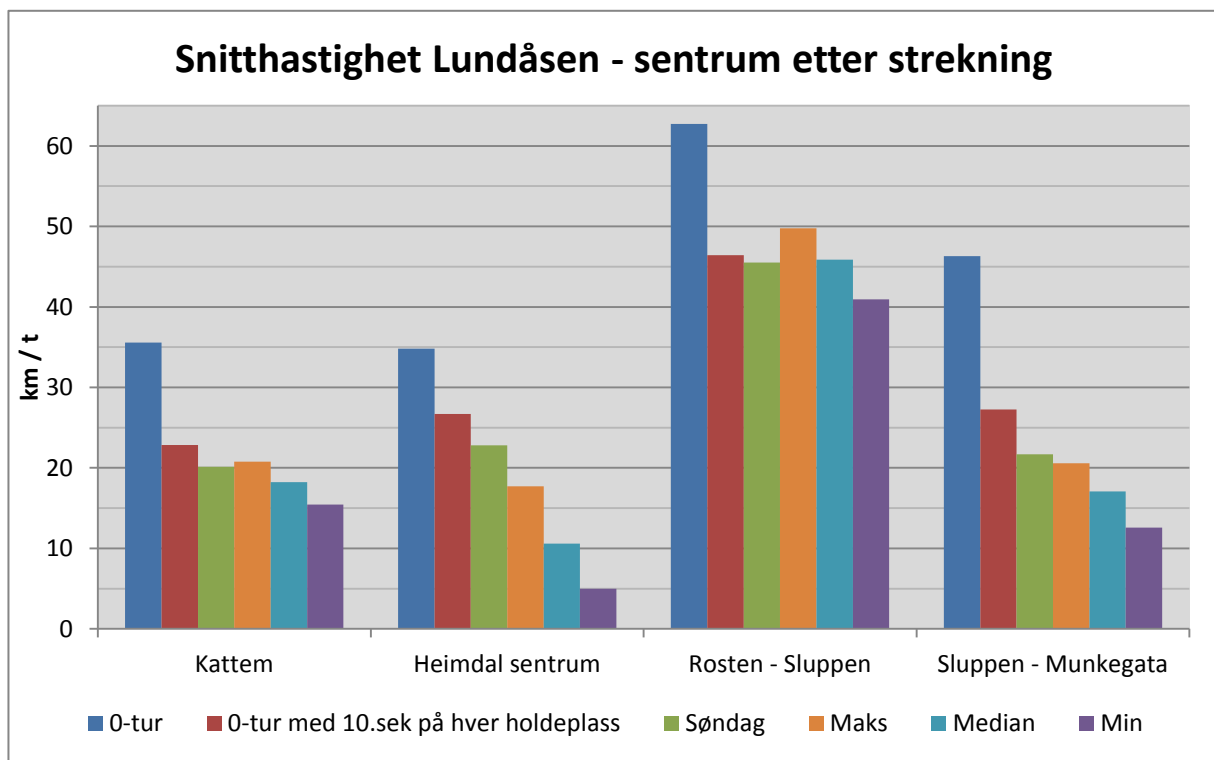


### Reisehastighet på delstrekninger

Traséen rute 9 fra Lundåsen til sentrum har varierende grad av forsinkelse på ulike deler av strekningen. I figur 45 er dataen fra forrige side slått sammen til kun fire «etapper» for tydeligere å vise forskjellen mellom dem. I tillegg er søndagsturen tatt med. Inndelingen er som følger:

- Kattem (Fra Lundåsen nordre til Heimdalsvegen)
- Heimdal sentrum (fra Heimdalsvegen til Peder Morsets veg)
- Rosten – Sluppen (fra Peder Morsets veg til Bratsbergvegen)
- Sluppen – Munkegata (fra Bratsbergvegen til Munkegata M5)

Inndelingen viser tydelig forskjell mellom områdene. På Kattem og strekningen Rosten – Sluppen er nesten all forsinkelse knyttet til holdeplassene. Det er også liten spredning mellom de ulike turene. Bildet er et helt annet i de tettbebygde strøkene i Heimdal og Trondheim sentrum. Spesielt i Heimdal sentrum er det store forsinkelser i morgenrushet, med en snitthastighet nede i 5 km/t den verste dagen. I Trondheim sentrum er forsinkelsene i større grad knyttet til lyskryss, noe som kommer tydeligere frem senere i kapitlet.



Figur 45: Snitthastigheten i morgenrush for rute 9 delt opp i fire områder. Forsinkelsene ligger mest i de tettbygde strøkene i Heimdal og Trondheim sentrum

Figuren kan være et nyttig hjelpemiddel når man vurderer hvor tiltak skal settes inn. Tiltak på Kattem vil trolig gi redusert reisetid på alle turene, noe som kan gi kortere rutetid. Tiltak i Heimdal derimot bør fokusere på å redusere toppene i reisetid som opptrer av og til, noe som kan redusere behovet for reguleringstid på endeholdeplass og dermed lavere driftskostnader.

## Holdeplasztid

Totalt er det registrert stopp på 172 holdeplasztter i morgenrushet, alle med lavgulvsbuss. Av- og påstigning har vært mulig ved begge dørene. Kun 17 holdeplasztter ble passert uten stopp - 9 av 10 holdeplasztter hadde altså av- eller påstigning. De fleste stoppene er ganske korte. Tabell 19 viser forskjellige fordelinger. Gjennomsnittlig oppholdstid er 15,3 sekunder, mens median er 14 sekunder. Det betyr at det er noen få, lange stopp som trekker opp snittet. Korteste holdeplaszttid med bussen som er brukt ser ut til å være rundt 6 sekunder. Det er tiden som brukes til å åpne og lukke fremdør, samt få om bord en eller to personer som står med t:kortet klart. 10. persentilen (tiden som 10 % av stoppene har brukt mindre enn) er på 8 sekunder, så det er en god del svært raske stopp. Kun 10 % av stoppene brukte mer enn 25 sekunder, og 5 % mer enn 30 sekunder.

Tabell 19: Fordeling av holdeplaszttider for alle turene i morgenrush. Alle holdeplaszttidene ligger i vedlegg 4

Gjennomsnitt	Median	5. persentil	10. persentil	90. persentil	95. persentil
15,3 s	14 s	7 s	8 s	24,7 s	30,4 s

Heimdal stasjon skiller seg klart ut med flest av de lange stoppene, noe som er naturlig siden det er et knutepunkt med både avstigende og mange påstigende. Holdeplasztten Munkegata er ikke tatt med siden det her også er reguleringstid. Hadde den vært inkludert ville gjennomsnittet blitt dradd opp (selv med reguleringstiden holdt ute), da det er den travleste holdeplasztten i Trondheim.

Siden turene er kjørt i morgenrush skal de fleste passasjerene på jobb eller skole. Disse er som regel godt vant med å ta buss og vet hvor de skal. De har også en veldig høy andel som reiser med periodekort, så billetteringen per passasjer er trolig raskest i rushperiodene. Ved ingen av turene er det registrert barnevogn, eldre som trenger assistanse, passasjerer som er usikker på hvor de skal gå av eller berusede personer. Disse passasjerene treffer man flest av midt på dagen og om kvelden / natta. De få tilfellene det har vært av lange stopp skyldes kjøp av billett med store sedler eller passasjer som kommer løpende mot bussen i det den skal kjøre.

Det er gjort undersøkelser på holdeplaszttider i Trondheim både i 2005 og 2010 (Bøckman, 2010). I 2005 hadde man ikke elektronisk billettering og kun halvparten av bybussene hadde lavgulv. I 2010 var det 80 % lavgulvsbusser, og t:kortet var innført. I 2012 var det i tillegg mulig å gå om bord i midtdør, mens alle bybussene hadde lavgulv. Dette har trolig bidratt til en klar nedgang i holdeplaszttiden, slik tabell 20 viser fra Studentersamfundet. Tallene er gjennomsnittlig holdeplaszttid for bybusser. Tallene for 2012 er fra denne oppgaven og er derfor kun i morgenrush, mens de andre også er i ettermiddagsrush. Det er derfor mulig at tallene for 2012 er noe lave siden det har vært mest avstigninger på Studentersamfundet.

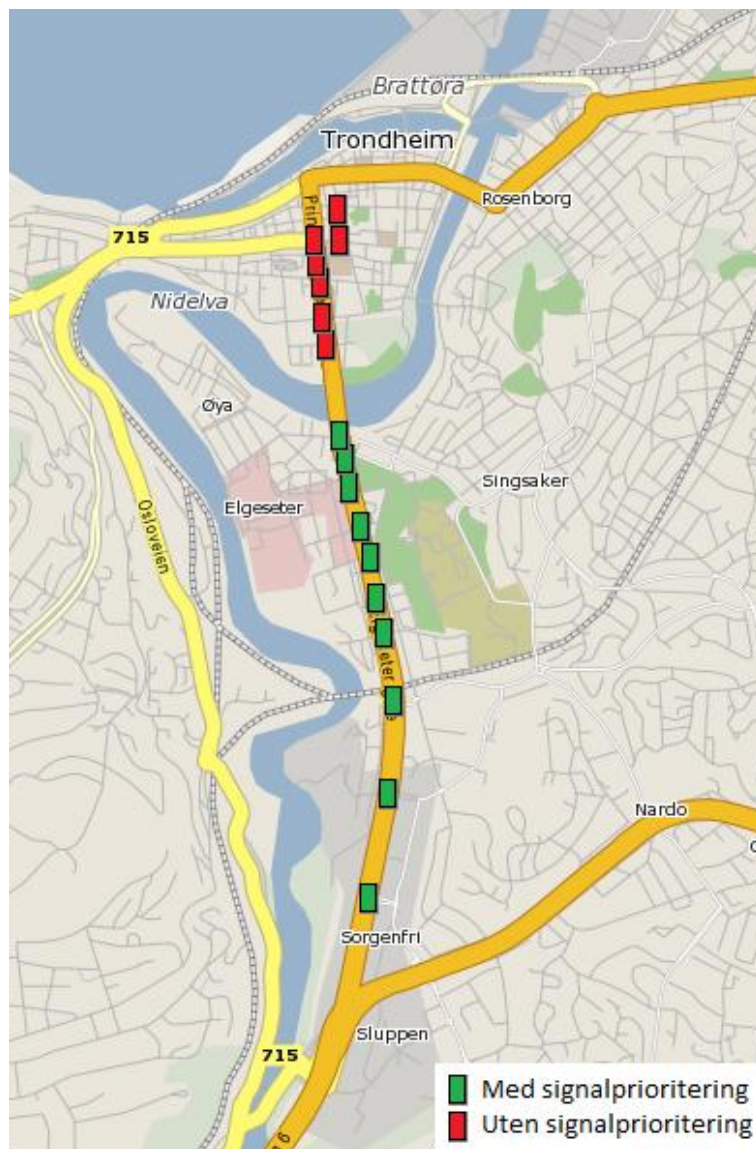
Tabell 20: Gjennomsnittlig holdeplaszttid ved Studentersamfundet fra tre forskjellige undersøkelser

Holdeplaszttid bybusser Studentersamfundet	
Høsten 2005	23,9 s
Våren 2010	19,6 s
November 2012	13,0 s

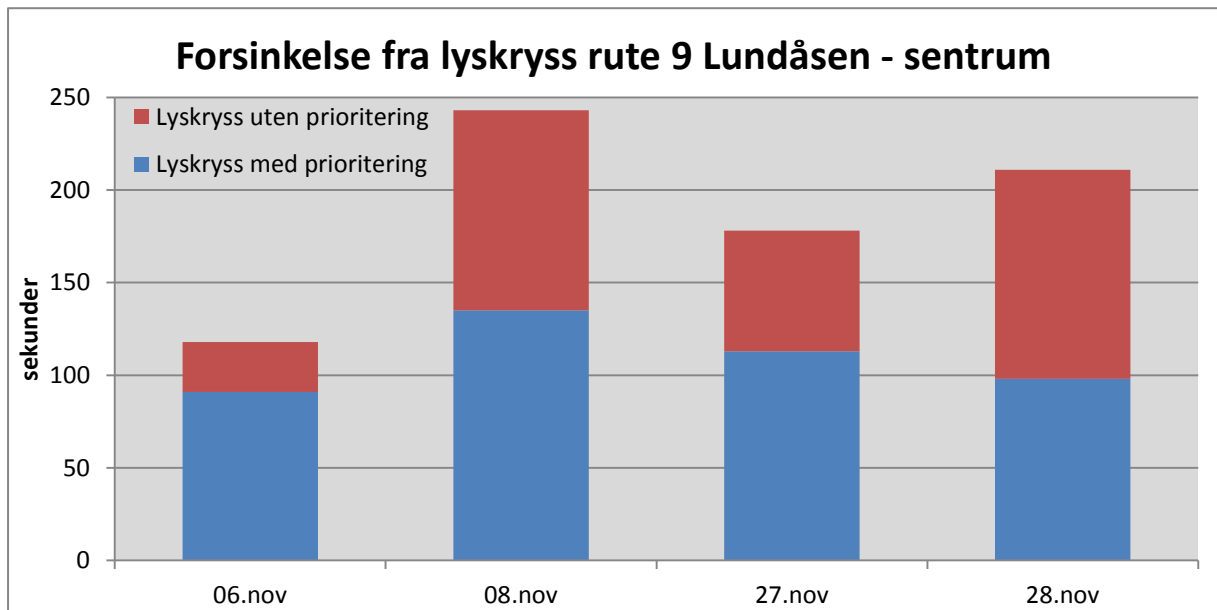
### Forsinkelse i lyskryss

Det er totalt 21 lyskryss på strekningen Lundåsen – sentrum. 10 av dem har signalprioritering, alle i Holtermanns veg og Elgesetergate, se figur 46. I Midtbyen er det totalt syv lyskryss som er rene tidsstyrte anlegg. De resterende fire er frittstående anlegg, hvor det ene i Tonstadkrysset får signalprioritering i 2013. Det 22. lyskrysset på strekningen kommer i Heimdal sentrum i løpet av 2013, men gir ikke bedre kapasitet for Heimdalsvegen hvor rute 9 kjører.

27. og 28. november skrudde Statens vegvesen av signalprioriteringen for å se på effektene det hadde for bussene. De to dagene ble det også kjørt turer i morgenrushet med videoopptak. Disse to turene er analysert for å se hvor mange røde lys det var, og totalt forsinkelse / ventetid. Til å sammenlikne med er de to foregående turene med signalprioritering sett på: 6. og 8. november. Med så lite utvalg er det ikke mulig å kvantifisere forskjellen med noe grad av sikkerhet, men det gir en pekepinn på hvor mye tid som går tapt i lyskryss.



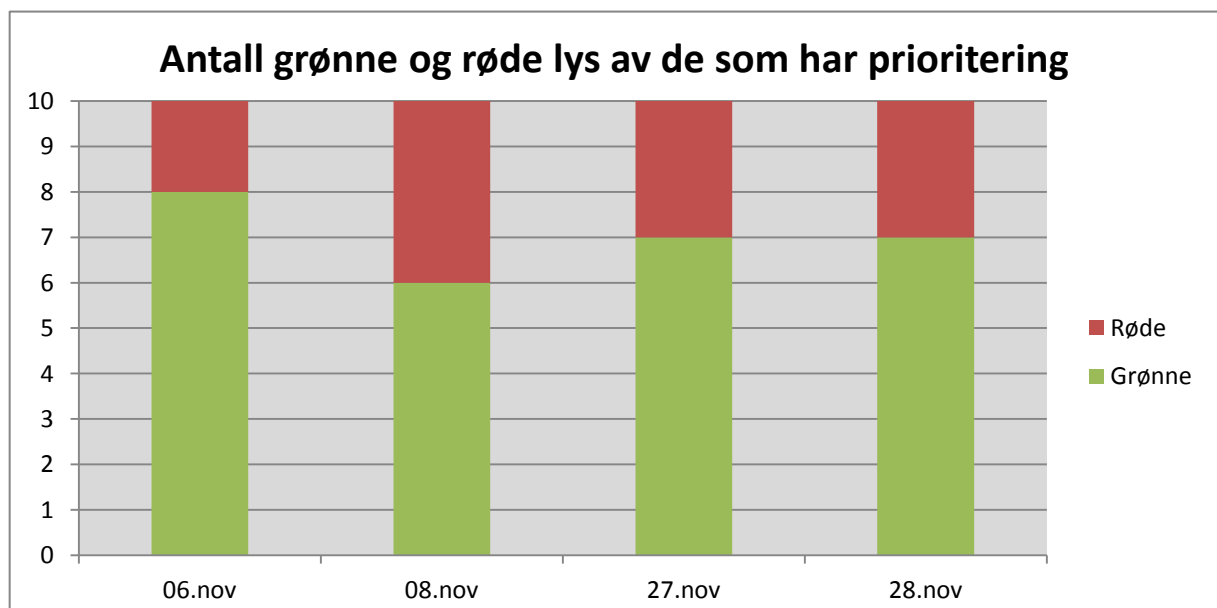
Figur 46: Oversikt over lyskryss i kollektivbuen fra Sluppen - Munkegata



Figur 47: Forsinkelse forårsaket av lyskryss i morgenrush på rute 9. 27. og 28. november var signalprioriteringen slått av

Figur 47 viser total forsinkelse fra lyskryss for fire av turene som er kjørt. Det er stor variasjon mellom de fire turene, spesielt i lyskryss uten prioritering. 27. og 28. november var prioriteringen slått av, men det er ikke mulig å se noen klar forskjell ut fra de få observasjonene som er gjort. En årsak til det kan være at signalanleggene er programmert til å gi en «grønn bølge» inn mot sentrum i morgenrushet. Figur 48 viser at bussen uansett treffer på mange grønne lys i Holtermanns vei og Elgeseter gate, i snitt 7 av 10, uavhengig av om prioriteringen er skrudd av eller på.

Foreløpige resultat av målingene Statens vegvesen gjorde 27. og 28. november viser fra 0 – 30 sekunders økt reisetid for bussene på strekningen med signalprioritering slått av<sup>20</sup>. Forskjellen var størst for de rutene med høyst prioritering (stamrutene). Rute 9 fikk ikke høyeste prioritering før i 2013.



Figur 48: Av de 10 lysene med signalprioritering installert fikk bussen grønt i de fleste - selv de dagene prioriteringen var slått av

<sup>20</sup> I følge presentasjon av Kristin Kråkenes, Statens vegvesen, desember 2012

En utfordring for signalprioriteringen er der hvor holdeplassen ligger rett før et lyskryss. Studentersamfundet er et eksempel på det, vist på bilde 36 fra kjøringen 6. november. Denne dagen var dette et av de to kryssene signalprioriteringen ikke klarte å gi grønt lys til bussen. Et par sekunder kortere holdeplasstid og bussen ville rukket det grønne lyset, noe som ville halvert forsinkelsen fra lyskryss med prioritering den dagen. Slike små marginer gjør at det kreves mange observasjoner i lyskryss før man kan evaluere effektene av signalprioriteringen med små feilmarginer.

På bildet under er det så vidt mulig å skimte rute 5 på vei mot Dragvoll. Den skal svinge opp Klostergata og vil derfor be SISST om grønn pil som krysser foran rute 9. SPOT-styringen i krysset må avgjøre hvilken buss som skal prioriteres. Frem til 2013 hadde ikke rute 9 vekting som en stambuss, noe rute 5 alltid har hatt. Det er derfor mulig at den høyere vektingen til rute 5 fikk SPOT til å veksle fase akkurat litt for tidlig til at rute 9 fikk passere.



Bilde 36: Signalanlegget i forlengelsen av holdeplassen Studentersamfundet. Her skifter lyset til rødt i det bussen skal forlate holdeplassen. Et par sekunder ekstra grøntid og bussen ville spart 40 sekunder her.

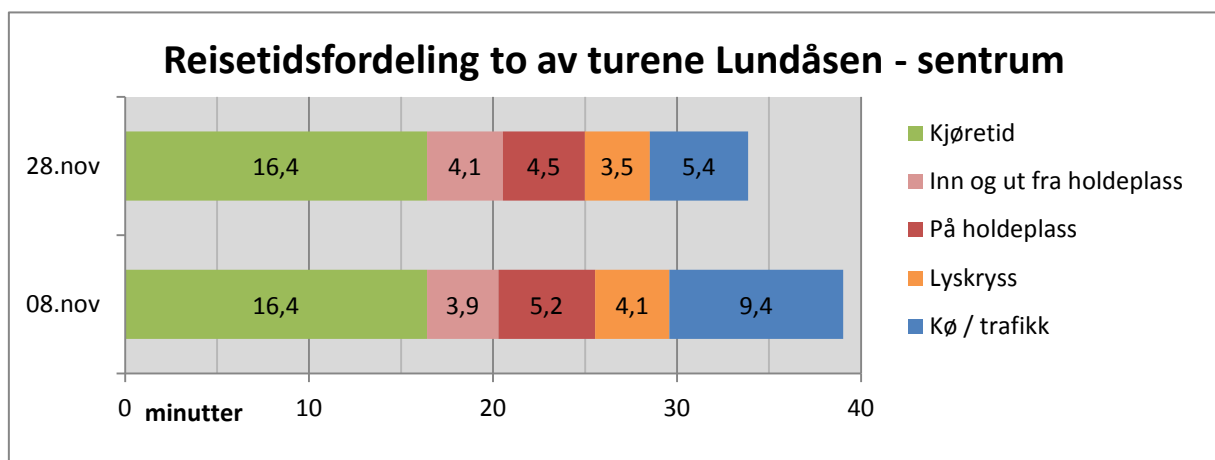
### Detaljanalyse 8. og 28. november

Turene 8. og 28. november er sett på i detalj. Mellom hver holdeplass er reisetiden delt inn i fem kategorier:

- Kjøretid
- Inn- og utkjøring holdeplass
- Holdeplasstid
- Forsinkelse i kryss
- Kjø / trafikk



Bilde 37: Snø- og isdekke 8.nov



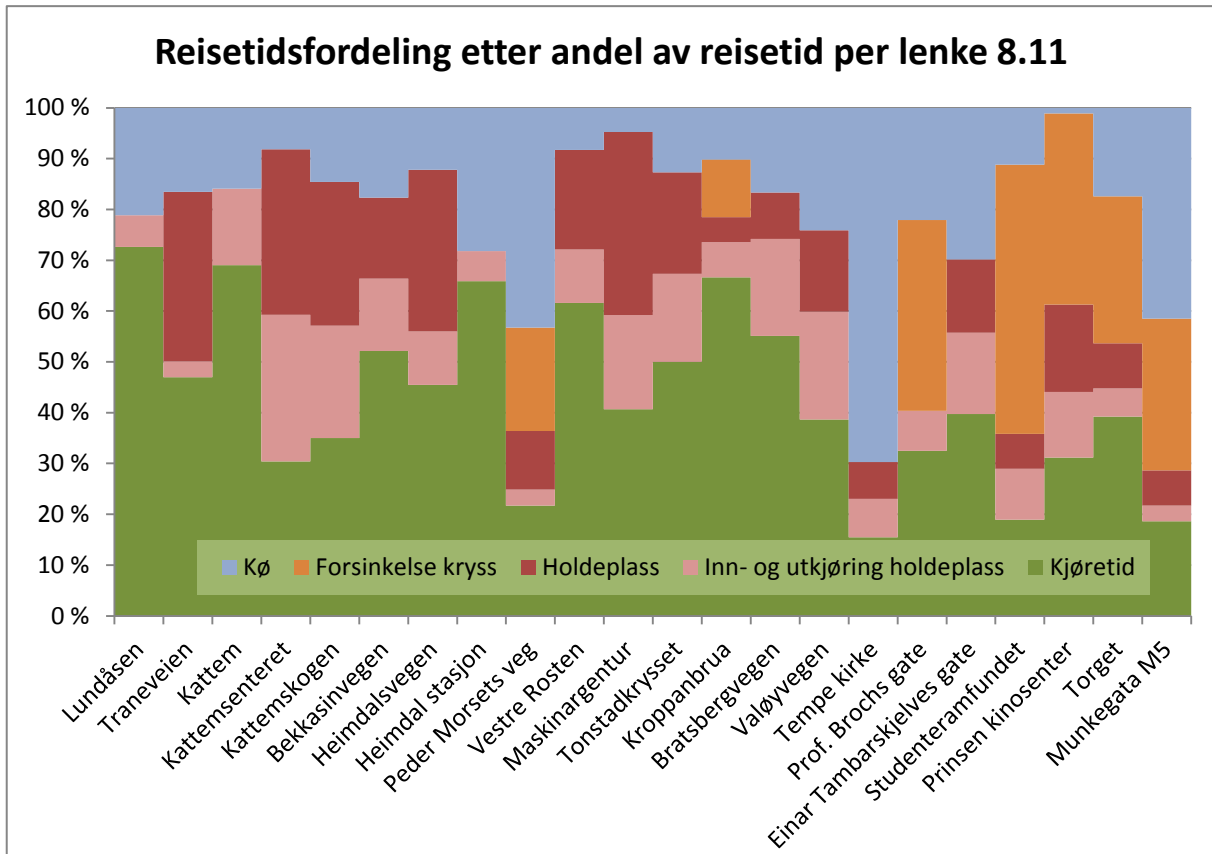
Figur 49: Total reisetid Lundåsen - sentrum for to av turene på rute 9 i morgenrush, delt inn i 5 komponenter

Figuren ovenfor viser hvor mye tid som er gått med til de to turene innenfor hver kategori. Totalt tok turen 5 minutter lengre tid 8.november, hvor det meste er definert som kjø / trafikk.

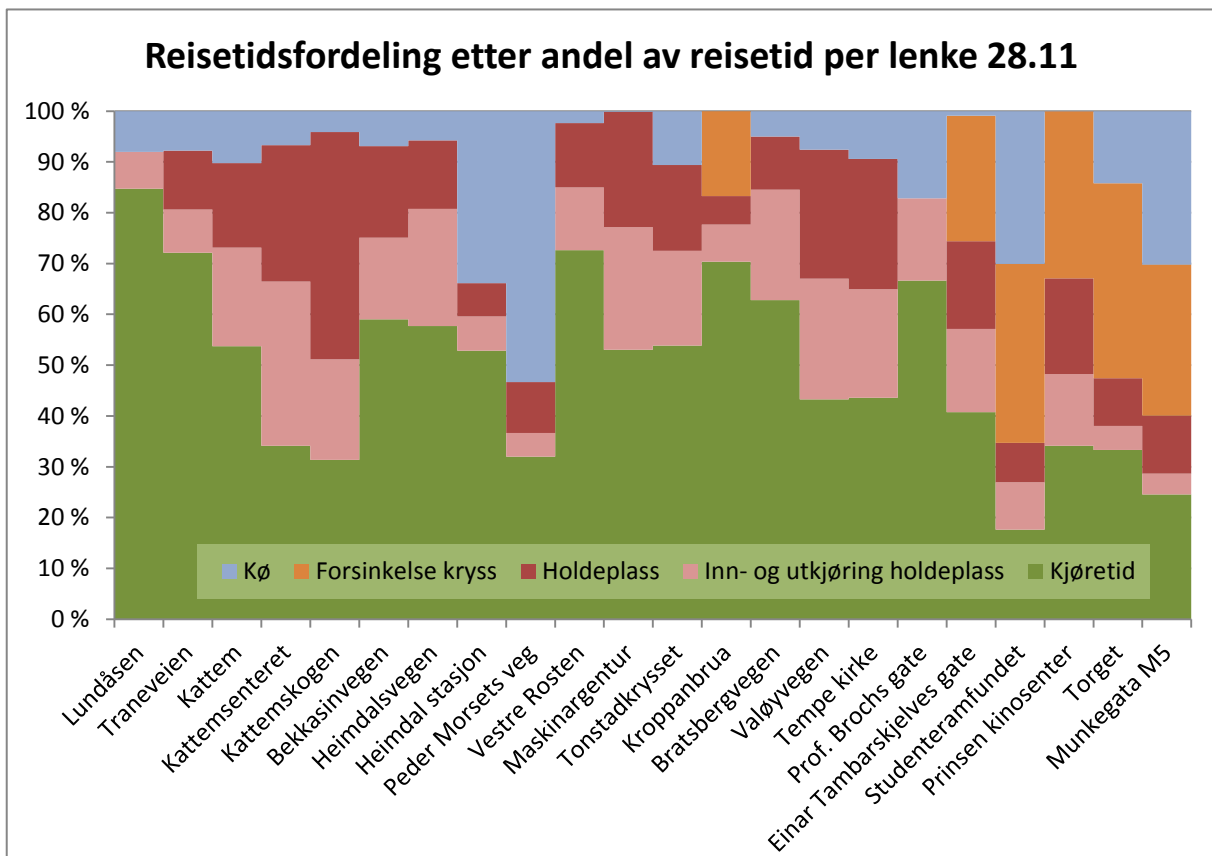
Figur 50 og figur 51 viser fordelingen mellom hver holdeplass som andel av total reisetid. Det er store forskjeller i hva som lager forsinkelse på de ulike delene av turen. Heimdal sentrum skiller seg klart ut med størst andel kjø, mens sentrum domineres av forsinkelse i lyskryss. For de andre områdene er det stort sett bare forsinkelse knyttet til holdeplasser.

En forskjell mellom de to dagene er at turen 8. november jevnt over ser ut til å ha mer kjø / trafikk langs hele ruten. Gjennomgang av videoopptakene gir derimot en annen forklaring: store deler av traséen har snø- og isdekke. Spesielt busslommene er veldig glatte, som vist på bilde 37. På opptakene hører man tydelig ABS-bremserne jobbe inn mot holdeplassene. Tid til innkjøring på holdeplass har nok derfor vært noe høyere denne dagen, i tillegg til at det trolig har blitt kjørt noe under fartsgrensen på strekningen. Turene tidligere den uken er trolig mindre påvirket av føret siden det da var nysnø som ikke er så glatt.

Funnene som er gjort på vinterføre viser at kategoriseringen som er gjort i denne oppgaven ikke er fulstendig korrekt. Det som er definert til kjø / trafikk er i realiteten all annen forsinkelse som ikke havner inn i en av de andre kategoriene, som for eksempel ekstra tid fra glatt vegbane.



Figur 50: Andelen av tiden som er brukt til ulike forsinkelse mellom holdeplassene på rute 9 i morgenrush 8.11.2012



Figur 51: Andelen av tiden som er brukt til ulike forsinkelse mellom holdeplassene på rute 9 i morgenrush 28.11.2012

### 7.3 Videooptak sammenliknet med sanntidsdata

I dette delkapitlet sammenliknes resultatene fra videooptakene med to av rapportene fra SISST. Det er rapportene «Komplette turer» og «Passages at Nodes and Virtual Loop».

#### Videooptak sammenliknet med «Komplette turer»

Rapporten «Komplette turer» fra sanntidssystemet brukes for å vise reisetiden til en hel rute – og da også snitthastigheten. De to viktigste verdiene i den rapporten vil da være tidspunkt for start og slutt av turen. Disse verdiene er sammenliknet med videooptak i tabell 21. I tillegg er det vist hvor mye avvikene har å si for snitthastigheten.

Tabell 21: Rapporten "Komplette turer" sammenliknet med videooptak. Det er til dels store avvik

Dato	Avgangtid fra rapporten	Avgangtid fra videooptak	Avvik [sekunder]	Ankomsttid fra rapporten	Ankomsttid fra videooptak	Avvik [sekunder]	Total reisetid rapporten [minutter]	Total reisetid videooptak [minutter]	Avvik [sekunder]	Snitthastighet rapporten	Snitthastighet videooptak
30.10.2012	7:30:00	7:35:00	-300	8:29:02	8:29:02	0	59,03	54,03	300	13,4	14,7
31.10.2012	7:30:00	7:30:01	-1	8:13:51	8:13:50	1	43,85	43,82	2	18,1	18,1
01.11.2012	7:30:00	7:30:30	-30	8:08:05	8:08:11	-6	38,08	37,68	24	20,8	21,1
02.11.2012	7:30:00	7:30:06	-6	8:02:37	8:02:52	-15	32,62	32,77	-9	24,3	24,2
06.11.2012	7:30:00	7:31:16	-76	8:06:50	8:06:56	-6	36,83	35,67	70	21,5	22,2
08.11.2012	7:32:25	7:31:29	56	8:11:42	8:11:59	-17	39,28	40,50	-73	20,2	19,6
27.11.2012	7:31:28	7:31:00	28	8:06:25	8:04:59	86	34,95	33,98	58	22,7	23,3
28.11.2012	7:31:52	7:31:29	23	8:05:49	8:06:00	-11	33,95	34,52	-34	23,4	23,0
<b>Gjennomsnitt</b>			<b>-38,3</b>			<b>4</b>	<b>39,8</b>	<b>39,1</b>	<b>42,3</b>	<b>20,6</b>	<b>20,8</b>

Gjennomgangen viser til dels store avvik både ved avgangtid og ankomsttid. Avvikene spriker i begge retninger og ser ikke ut til å følge noe bestemt mønster. Det er imidlertid avdekket tre forhold som kan forklare avvikene:

- Avgangstiden er ukjent – tid fra rutetabell er benyttet
- Ankomsthødeplassen er veldig lang – varierer hvor busser stopper
- Sanntidssystemet faller ut – tid rapporteres til tross for dette

Disse blir utdypet i de påfølgende sidene.

Av de 8 turene som er sammenliknet blir to av dem i liten grad påvirket av de tre forholdene som er nevnt. Det gjelder turene 31.10 og 2.11. Her avviker total reisetid med under 10 sekunder og snitthastigheten 0,1 km/t.

Slik systemet ser ut til å beregne tid etter oppdateringen 8.november er det en systematisk feilberegning av avgangstiden med ca. 30 sekunder for sakte, og ankomst endeholdeplass ca. 10 – 15 sekunder for tidlig. Begge delene bidrar til å øke snitthastigheten, til sammen ca. 0,5 km/t.



### ***Avgangstiden er ukjent – tid fra rutetabell er benyttet***

Dette problemet er nevnt i tabell 10 på side 49. Svært mange turer hadde tidligere avgangstid satt lik rutetid. Dette skyldes trolig at utstyret om bord i bussen ikke klarte å posisjonere bussen tidsnok til å få en nøyaktig tidfesting av start på ruten. Etter oppdatering av programvaren 8.november er det angitt nøyaktig avgangstid og problemet ser ut til å være løst. Det er imidlertid store avvik også på de tre turene som er kjørt etter det, med 23, 28 og 56 sekunder. Etter en mer detaljert gjennomgang av passeringstidspunkt på disse turene viser det seg at det alltid er nøyaktig 60 sekunder fra start på turen til ankomst på første holdeplass. Det tyder på at sanntidssystemet fremdeles har problemer med å avgjøre når en tur faktisk starter, og trenger strekningen ned til første holdeplass for å «kalibrere» seg. Denne blir derfor alltid satt til 60 sekunder, noe som stemmer godt med tidsbruk fra referanseturen på 61 sekunder. I rutetraffikk tar det imidlertid ca. 30 sekunder mer i snitt, noe som forklarer avviket som er på avgangstidspunktet.



**Figur 52: Etter avgang fra Lundåsen snur bussen i rundkjøringen**

### ***Ankomstholdeplassen er veldig lang – varierer hvor bussen stopper***

Bussturene som er analysert avsluttes i Munkegata ved M5. Bilde 38 viser tre busser på holdeplassen (høyre side på bildet). I sanntidssystemet regnes turen som avsluttet i det bussen passerer et punkt omtrent der hvor den bakerste bussen står på bildet. Ved gjennomgang av videoopptakene er turen definert som avsluttet når bussen har stoppet og dørene åpnes. Det vil variere fra dag til dag om det skjer som buss nr. 1 eller 3 på holdeplassen. Sanntidssystemet vil derfor rapportere turen som avsluttet noen sekunder før bussen har stoppet opp, som regel rundt 10 til 15 sekunder.



**Bilde 38: Bussholdeplassen Munkegata M5 på høyre side. Har plass til tre busser. Flyfoto fra Trondheim kommune**

### Sanntidssystemet faller ut – tid rapporteres til tross for dette

Ankomsttidspunkt i Munkegata 27.11 avviker fra alle de andre turene ved at sanntidssystemet ligger langt etter opptakene. Ved en mer detaljert gjennomgang av turen i rapporten «Passages at Nodes and Virtual loop» viser det seg at det er en periode på 15 minutter gjennom sentrum hvor systemet ikke har registrert noen passeringer, se figur 53. Midt i denne perioden er ankomst ved endeholdeplass. Det er uklart hvordan sanntidssystemet har klart å tidfeste det, da passeringer av virtuelle sløyfer ikke har blitt registrert.

Det ser ut til at det er mulig å avdekke at systemet har falt ut i rapporten «Komplette turer» under kolonnen «Betjente meter». Nevnte tur 27.11 har «Betjente meter» 9720 av totalt 13 222 meter for turen (rapporten er vist i tabell 12 side 51). Det stemmer godt med at registreringene stoppet på Tempe. Til statistikkformål bør derfor turer hvor «Betjente meter» avviker ikke tas med.

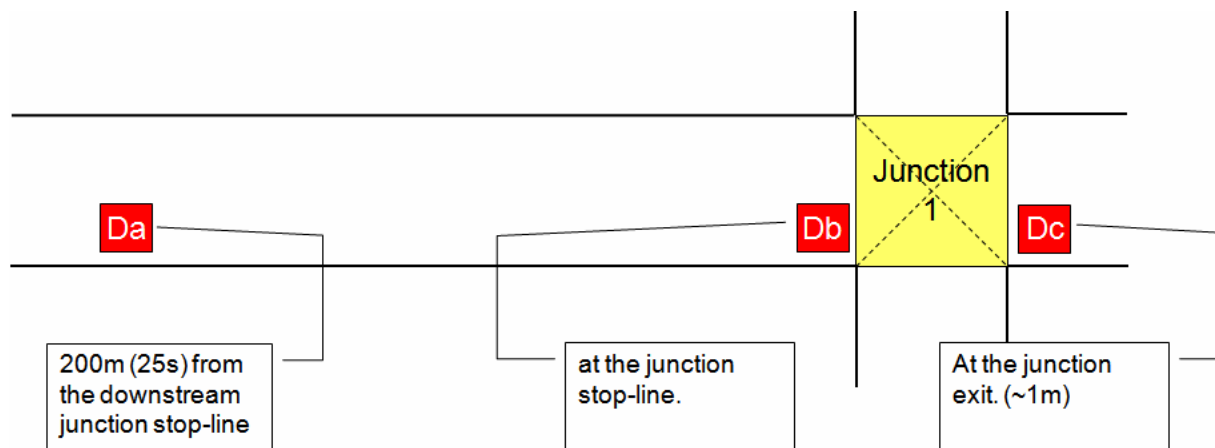
Valøyvegen (16011543)	Holdeplass	27.11.2012 07:56:25	27.11.
Valøy ->Tempe	Loop	27.11.2012 07:56:47	
Valøy ->Tempe	Loop	27.11.2012 07:56:59	
Valøy ->Tempe	Loop	27.11.2012 07:57:07	
Tempe ->603-1	Loop	27.11.2012 07:57:13	←
201-1 ->202-2	Loop	27.11.2012 08:12:46	←
202-2 ->203-9	Loop	27.11.2012 08:12:50	
202-2 ->203-9	Loop	27.11.2012 08:13:12	
203-9 ->Sols	Loop	27.11.2012 08:13:16	
203-9 ->Sols	Loop	27.11.2012 08:13:21	
Sols ->203-1	Loop	27.11.2012 08:13:43	

Figur 53: Passeringspunkt på turen er ikke registrert mellom Tempe og Solsiden. Til tross for dette har systemet forsøkt å angi ankomsttid på sentrumsterminalen

### Videopptak sammenliknet med «Passages at Nodes and Virtual Loops»

Denne rapporten registrerer totalt 60 passeringstidspunkt på strekningen Lundåsen – sentrum. 23 er knyttet opp mot ankomst på holdeplasser mens 37 er virtuelle sløyfer til de 11 lyskryssene som ligger inne i sanntidssystemet. I tillegg er det to virtuelle sløyfer ved hver holdeplass – en ved starten og en ved utkjøringen. Passeringstiden til disse vises ikke i rapporten, men tiden mellom den brukes til å beregne holdeplasstid i rapporten.

Figur 54 viser optimal plassering av virtuelle sløyfer for å sikre bussen grønt gjennom krysset. Mange steder i kollektivbuen ligger lyskryss og holdeplasser så tett at optimal plassering av virtuelle sløyfer ikke er mulig. Der hvor det er hensiktsmessig kan samme sløyfe brukes til flere lyskryss og/eller holdeplass.



Figur 54: Optimal plassering av virtuelle sløyfer ved et frittstående lyskryss. I kollektivbuen vil ofte sløyfen ut av et kryss også brukes til å varsle ankomst til neste kryss. Sløyfer knyttet til holdeplasser kan også kombineres med sløyfer til lyskryss hvis plasseringen gjør det hensiktsmessig. Kilde: Swarco

### Ankomsttid på holdeplass

Ankomsttiden på holdeplass fra videoopptakene er sammenliknet med hva SISST rapporterer. Ved gjennomgang av videoopptakene er ankomsttid satt til det øyeblikket bussen stopper for å åpne dørene. SISST definerer ankomst på holdeplass til å være etter bussen har kjørt en forhåndsbestemt avstand fra forrige holdeplass. Denne avstanden ligger i systemet for alle holdeplassene og måles gjennom bussens odometer.

Det er stort sett små avvik i SISST fra hva som er registrert fra videoopptakene. Figur 55 viser fordeling av avvikene. Ved omtrent halvparten av stoppene skiller det fra 0 til 3 sekunder. Slike små variasjoner er naturlig å forvente, spesielt siden det er to forskjellige metoder som er brukt for å angi ankomsttiden.



Figur 55: Avvik mellom SISST og videoopptak. Ved halvparten av stoppene er avviket under 4 sekunder

En nøyere gjennomgang av hver enkelt holdeplass viser klare forskjeller i hvor de store avvikene oppstår. Figur 56 på neste side viser gjennomsnittlig avvik på hver enkelt holdeplass utfra syv av turene som er kjørt. Det er i tillegg vist spredningen i observasjonene hvor den sorte streken spenner et standardavvik i hver retning fra gjennomsnittet.

Figur 56 viser en klar forskjell mellom holdeplassene i hvor nøyaktig ankomsttiden blir rapportert. De fleste holdeplassene på Kattem og i Heimdal har små avvik på opp til et par sekunder, og avviket er ganske likt alle dagene. Unntaket er Lundåsen som har stor spredning i observasjonene. Siden det er første holdeplass på turen, og det er tidligere vist at SISST har problemer med å angi korrekt starttidspunkt, antas det at avviket på Lundåsen skyldes at SISST trenger litt tid til å posisjonert bussen riktig.

Holdeplassen Kroppanbrua skiller seg ut ved at SISST konsekvent angir for tidlig ankomst, i snitt 14 sekunder. Standardavviket er på 4 sekunder. En slik systematisk feil kan tyde på at holdeplassen er feilplassert i SISST. En annen mulig årsak er et lite avvik i odometeret i bussen som måler avstand fra forrige holdeplass. Kroppanbrua ligger over 3,3 kilometer fra forrige holdeplass, som er ti ganger så langt som snittet. Er odometeret feilkalibrert med bare noen få prosent kan det fort føre til en del sekunder avvik på så lang strekning. Det er uvisst i hvor stor grad GPS-posisjoneringen hjelper SISST i å korrigere for avvik fra odometeret.

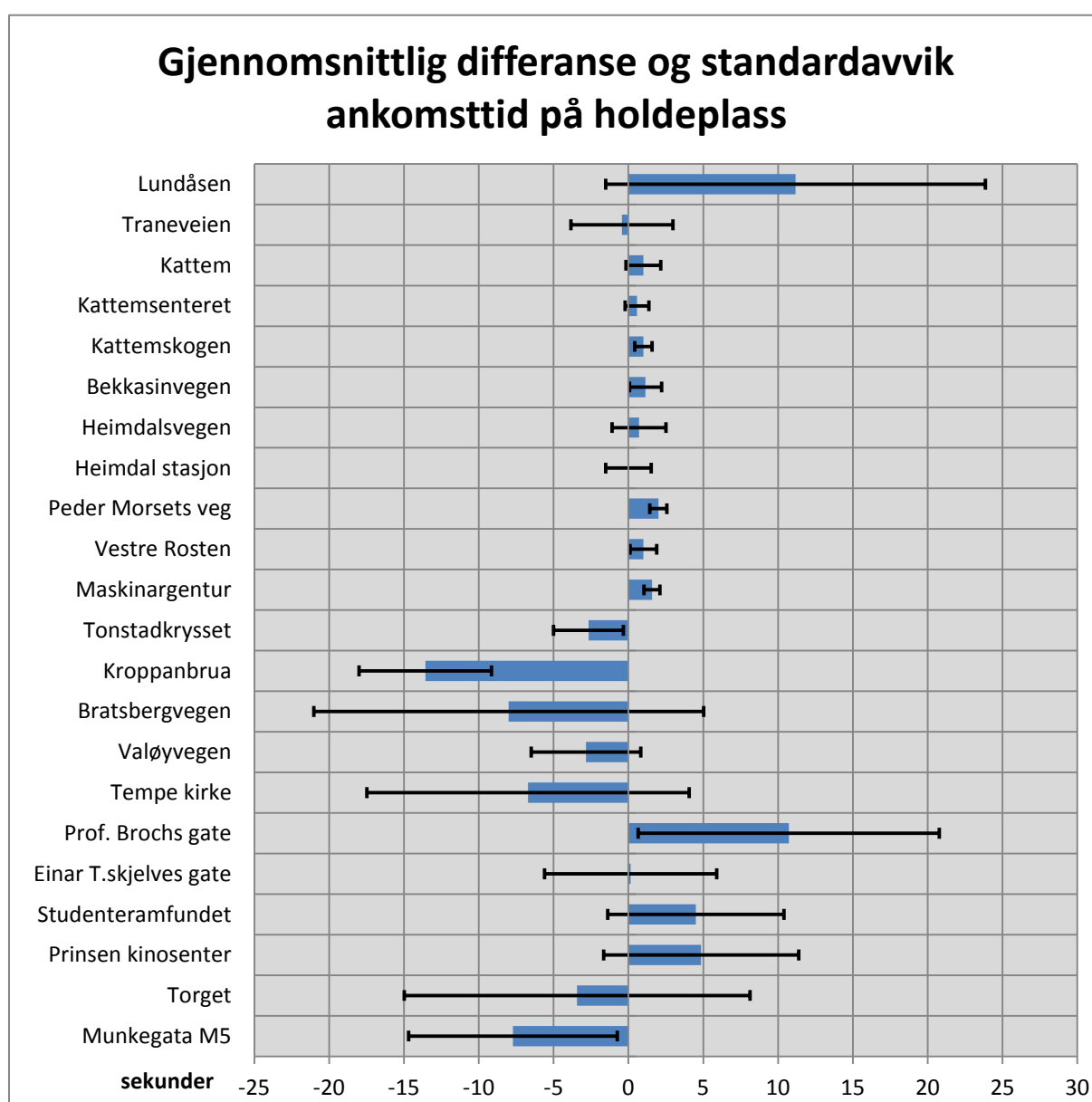
I kollektivbuen er det mange store avvik som ikke ser ut til å følge noe bestemt mønster. Det er ikke sett på hvert enkelt avvik etter en mulig forklaring, men flere «stikkprøver» viser at det ofte har vært andre busser samtidig på holdeplassen. Bilde 39 viser et eksempel på det fra Professor Brochs gate. I dette tilfellet ble bussen stående som nr. 2 på holdeplassen. SISST registrerte ankomsten 14 sekunder etter bussen ankom holdeplassen, altså i det den var på vei til å kjøre ut.



Bilde 39: I kollektivbuen er det ofte flere busser på samme holdeplass

Det ser ut til at SISST har tatt høyde for andre busser på enkelte holdeplasser ved å sette punktet for ankomst langt bak på plattformen. Torget og Munkegata er to eksempler på det, hvor de fleste ankomstene er noen sekunder for tidlig, til tross for at det nesten alltid har vært flere busser til stede ved ankomst på disse holdeplassene.

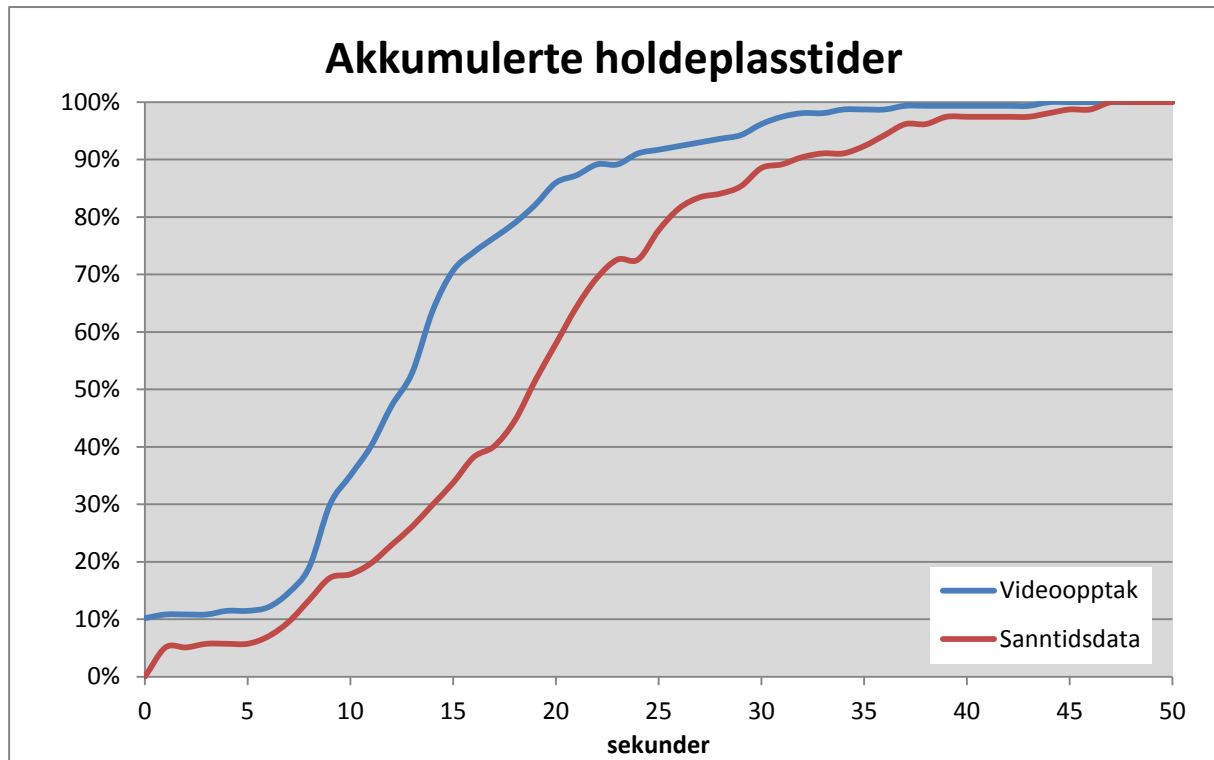
En årsak til den store spredningen på Torget kan være at sjåføren i størst mulig grad ønsker å stoppe langt fremme på plattformen for å gi plass til busser som kommer bak. Står det en buss på holdeplassen som blinker seg ut og er klar til å forlate den vil derfor bussene som kommer bak vente med å åpne dørene til de kan kjøre helt frem.



Figur 56: Gjennomsnittlig differanse i ankomsttid på holdeplass fra alle turene. Negative verdier er der SISST angir for tidlig ankomst. Standardavvik er også vist. Standardavviket øker betydelig i kollektivbuen. Kroppanbrua skiller seg ut med alle ankomstene over 10 sekunder for tidlig. Tyder på at holdeplassen er feil plassert i SISST. Alle tallene ligger som vedlegg 7

### Holdeplasztid

Metoden for å beregne holdeplasztid er ganske forskjellig mellom hva som er gjort i denne oppgaven med videoopptakene, og hvordan SISST beregner det. Fra videoopptakene er holdeplasztid satt til tiden bussen står stille på holdeplaszten i forbindelse med av- og påstigning. SISST beregner tiden utfra hvor lang tid det tar å passere to virtuelle sløyfer – en rett før og en rett etter holdeplaszten. Det vil derfor være naturlig å anta at holdeplasztidene fra sanntidssystemet i snitt er noe lengre, noe figur 57 bekrefter. Figuren viser holdeplasztidene for 157 stopp hvor det er registreringer både fra videoopptak og sanntidssystemet. Mens median holdeplasztid fra videoopptakene er 13 sekunder, er den 19 sekunder fra sanntidssystemet.



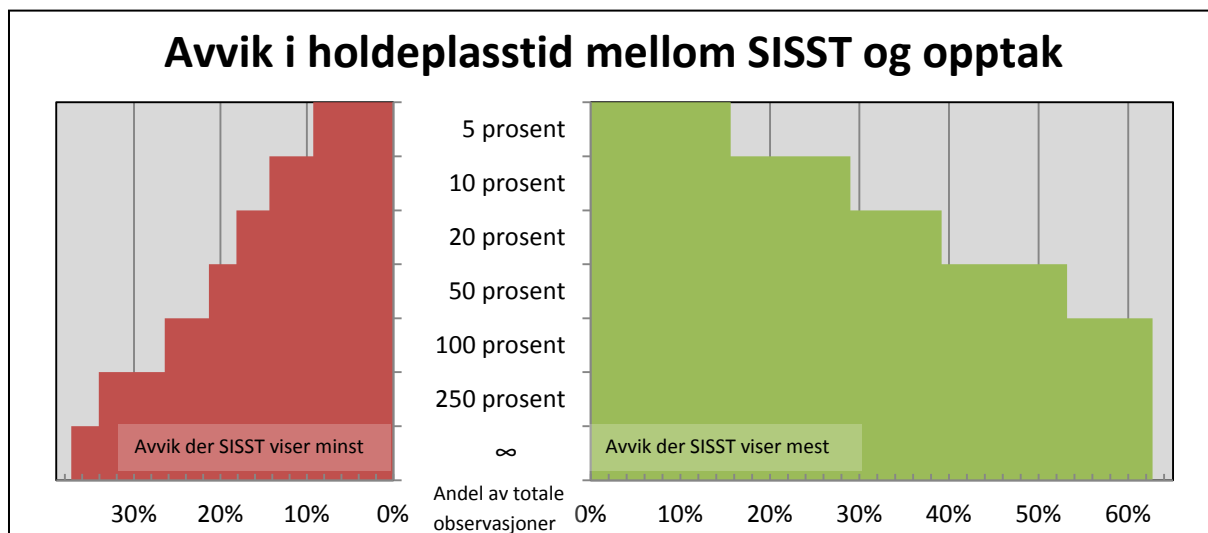
Figur 57: I snitt så er holdeplasztiden noe kortere fra videoopptak enn fra sanntidsdataen

Fra videoopptakene er det registrert 16 passeringer uten stopp på holdeplassen. Disse har fått 0 sekunder holdeplasstid. I SISST har mange av disse fått 1 sekund holdeplasstid, som er tiden det tar å passere begge sløyfene i normal hastighet. Men også holdeplasstid opp til 30 sekunder er registrert, selv om bussen ikke har hatt stopp på holdeplassen. En naturlig forklaring på det kan være at bussen har bitt stående i kø ved holdeplassen, selv om det ikke har vært av- eller påstigning. En gjennomgang av de 10 største avvikene avkrefter imidlertid dette. I 8 av tilfellene har bussen kjørt rett forbi holdeplassen i løpet av få sekunder, som vist i tabell 22.

**Tabell 22: Liste over stopp hvor sanntidssystemet har registrert lang holdeplasstid selv om det ikke har vært stopp for av- og påstigning**

Dato	Holdeplass	Stoptid i følge sanntidssystemet	Mulig forklaring på avvik
30.okt	Heimdalsvegen	7 s	Passerte uten stopp i 25 km/t - ingen forklaring
30.okt	Studentersamfundet	15 s	Passerte uten stopp i 25km/t - ingen forklaring
31.okt	Heimdalsvegen	9 s	Passerte uten stopp i 25 km/t - ingen forklaring
31.okt	Kroppanbrua	11 s	Passerte uten stopp i 70 km/t - ingen forklaring
01.nov	Kattemsenteret	12 s	Passerte uten stopp i 25 km/t - ingen forklaring
02.nov	Bratsbergvegen	12 s	Passerte uten stopp i 40 km/t - ingen forklaring
06.nov	Tempe kirke	30 s	Saktegående kø - brukte ca. 15 sekunder forbi busslomme
08.nov	Traneveien	14 s	Passerte uten stopp i 30 km/t - ingen forklaring
08.nov	Heimdalsvegen	8 s	Passerte uten stopp i 30 km/t - ingen forklaring
08.nov	Tempe kirke	13 s	Kø. Ble stående bak annen buss. 13 sekunder virker lite

For å ta høyde for forskjellen i registreringsmetode er tidene fra videoopptakene justert i figur 58. Medianverdien fra opptakene er 6 sekunder lavere enn hva SISST rapporterer. Det er derfor lagt 6 sekunder til alle holdeplasstidene fra opptakene til fremstillingen av figuren. Unntaket er tilfellene hvor det ikke har vært stopp, det er da lagt til 1 sekund. Fra figuren under ser man at SISST i 63 % av tilfellene gir lengre oppholdstid, 37 % av tilfellene lavere oppholdstid. Det er mange store avvik, kun 25 % av holdeplasstidene fra SISST har avvik under 5 %. I over halvparten av observasjonene er avviket mer enn 10 % og 1 av 4 observasjoner har mer enn 50 % avvik.



**Figur 58:** Det er lagt 6 sekunder til alle holdeplasstidene fra opptakene hvor det har vært stopp, og 1 der det ikke har vært stopp. 37 % av holdeplasstidene er da kortere i sanntidssystemet (venstre side), mens 63 % er lengre (høyre side). Totalt har 43 % av observasjonene et avvik på +/- 10 %.

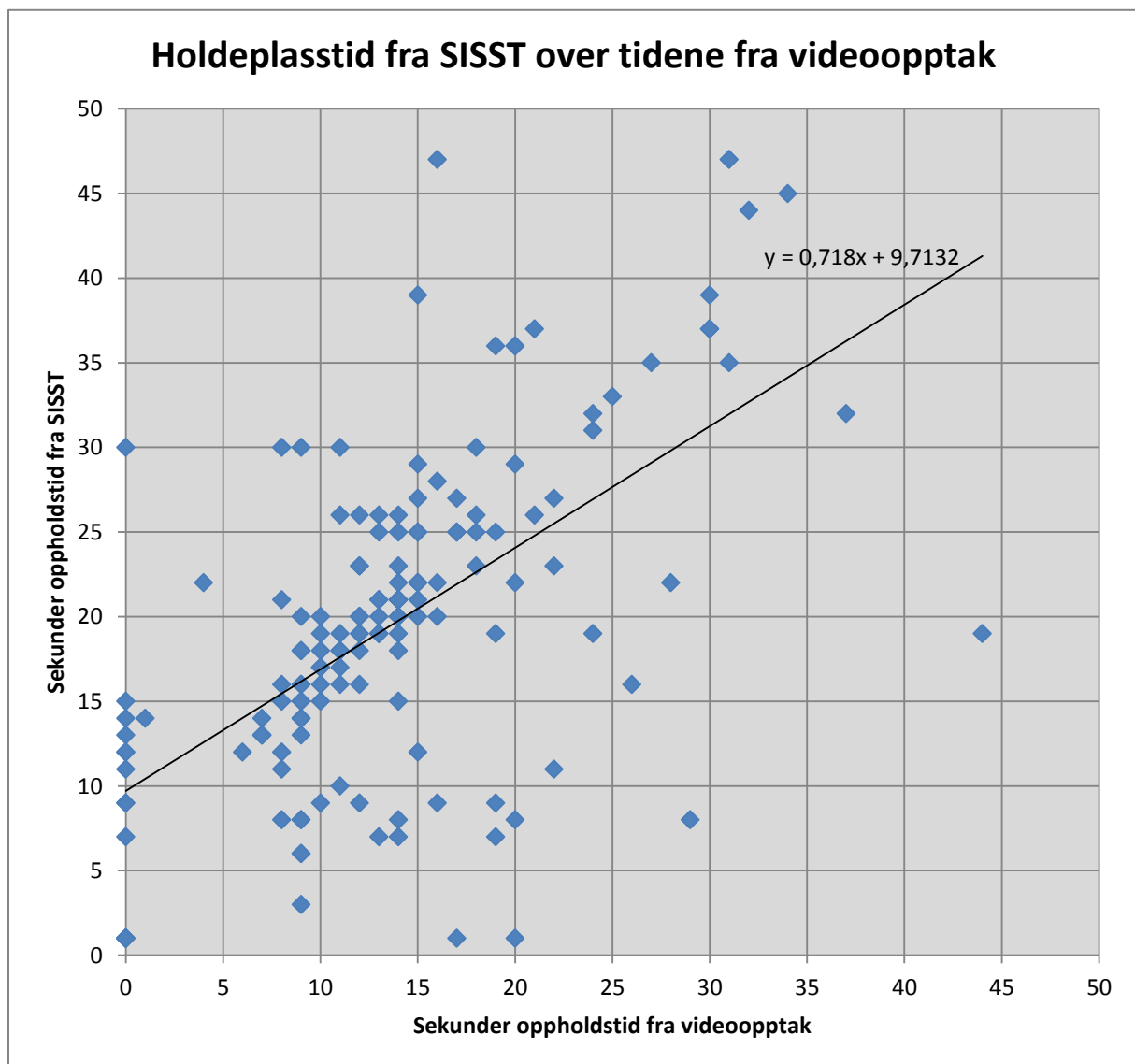


Plotter man tidene fra SISST mot tidene fra opptakene uten korrigering får man figur 59. Tidene fra SISST er vist langs y-aksen mens tidene fra opptakene er langs x-aksen. En lineær regresjonslinje gir et stigningstall på 0,72 og en konstant på 9,7.

Korrelasjonen mellom tidene fra opptakene og SISST er beregnet med formelen:

$$r = \frac{\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x - \bar{x})^2 \sum(y - \bar{y})^2}}$$

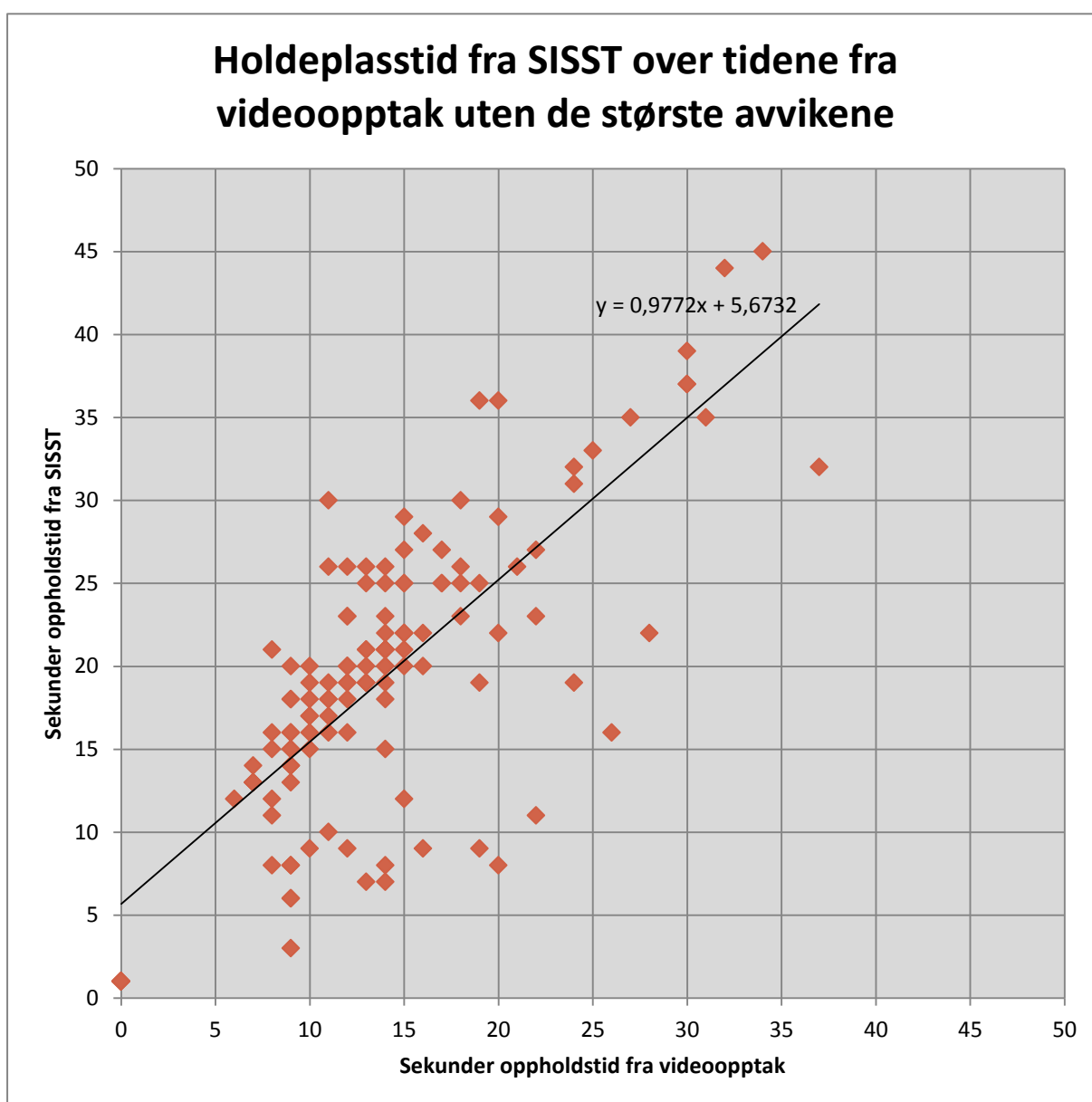
hvor  $x$  er verdiene fra videoopptakene og  $y$  er verdiene fra SISST. Totalt er det 157 observasjoner som er sammenliknet. Korrelasjonen er funnet til 0,59 som gjør den statistisk signifikant ( $p < 0.0005$ ). Kvadratet av korrelasjonskoeffisienten  $r^2$  forteller hvor stor andel av variasjonen til  $y$  som kan forklares fra variasjonen av  $x$ .  $R^2$  er funnet til 0,35 som betyr at 35 % av variasjonen mellom  $x$  og  $y$  kan forklares fra en lineær sammenheng, mens 65 % er tilfeldig variasjon.



Figur 59: Plott av holdeplasstidene fra SISST over tidene fra opptak. Lineær regresjonslinje gir et stigningstall på 0,72 og en konstant på 9,7. Holdeplasstidene ligger som vedlegg 4 og 5

Plottet viser en del enkeltobservasjoner som avviker stort fra regresjonslinjen. Hvis man tar ut 10 % av observasjonene med størst avvik får man figur 60. Regresjonslinjen får da et stigningstall nært opp mot en, som tyder på at en økning i holdeplasstiden med et sekund vil føre til et sekund lengre tid registrert i SISST. Konstantleddet på 5,7 sekunder stemmer også godt med antagelsen om at forskjellen i målemetode i snitt gir 6 sekunder lengre oppholdstid i SISST.

$R^2$  for observasjonene i Figur 60 er 58 %, så fremdeles vil nesten halvparten av variasjon fra SISST skyldes noe annet enn holdeplasstid fra videoopptakene.



Figur 60: Ved å fjerne 10 % av observasjonene med størst avvik får man et stigningstall på nesten en. Konstanten på 5,7 samsvarer godt med forskjellen i medianverdi som er 6 sekunder mellom de to målemetodene

### Ankomst til lyskryss

Det har dessverre vært lite data fra SISST tilgjengelig fra passering av lyskryss for å sammenlikne med videoopptakene. Det viser seg at denne dataen kun lagres i tre uker. Enkelte passeringer 27.11 og 28.11 er imidlertid sammenliknet. For de fleste lyskryssene vil tre passeringstidspunkt på virtuelle sløyfer registreres i SISST, se eksempel i tabell 23. Det første punktet bør være ca. 25 sekunder før lyskrysset, slik at bussen melder sin ankomst tidsnok til at fasene i krysset får vekslet. Neste punkt er ved stopplinjen. Siste punkt er i krysset som en "kvittering" på at bussen har passert.

Tabell 23: Eksempel på registreringer fra lyskryss

Vehicle		Bus stop/Link	Type	Actual arrival	Scheduled arrival	Forklaring
446	16010505	Tonstadkrysset 2	Holdeplass	27.11.2012 07:49:04	27.11.2012 07:41:00	
446	1130	Tonst ->807-1	Loop	27.11.2012 07:49:31		Virtuell sløyfe før lyskrysset - bussen ber om grønt lys
446	1131	Tonst ->807-1	Loop	27.11.2012 07:49:45		Virtuell sløyfe på stopplinje - bussen varsler om ankomst
446	1132	807-1 ->Kropp	Loop	27.11.2012 07:50:07		Virtuell sløyfe etter krysset - bussen kvitterer ut
446	16011246	Kroppanbrua	Holdeplass	27.11.2012 07:53:07	27.11.2012 07:44:00	



Bilde 40: Ankomst på stopplinje ved lyskrysset på Tonstad. Tiden er helt lik fra SISST og opptakene

Totalt er det bare registrert stopp ved 5 røde lys de to dagene i SISST. En gjennomgang av dem viser at ankomst på stopplinjen stemmer godt overens med videoopptakene. Bilde 40 viser at tidspunktet ved ankomst her er identisk med det fra SISST i tabell 23.

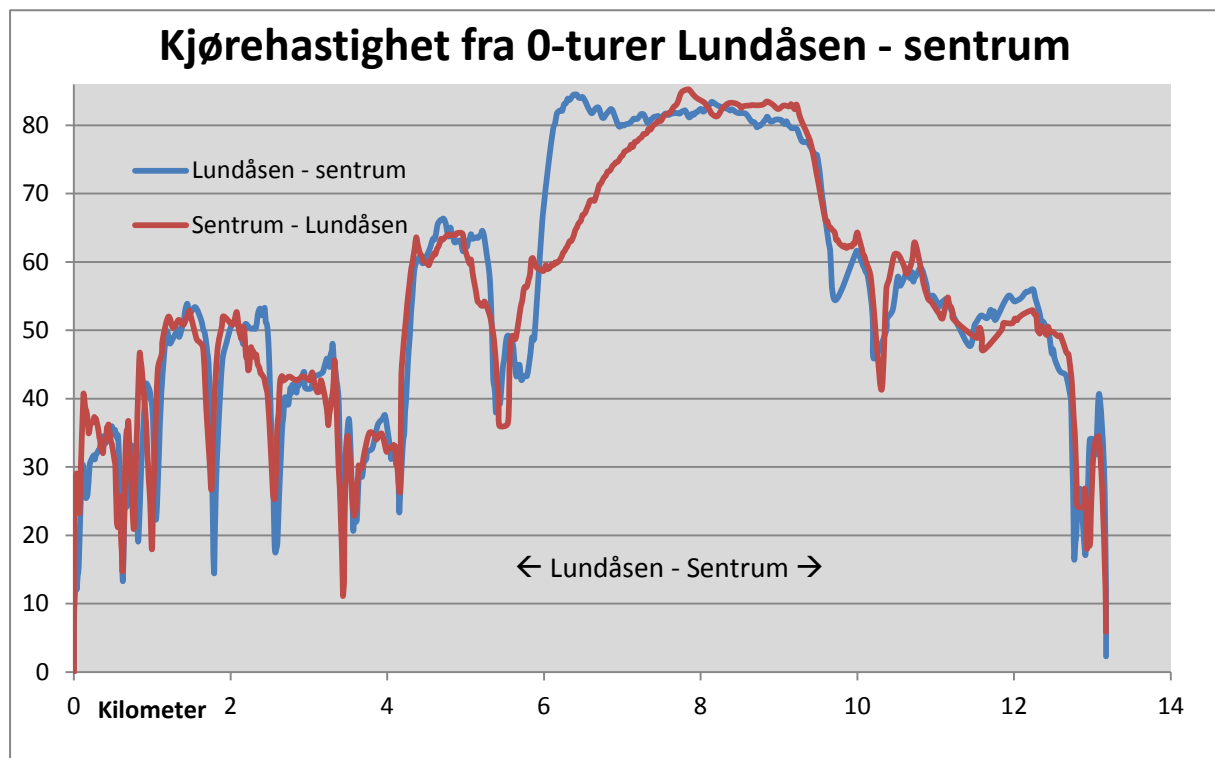
Selve ventetiden ved stopplinjen ser også ut til å kunne tolkes ut fra SISST-dataen. Tidsbruken mellom sløyfen på stopplinjen og den etter krysset stemmer godt overens med stopptiden fra videoopptakene. Ved å legge til et fast tillegg for oppbremsing og akselerasjon bør det derfor være mulig å finne total forsinkelse fra lyskryss ved hjelp av SISST-data.

Et problem vil imidlertid være når det allerede står kjøretøy ved stopplinjen slik at bussen ikke får kjørt helt frem. Da risikerer man at bussen står og venter ved lyset før den blir registrert ved sløyfen på stopplinjen. Dette er imidlertid ikke observert, da bussen har eget kollektivfelt med lite annen trafikk. Det er derfor uvisst hvordan SISST håndterer det. Viser det seg å være et problem kan en mulig løsning være at SISST rapporterer tidspunktet bussen kommer under 5 km/t ved lyskrysset. Da vil ikke beregningen av forsinkelse bli påvirket av hvor langt fra stopplinjen bussen stopper.

## 7.4 Reisetid fra sanntidsdata sentrum – Lundåsen

Til nå er det kun sett på reisetiden fra Lundåsen til sentrum i morgenrush. Turene i ettermiddagsrush motsatt retning er ikke registrert med videoopptak. For å få et bilde av hvor forsinkelsene ligger er det derfor brukt data fra sanntidssystemet. Reisetid mellom holdeplassene er hentet fra 14 turer gjennomført i tidsrommet 15 – 17 i uke 3 2013. Dataen ble hentet fra rapporten «Passages at Nodes and Virtual Loops».

Som referanse for reisetid uten forsinkelse er det også kjørt en referansetur (0-tur) på strekningen sentrum – Lundåsen. Figur 61 viser 0-turen sammen med 0-turen i motsatt retning. Det største avviket mellom de to turene er fra 6 til 8 kilometer hvor bussen fra sentrum mister mye fart opp Okstadbakken (retningen på figuren er sentrum til høyre).

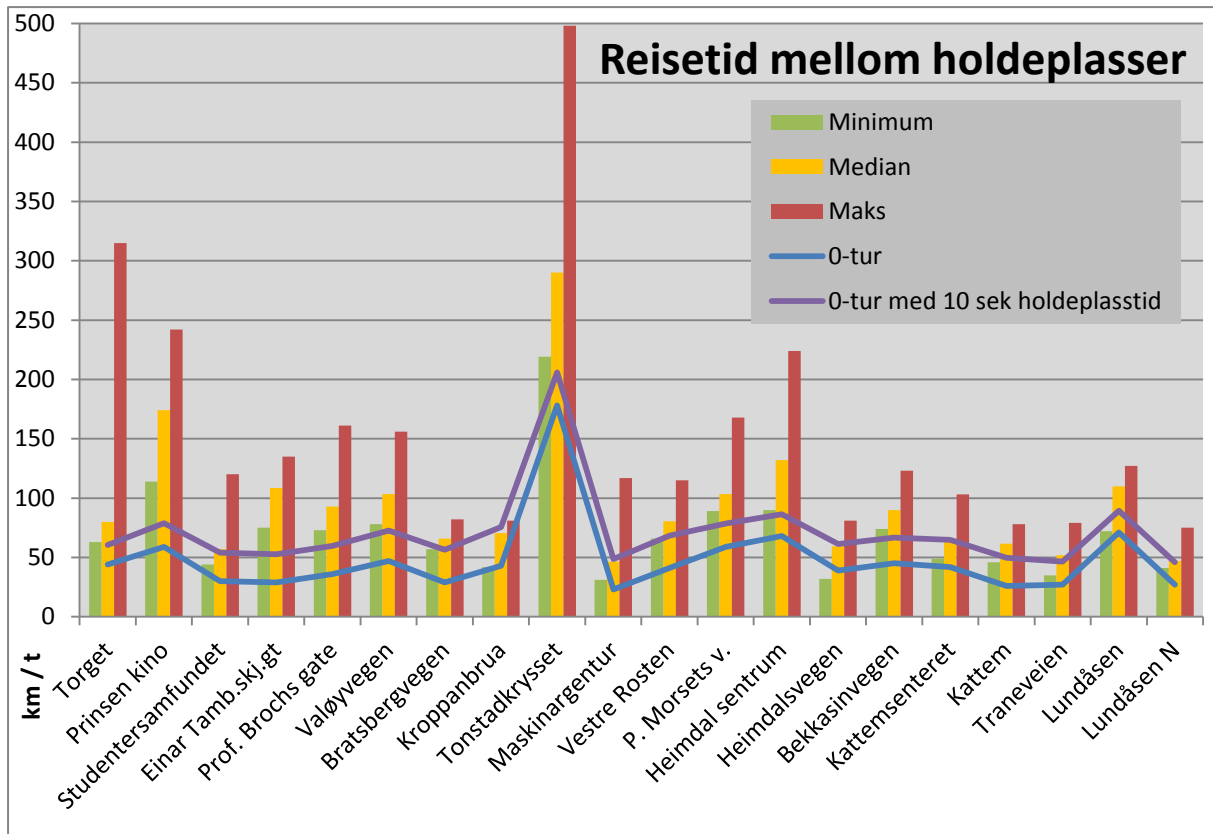


Figur 61: Kjørehastigheten er ganske lik i begge retningene på referanseturen Lundåsen - sentrum og tilbake. Et stort avvik er opp Okstadbakken hvor bussen ikke har nok motorkraft til å holde fartsgrensen

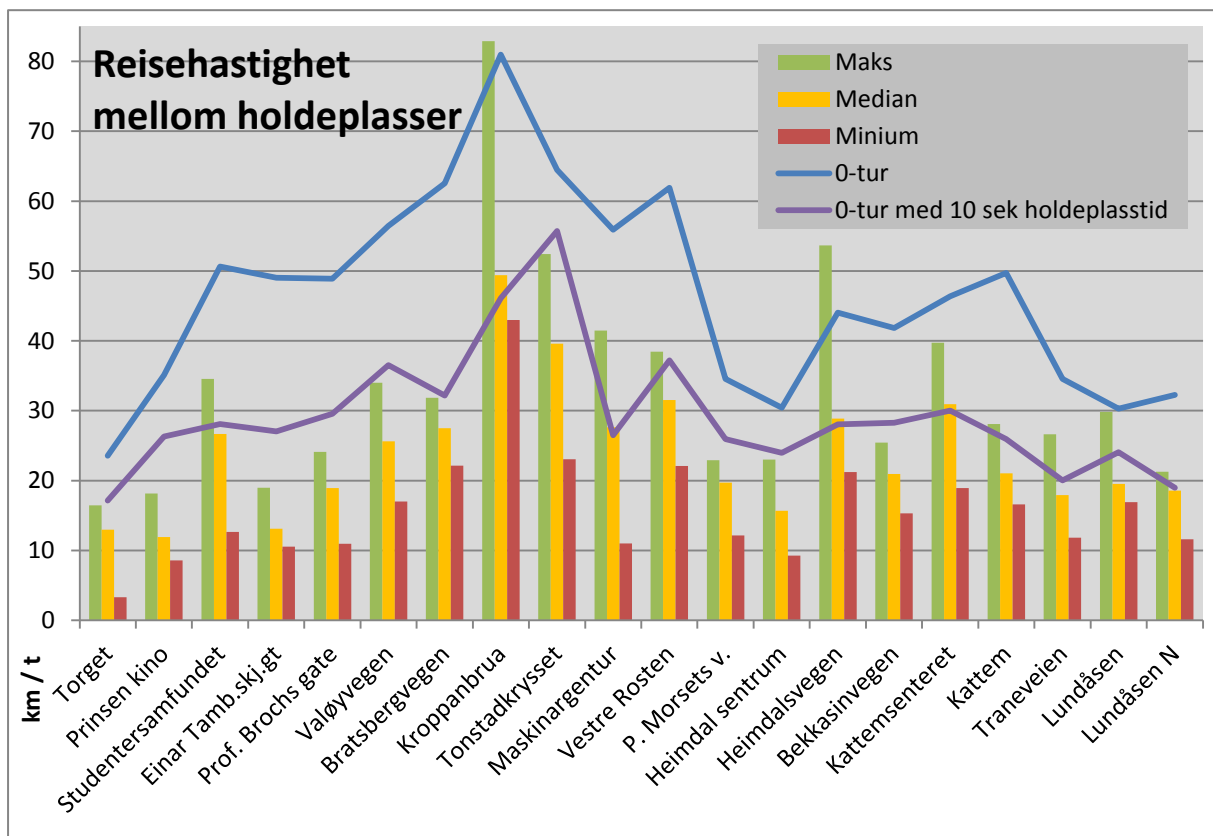
Dataen fra rapportene er vist på neste side, figur 63 viser reisetid mens figur 62 viser reisehastighet mellom hver holdeplass. Mange av stedene hvor forsinkelse oppstår er de samme som i morgenrushet. Det gjelder i kollektivbuen, og til en viss grad Heimdal sentrum, men her ser forsinkelsene ut til å være mindre om ettermiddagen. Strekningen fra Kroppanbrua til Tonstadkrysset skiller seg ut med den klart største forsinkelsen på 5 minutter en av dagene. Medianforsinkelse er på litt under 2 minutter. Det bør nevnes at trafikken er større en normalt på strekningen grunnet vegarbeid på E6. Oversikt over total reisetid for turene er vist i tabell 24.

Tabell 24: Total reisetid for turene i ettermiddagsrush

Ettermiddagsrush			Rutetabell
Minimum	Median	Maks.	
43 min	32 min	25 min	27 min
18 km/t	24 km/t	30 km/t	28 km/t



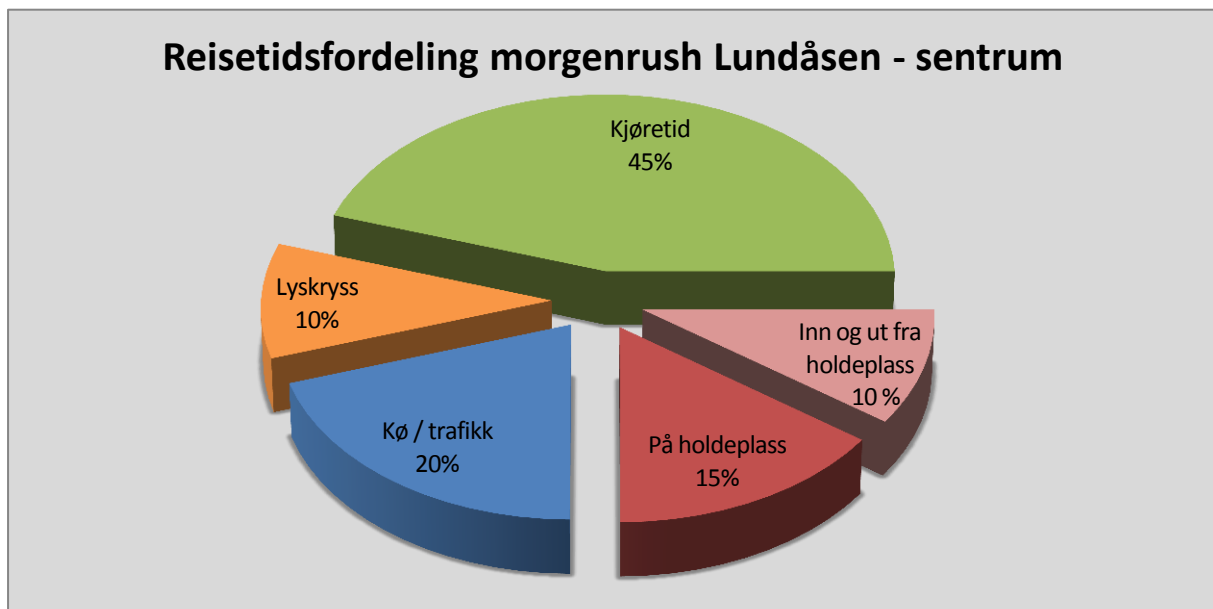
Figur 63: Forsinkelsene oppstår mange av de samme stedene som i morgenrush. Strekingen frem til Tonstadkrysset skiller seg ut her, men trafikken er for tiden høyere enn normalt her grunnet vegarbeid på E6



Figur 62: Mange steder ligger median reisehastighet helt opp mot den lilla streken, som tyder på at det til vanlig er lite forsinkelser på store deler av traséen

## 7.5 Resultater og diskusjon

Ut fra funnene som er gjort med videoopptak av rute 9 i morgenrush er det mulig å si noe om hvor mye tid som går med til ulike typer forsinkelser. Figur 64 viser fordelingen av reisetid mellom faktisk kjøretid (45 %) og fire typer forsinkelser: lyskryss (10 %), kø og trafikk (20 %), oppholdstid på holdeplass (15 %) og inn- og utkjøring fra holdeplass (10 %).



Figur 64: Fordeling av reisetid for rute 9 basert på gjennomgang av videoopptakene

Ved gjennomgang av sanntidsdata er det avdekket en del avvik fra det som er funnet med videoopptakene. Noen feil virker systematiske mens andre er mer tilfeldige. En del feil skal være rettet etter oppgradering av systemet 8.november, men det ser også ut til at nye feil har oppstått. Feilen som vurderes som mest kritisk er tidspunktet for start av tur. Før oppgraderingen var denne som regel satt lik avgangstid fra rutetabell, etter oppgraderingen er den satt til 60 sekunder etter ankomst på første holdeplass. I begge tilfeller er det observert store avvik fra hva som har vært faktisk avgangstid.

Ankomsttid på holdeplassene er stort sett ganske nøyaktig. Det er bare 10 % av tilfellene hvor avviket er større enn 10 sekunder. De fleste avvikene antas å komme fra tilfeller hvor det er flere busser på holdeplassen.

Oppholdstiden på holdeplass er den som avviker mest fra faktiske observasjoner. Mye av forklaringen kan ligge i metoden som benyttes for å regne ut holdeplasstiden i SISST, da SISST beregner tiden ut fra hvor lang tid det tar å passere to virtuelle sløyfer – en foran og en etter holdeplassen. Selv om man tar høyde for det er det ofte store avvik.

Det er sett lite på forsinkelse i lyskryss, men de få observasjonene som er gjort tyder på at man kan beregne forsinkelsen i SISST ved å se på differansen i passeringstid på sløyfen etter krysset med den på stopplinjen. Er denne tiden mer enn et par sekunder har bussen stoppet ved rødt lys (det vil sjeldent være på grunn av kø at bussen har stoppet, siden det er kollektivfelt ved alle lyskryss). Skal man få med hele forsinkelsen må det legges til et tillegg for akselerasjon hver gang bussen har stoppet.

### Forslag til forbedring i rapportene

Forbedringstiltakene som foreslås her kan deles inn i tre kategorier:

- Hvordan SISST registrerer data
- Hvilke data SISST bruker til å lage rapportene
- Hvordan SISST presenterer dataen i rapportene

Riktig registrering av data er fundamentalt og en forutsetning for at alt det andre. Det bør derfor jobbes for å få en mer nøyaktig tidfesting av når en tur starter, når en tur slutter og når en buss ankommer holdeplassen. Ligger svakheten i dårlig kalibrert data fra odometret i bussen bør dette automatisk kalibreres ved hjelp av GPS-signalene. Er GPS-signalene svake eller unøyaktige bør man ta i bruk A-GPS<sup>21</sup>, GLONASS<sup>22</sup> eller andre posisjoneringstjenester i tillegg til vanlig GPS.

Det bør legges inn mekanismer i SISST som eliminerer helt åpenbare feil. Eksempler på hva som er funnet i rapportene:

- Ankomst på en holdeplass før turen faktisk har startet
- Turen starter 30 minutter foran rutetabellen, men er plutselig i rute på første holdeplass
- Holdeplasser passeres i feil rekkefølge og ville nødvendigvis krevd kjøring i flere hundre km/t
- Bussen suser forbi holdeplassen i 70 km/t men får rapportert 11 sekunder holdeplasstid

Ankomst på holdeplass bør knyttes opp mot åpning av dørene, for eksempel et sekund før dørene åpnes. Passeres holdeplassen uten stopp brukes i stedet passeringstidspunkt for en av de virtuelle sløyfene, oppholdstid på holdeplassen settes da lik null. Oppholdstid på holdeplassen bør være tiden frem til dørene lukkes, eventuelt med et tillegg på et par sekunder.

Selve presentasjonen av dataen i rapportene bør gjøres langt mer brukervennlig som forklart i 6.4 *Data fra sanntidssystemet (SISST)*. Det går både på språkbruk og formatet som ulike verdier lagres i. Det som er mest tidkrevende ved arbeid med rapportene i Excel er konvertering av verdier fra tallformatet minutter:sekunder til vanlig heltall.

---

<sup>21</sup> Assisted GPS benytter seg av GSM-nettet i tillegg til GPS for raskere og mer nøyaktig posisjonering

<sup>22</sup> GLOSNASS er et russisk satellittnavigasjonssystem på linje med GPS. Satellittene går i en bane som er bedre egnet for posisjonering ved høye breddegrader enn GPS. Mange nye smarttelefoner har i det siste fått støtte for GLOSNASS

## 8 Vurdering av tiltak

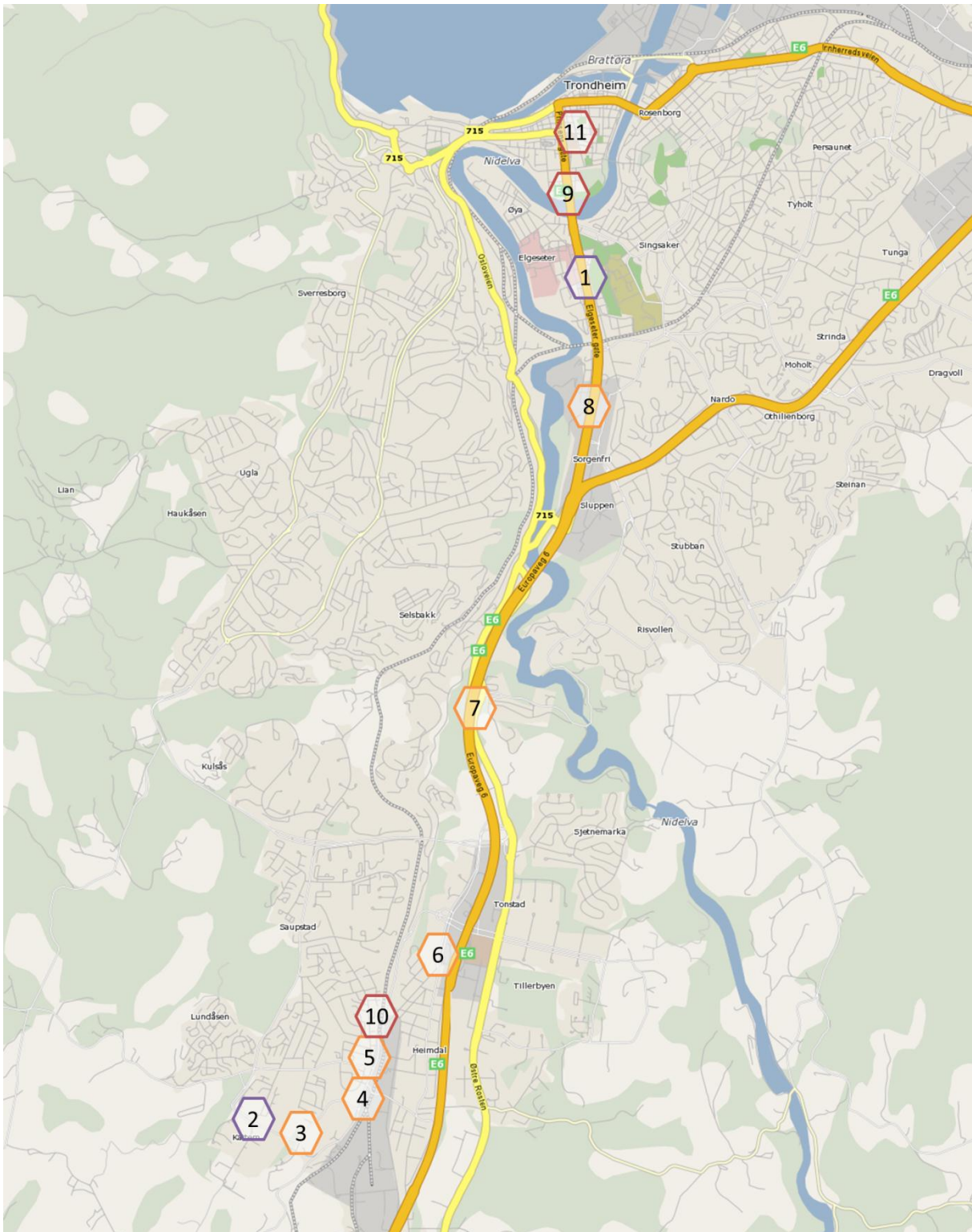
I dette kapitlet presenteres forslag til tiltak som kan bedre fremkommeligheten for bussen på strekningen Lundåsen – sentrum. Hvert enkelt tiltak er kun vist på en enkel skisse, og det er ikke gjort kostnadsberegninger. Eventuell reduksjon i reisetid er et grovt estimat. Liste over tiltakene er vist i tabell 25 og på kart neste side i figur 65.

Tabell 25: Liste over foreslåtte tiltak

<b>Holdeplasstiltak:</b>	(1) Samlokalisering av holdeplasser i Kollektivbuen
	(2) Samlokalisering av Katteskogen og Kattem
<b>Tiltak på strekning:</b>	(3) Kurveutbedring Kattem
	(4) Kollektivfelt Heimdalsvegen
	(5) Bussveg Heimdal sentrum
	(6) Forlenget kollektivfelt Vestre Rosten
	(7) Kollektivfelt E6 Okstadbakken
	(8) Kollektivfelt Holtermanns veg
<b>Tiltak i kryss:</b>	(9) Utvidet signalprioritering
	(10) Bussprioritering i lyskryss Bjørndalen – Sivert Thonstads vei
	(11) Fjerning av signalregulert gangfelt Torvet

Det er primært sett på tiltak i retningen mot sentrum, men flere av tiltakene vil også redusere reisetiden i motsatt retning.





Figur 65: Oversikt over foreslåtte tiltak på strekningen Lundåsen - sentrum. Noen tiltak vil øke fremkommeligheten i begge retninger

### 8.1 Holdeplasstiltak

Oppholdstiden per holdeplass har gått ned etter hvert som billetteringen har blitt mer effektiv. Men fremdeles går 25 % av reisetiden med til holdeplassene. Skal man redusere denne tiden ytterligere er færre holdeplasser det neste steget. Mange steder ligger holdeplassene så tett at samlokalisering ikke vil øke gangavstanden for passasjerene mer enn 100 meter. Kan man oppnå 3 minutter kortere reisetid ved å bruke 1 minutt på å gå 100 meter ekstra vil de fleste passasjerene være positive til det.

På strekningen Lundåsen – sentrum er det holdeplassene Kattem og Kattemsenteret som ligger tettest med 180 meter mellom dem. Disse foreslås samlokalisert. I tillegg foreslås det at man gjennomfører samlokaliseringene foreslått i Superbussutredningen for Trondheim. Da reduseres antall holdeplasser med ytterligere to på strekningen Lundåsen – sentrum.

### Samlokalisering av holdeplasser i Kollektivbuen

Rute 9 har i dag 20 holdeplasser i Kollektivbuen på strekningen fra Sluppen til Strindheim. Det gir en gjennomsnittlig holdeplassavstand på 500 meter for innfarten fra sør, Sluppen – sentrum, og 350 meter for innfarten fra øst, Strindheim – sentrum. Spesielt innfarten fra øst har for høy tetthet av holdeplasser til å kunne oppnå målsetningene som er satt for reisehastighet, noe som er vist i figur 10 på side 10.

I forbindelse med utredning av Superbussløsning i Kollektivbuen er det derfor foreslått ny holdeplasstruktur, vist på figur 66. På innfarten fra sør blir det to færre holdeplasser, snittavstanden øker fra 500 til 560 meter. På innfarten fra øst blir det fire færre holdeplasser, snittavstanden øker fra 350 til 580 meter.

Tiltaket kan redusere reisetiden opp til tre minutter i rushtiden. På strekningen Lundåsen – sentrum vil reisetiden reduseres ca. 1 minutt.



Figur 66: Forslag til ny holdeplasstruktur i Kollektivbuen. Gjennomsnittlig holdeplassavstand øker fra 390 til 550 meter. Illustrasjonen er hentet fra høringsutkast av Superbusskonsept i Trondheim

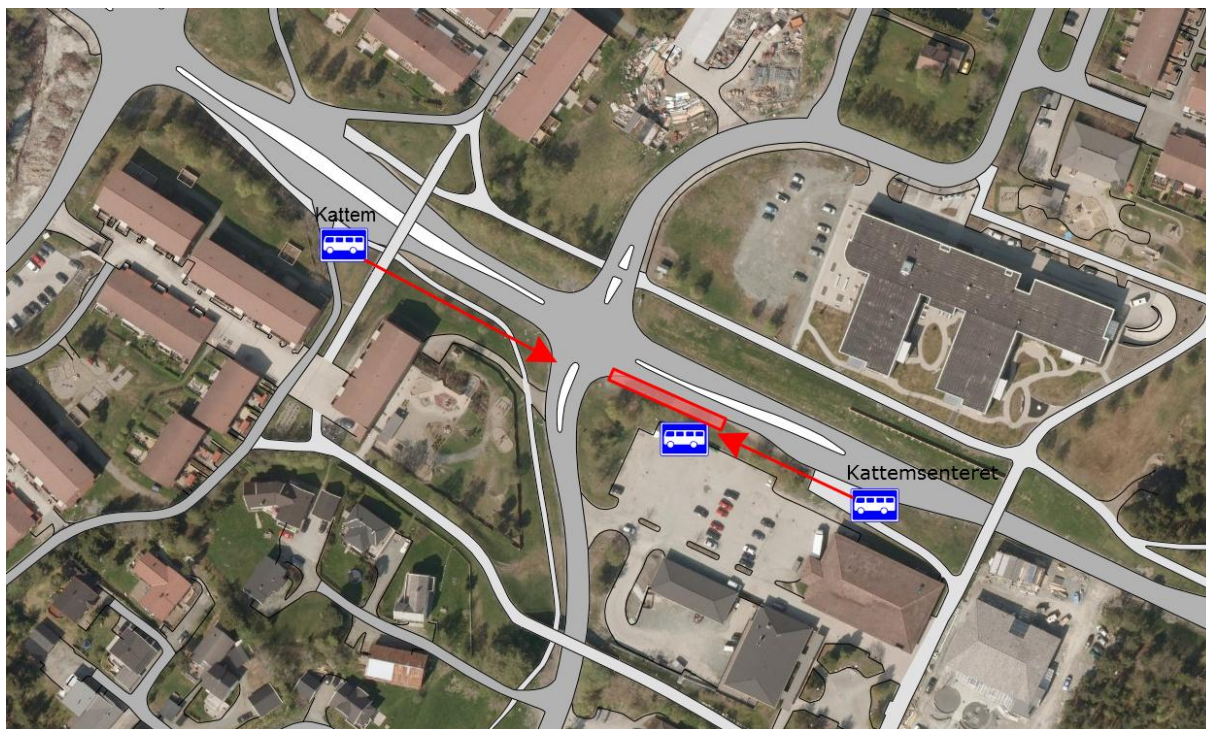
### Samlokalisering av holdeplassene Kattem og Kattemsenteret

På Kattem er det en holdeplass mer i retning sentrum enn det er fra sentrum. Det betyr at det ligger tre holdeplasser ganske tett i Lisbeth Nypans veg. Ved å samlokalisere holdeplassene Kattem og Kattemsenteret i retning sentrum blir det et mindre stopp for bussen. Nye holdeplassavstander er vist i tabell 26. Selv etter sammenslåing er holdeplassene i nedre grense for hva som anbefales for stamrute.

Tabell 26: Nye holdeplassavstander ved å slå sammen Kattem og Kattemsenteret i retning sentrum

Holdeplassavstander i dag		
Traneveien – Kattem	Kattem – Kattemsenteret	Kattemsenteret – Kattemskogen
310	180	320
Holdeplassavstander ved sammenslåing		
Traneveien – Ny holdeplass	Ny holdeplass – Kattemskogen	
420	390	

Total besparelse: 20 sekunder på nesten alle turene (13 s inn- og utkjøring fra holdeplass og 7 s holdeplasstid)



Figur 67: Kattem og Kattemsenteret ligger i dag kun 180 meter fra hverandre. Kan med fordel samlokaliseres i et nytt kantsteinsstopp

## 8.2 Tiltak på strekning

Totalt foreslås det seks tiltak på strekning. Flere av disse vil redusere de store forsinkelsene som opptrer enkelte dager og dermed bidra til mindre variasjon i kjøretid ulike dager. Det vil gjøre det lettere å redusere reguleringstiden i sentrum, noe som er nødvendig for å få plass til flere busser de neste årene.

De fleste av tiltakene kan gjøres innenfor dagens vegareal. Unntaket er tiltakene i Heimdal sentrum. Der vil det kreves kostbare prosjekt som må reguleres. Men det er også her de største tidsgevinstene er.

### Kurveutbedring Kattem

I begge endene av Lisbeth Nypans veg på Kattem går vegen videre i 90-graders kurver. Da vegen ble bygget på 70-tallet var det planlagt storstilt videre utbygging i området. 90-graderskurvene var derfor egentlig starten på store T-kryss med kanalisering. I dag fremstår de bare som en unaturlig krapp kurve. Bussene som går her må ned i ca. 10 – 15 km/t for å forsere svingen behagelig. Det foreslås derfor at kurvene rettes ut slik at bussen kan holde 35 – 40 km/t. Tiltaket vil også tydeliggjøre forløpet av forkjørsvegen, noe som kan gi en trafiksikkerhetsgevinst.

Total besparelse: 20 sekunder for hver tur i begge retninger

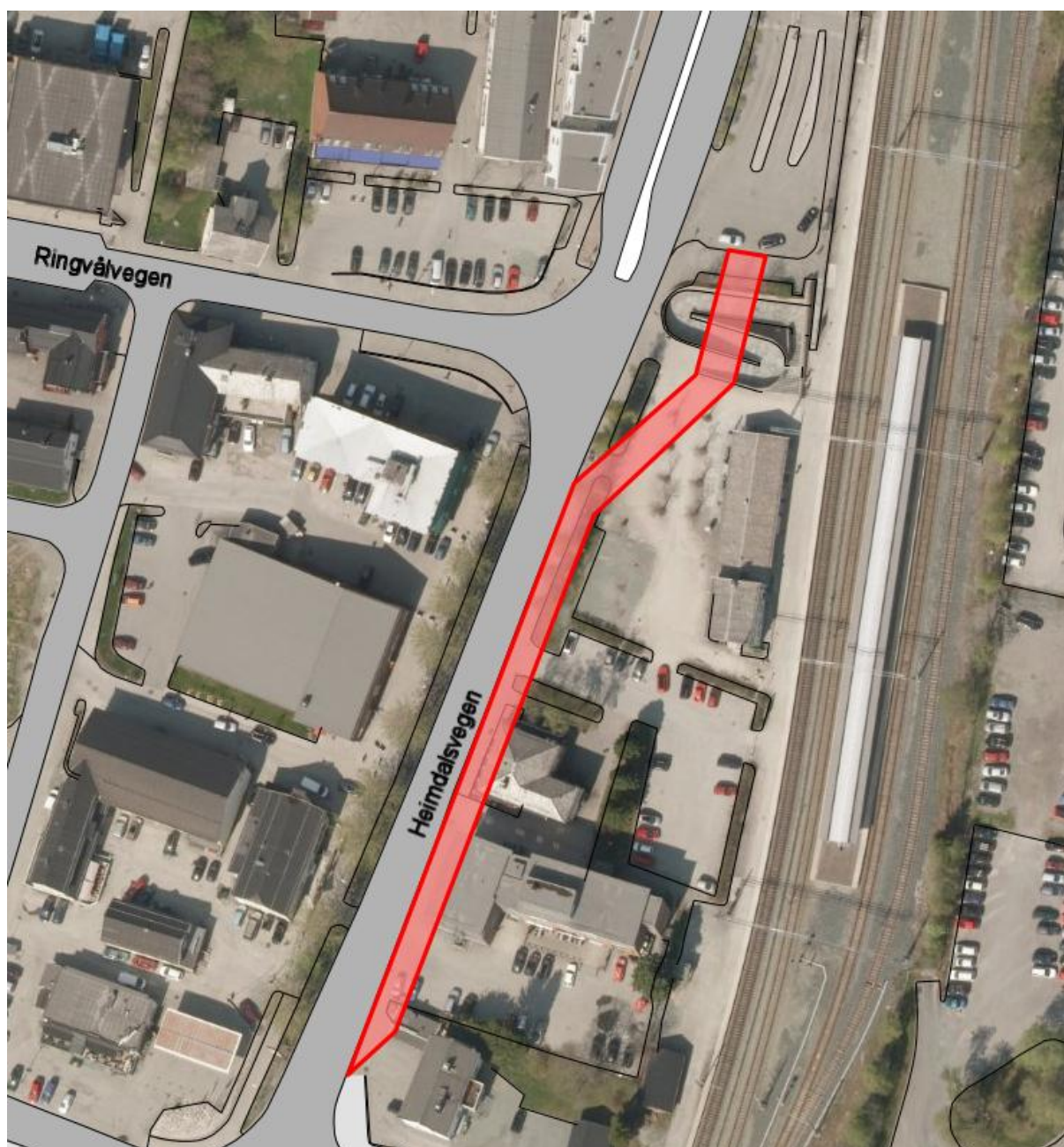


Figur 68: Øverst krysset Tunellvegen og Lisbeth Nypans veg. Nederst Kattemskogen og Lisbeth Nypans veg. Kurvene bør rettes ut for å tydeligere vise traséen til hovedvegen. Bussene vil spare ca. 10 sekunder i hver sving

### Kollektivfelt Heimdalsvegen

På strekningen i Heimdalsvegen var det i snitt tre minutters forsinkelse frem til Heimdal stasjon. Variasjonene var imidlertid store – fra 1 til 7 minutter. Forslag til tiltak er 150 meter langt kollektivfelt inn mot lyskrysset ved Ringvålvegen. Kollektivfeltet bør ledes utenom krysset og direkte inn til Heimdal stasjon. For å få plass til tiltaket må gangrampa til Heimdal stasjon flyttes og selve Heimdalsvegen må flyttes mot vest over eksisterende trerekke. I et litt mer langsiktig perspektiv kan man se for seg at deler av bebyggelsen langs Heimdalsvegen rives og at det fortettes med høyere hus og gatestruktur. Det kan da reguleres inn plass til kollektivfelt.

Total besparelse: 90 sekunder i vanlig rush. Mye mer på dagene med mest trafikk

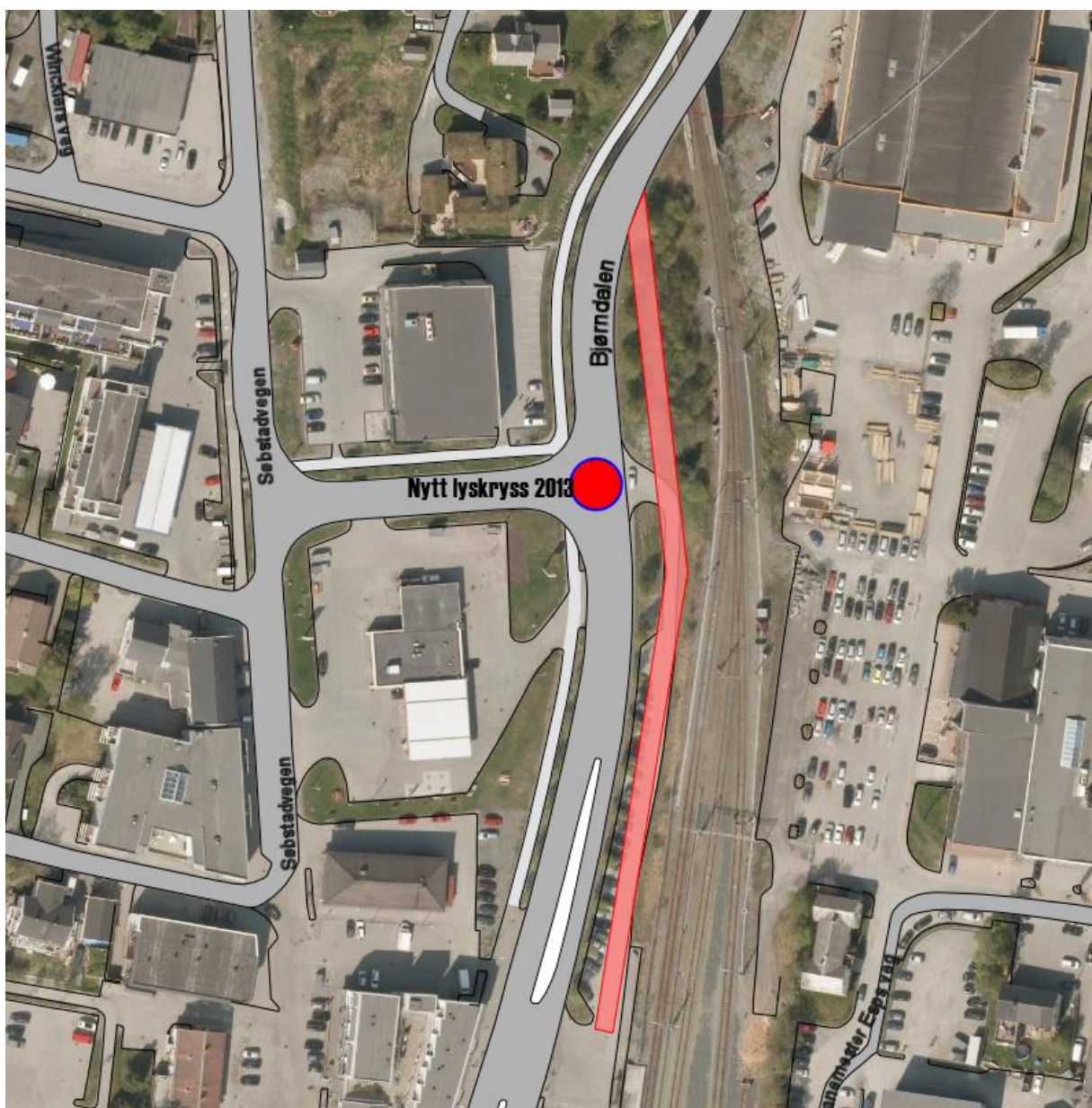


Figur 69: Kollektivfelt i Heimdalsvegen vil være et kostbart tiltak, men de fleste bussene vil spare 2 – 3 minutter forsinkelse i morgenrush.

### Bussveg Heimdal sentrum

Ut fra Heimal stasjon er det alltid mye trafikk i Bjørndalen frem til bussen svinger av i Sivert Thonstads vei. Her er det i snitt 3 minutter forsinkelse i morgenrush. I løpet av våren 2013 ferdigstilles nytt lyskryss i Søbstadvegen / Bjørndalen. Bussprioritering her er ikke mulig, da køen står gjennom krysset og det ikke er kollektivfelt. Forslag til tiltak er å bygge en egen bussveg fra stasjonsområdet som går utenom lyskrysset og kommer inn i Bjørndalen like før jernbaneundergangen som vist på figur 70. Tiltaket vil berøre en parkeringsrekke som tilhører stasjonsområdet. Den største utfordringen med tiltaket vil være å erstatte alle parkeringsplassene (noen vil sannsynligvis kunne bestå ved å ha langsgående parkering i stedet for skråparkering). Sanntidssystemet kan benyttes for holde tilbake trafikk i det nye lyskrysset i det bussen kjører inn i bussvegen. Bussen vil da kunne unngå kø i det smale partiet under jernbanen i Bjørndalen.

Total besparelse: 90 sekunder for alle turene i morgenrush



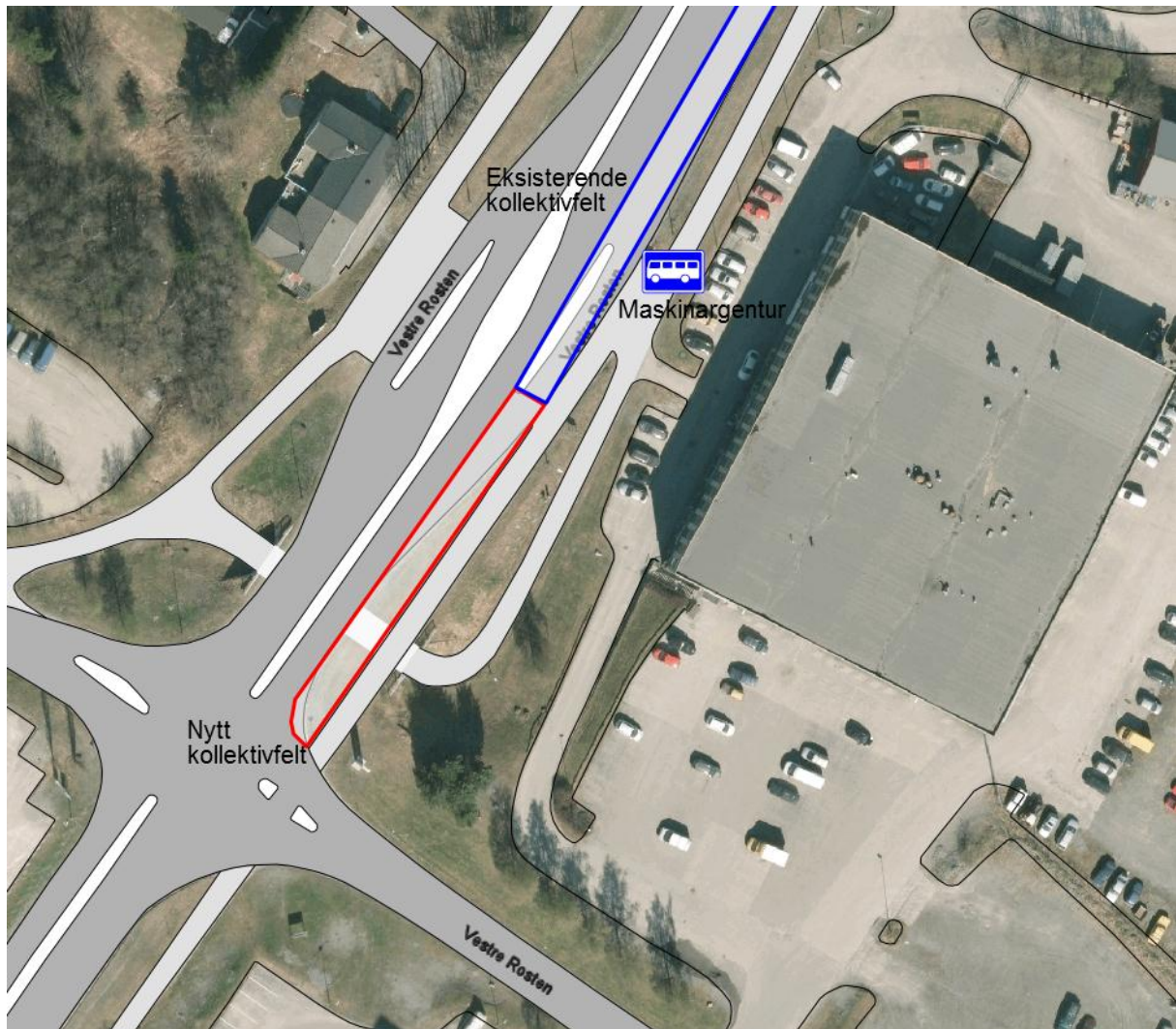
Figur 70: I Bjørndalen er det forsinkelse for bussen hver dag i morgenrushet. Ved å ta noen parkeringsplasser kan man lage en bussveg som kjører forbi store deler av køen



### Forlenget kollektivfelt Vestre Rosten

Det er i dag kollektivfelt i Vestre Rosten fra holdeplassen Maskinargentur og frem til Tonstadkrysset. I morgenrush var det flere dager at køen sto helt tilbake til der kollektivfeltet starter i dag. Forventes det trafikkvekst i området bør derfor kollektivfeltet forlenges tilbake til krysset som vist på figur 71. Køen i morgenrush kan da vokse ytterligere 80 meter uten at det går utover bussen.

Total besparelse: Ingenting ved normal trafikk i dag. 30 sekunder ved saktegående kø forbi det nye kollektivfeltet.



Figur 71: Kollektivfeltet i Vestre Rosten kan enkelt forlenges tilbake til krysset slik at bussen kan passere ytterligere 80 meter kø uten forsinkelse

### Kollektivfelt E6 Okstadbakken

E6 sør for Trondheim veksler mellom to og tre kjørefelt i hver retning på strekningen Sluppen – Tonstadkrysset. Det er i dag ikke kollektivfelt på strekningen. I morgenrushet blir det kø i høyre felt nordover som tar av til E6 Omkjøringsvegen. Holdeplassen Kroppanbrua ligger på strekningen hvor det ofte er kø. Bussen må derfor legge seg inn i høyre felt for å betjene denne holdeplassen, som vist på bilde 41. Om ettermiddagen er det kø inn mot Tonstadkrysset. Det er også kø på E6 som snevres inn til et kjørefelt i hver retning på Heimdalsmyra. Vinteren 2012 / 2013 er køene ekstra lange om ettermiddagen grunnet vegarbeid på E6.

Strekningen i Okstadbakken har mange trafikkuhell hvert år<sup>23</sup>, som oftest påkjøring bakfra i ettermiddagsrush. Ved slike hendelser blir fort alle tre feltene fylt opp helt tilbake til Sluppen. Et kollektivfelt vil i de tilfellene fort redusere forsinkelsen for bussen med 10 minutter.

Total besparelse: 20 sekunder i morgenrush. Om ettermiddagen kan det variere fra 1 til 10 minutter.



Figur 72: Oversikt over strekningen Tonstad - Sluppen, og hvor køene oppstår

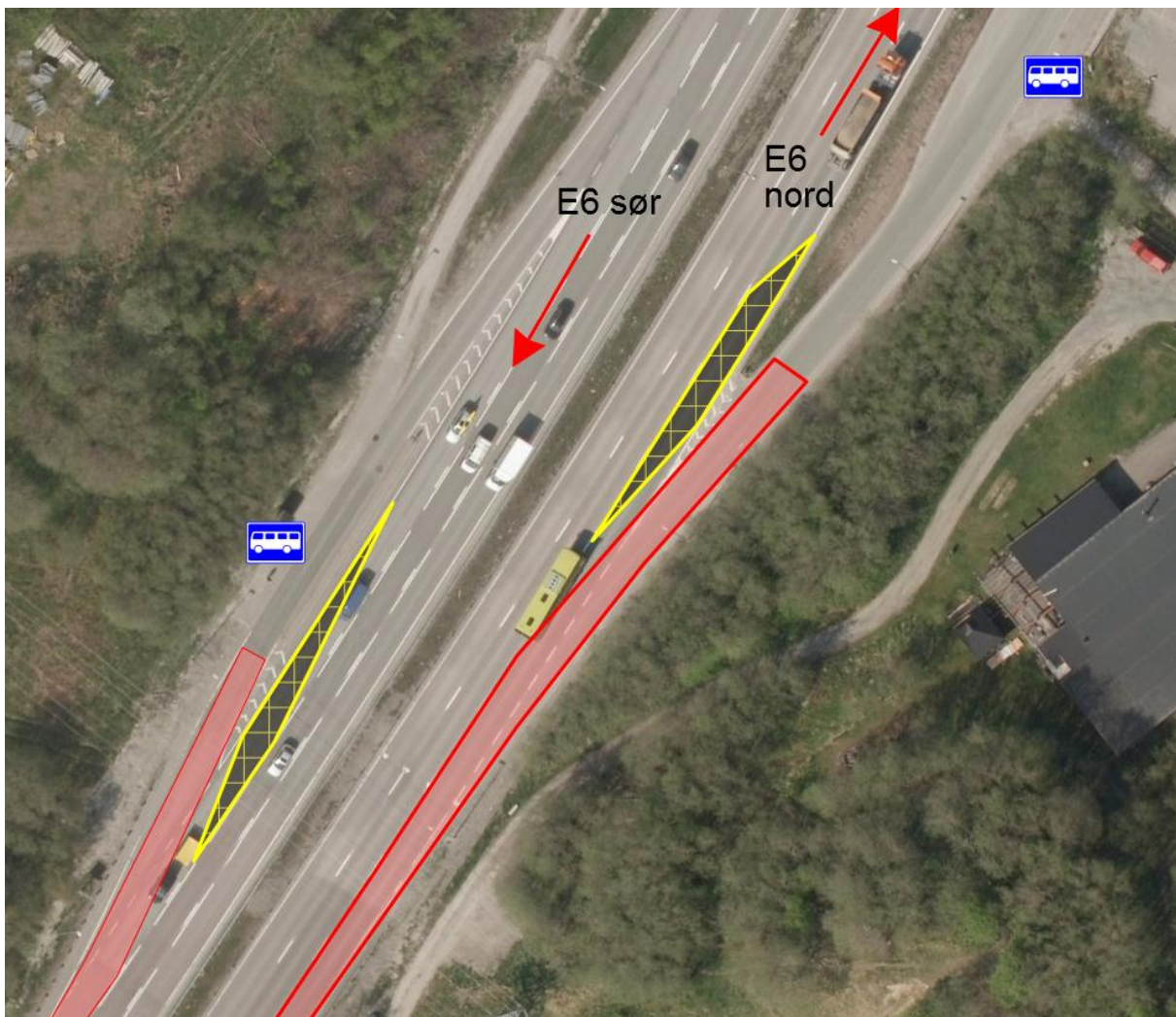
<sup>23</sup> Statens vegvesen har registrert 39 hendelser i Vegloggen med trafikkuhell eller hindring på strekningen i 2012



**Bilde 41:** Kjø på E6 nord ved Sluppen i morgenrush. Kjøen er i høyre felt mot omkjøringsvegen. Bussen må ligge her for å komme inn til holdeplassen Kroppanbrua. Her bør høyre felt reserveres til bussen frem til avkjøring holdeplassen



**Bilde 42:** Overvåkingskamera på Vegtrafikkentralen viser ettermiddagsrush på E6 sør. Det skjer stadig trafikkuhell her som skaper nesten stillestående kø i alle felt, på bildet er det imidlertid vanlig rushtrafikk



**Figur 73:** Kollektivfeltene bør starte / slutte ved holdeplassen Kroppanbrua. For å unngå at biler kjører i kollektivfeltet bør det være et sperrefelt, gjerne med hindermarkering

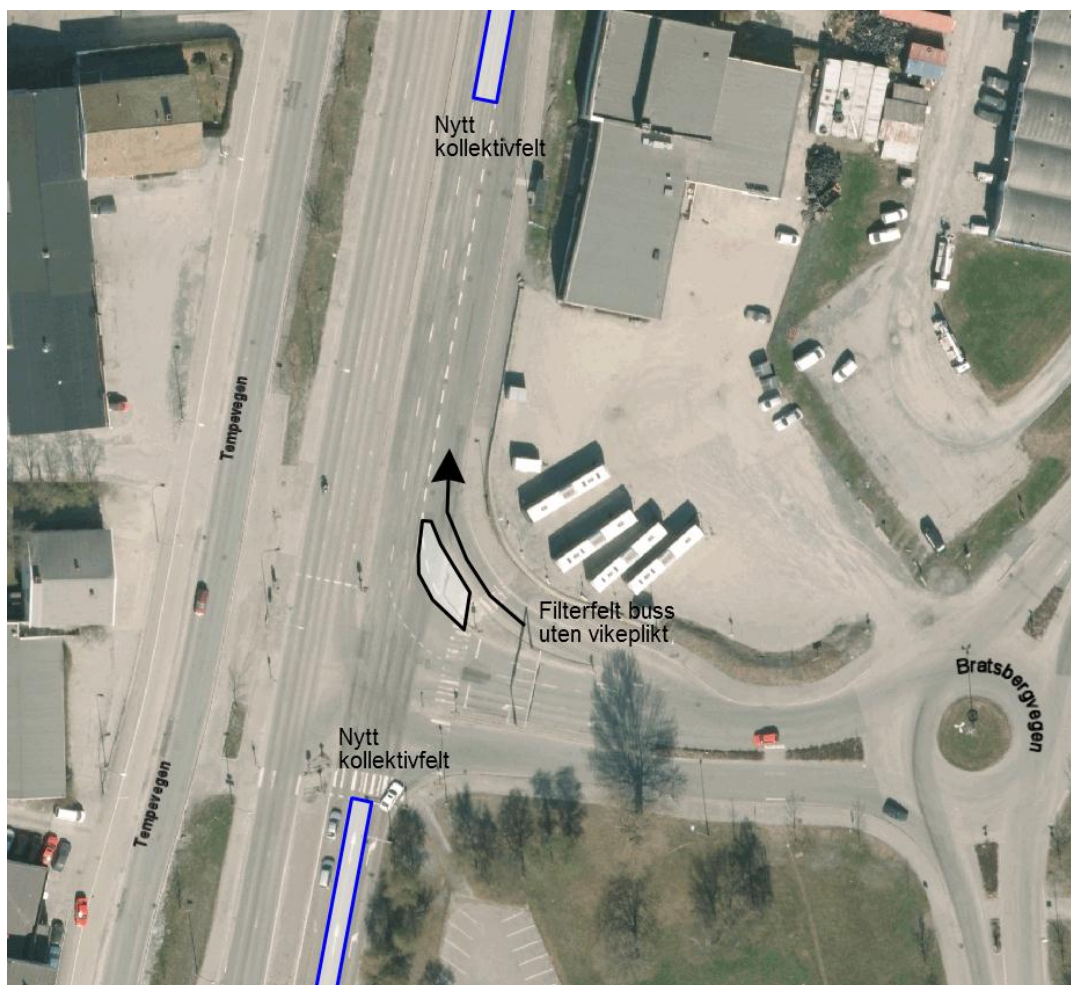
### Kollektivfelt Holtermanns veg

Inn mot sentrum har i dag Holtermanns veg tre kjørefelt. Mot kryssene Bratsbergvegen og Valøyvegen har bussen prioritet gjennom kryssene ved at høyre felt er skiltet «Påbudt høyresving – gjelder ikke buss og taxi». Inn mot krysset med Strindvegen er det i tillegg kollektivfelt i midtre kjørefelt. Ved å ha eget kollektivfelt unngår man forsinkelse fra trafikk som skal svinge til høyre. Det foreslås derfor at løsningen med kollektivfelt i midtre felt opprettes foran alle kryss i Holtermanns veg inn mot sentrum. Høyre felt blir da kun for høyresving. For krysset med Bratsbergvegen betyr det da at dagens filterfelt for buss fra Bratsbergvegen kan fortsette videre i eget felt i Holtermanns veg, som vist på figur 74.



Bilde 43: Kjøremønsteret er i dag nesten som om midtre felt er kollektivfelt. Bør også skiltes slik

Total besparelse: Kun noen få sekunder, siden de fleste bilene i dag allerede ligger i venstre felt. Største gevinst vil være at dagens kjøremønster formaliseres. Man unngår også at noen «sniker» i køen ved å benytte midtre felt frem til der kollektivfeltet starter i dag, for så å presse seg inn i køen til irritasjon for mange.



Figur 74: Midtre felt bør bli rene kollektivfelt inn mot alle kryss i Holtermanns veg. I dag blir bussen stående bak biler som skal svinge til høyre i høyre felt

### 8.3 Tiltak i kryss

Tiltakene i kryss er i hovedsak knyttet til bedre prioritering i signalanlegg. Dagens signalprioritering bør utvides til å gjelde alle lyskryss bussene kjører gjennom. I tillegg foreslås det tiltak i krysset Bjørndalen / Sivert Thonstads vei som i dag har for lite kapasitet i rush.

#### Utvidet signalprioritering

Med 21 lyskryss på strekningen Lundåsen – sentrum er det viktig å treffe på flest mulig grønne lys for å holde en høy reisehastighet. Halvparten av lyskryssene har allerede prioritering for bussen, men i Midtbyen og på Tonstad mangler det. Det er også her bussen får størst andel røde lys. Signalprioriteringen bør derfor utvides til også å gjelde Midtbyen og Tonstad.

Det bør også gjøres forsøk med enda høyere vektning av busser inn mot byen i morgenrush. Målsetningen bør være passering i 90 % av lyskryssene uhindret i morgenrush for stamrutene.

Total besparelse: 2 – 3 minutter for alle turene



Figur 75: Med signalprioritering utvidet til Midtbyen og svært høy prioritet av stamrutene inn mot sentrum i morgenrush kan man spare opp til 3 minutter per tur

### Bussprioritering i lyskryss Bjørndalen – Sivert Thonstads vei

Køene som går gjennom Heimdal sentrum løser seg opp etter lyskrysset Bjørndalen – Sivert Thonstads vei. Det er kun et kjørefelt inn mot krysset, så bussen må stå i kø med resten av trafikken. Et eget høyresvingefelt vil bedre kapasiteten, men det kan føre til mer uønsket gjennomgangstrafikk i Sivert Thonstads vei. Det foreslås derfor et eget felt kun for buss fra jernbaneundergangen. Den optimale løsningen vil være et filterfelt utenom krysset. For å få plass til en slik løsning kreves det trolig en større fjellskjæring mot bebyggelsen som ligger en del høyere i terrenget enn dagens veg. En enklere løsning vil være høyresvingefelt inn mot krysset kun for buss, med egen fase.

Om ettermiddagen vil signalprioritering redusere forsinkelsen for bussene som kommer fra Sivert Thonstads vei og skal inn i Bjørndalen.

Total besparelse: 30 sekunder for alle turene i morgenrush



Figur 76: Det er bare et kjørefelt inn mot lyskrysset Bjørndalen - Sivert Thonstads vei. Her bør bussen få eget filterfelt eller høyresvingefelt

### Fjerne signalregulert gangfelt Trondheim torg

Det er syv lyskryss i Midtbyen for rute 9 fra Lundåsen til sentrum. Et av dem er et signalregulert gangfelt på Trondheim torg over Kongens gate. Dette er et rent tidsstyrt anlegg og vil derfor gi rødt lys selv uten fotgjengere tilstede. Total rødtid er ca. 22 sekunder, som gir omtrent et halvt minutt forsinkelse hvis bussen ankommer akkurat i det lyset skifter til rødt. Det skjedde på bildet under fra turen 6. november. Som man ser på bildet er det begrenset med fotgjengere som skal krysse vegen, selv om klokken er 8 en vanlig hverdag. I morgenrush skaper derfor lyskrysset mer forsinkelse enn et uregulert gangfelt<sup>24</sup>.

I forhold til kravene som er satt av Statens vegvesen bør ikke signalregulerte gangfelt benyttes der hvor ÅDT er under 5000. På denne strekningen går det kun busser og drosjer, ÅDT er rundt 2000. Fartsnivået er også svært lavt siden gangfeltet ligger ved en krapp kurve og holdeplass. Vegdekket er brosteinsbelagt som også bidrar til lav hastighet. Ut i fra kravene til Statens vegvesen er fartsnivået og trafikken så liten at det ikke er nødvendig med gangfelt her.

Forslag til tiltak er å fjerne begge gangfeltene ved Trondheim torg og i stedet utforme området mer som «shared space». Bussene bør få en trasé hvor de kan kjøre gjennom Torvet i lav hastighet, men uten at noen gruppe har spesielle rettigheter ovenfor hverandre.

Total besparelse: Opp til 30 sekunder, men kan også slå negativt ut i perioder med svært mange fotgjengere



Bilde 44: Rødt lys i Kongens gate forsinket bussen 30 sekunder. Hadde den ene fotgjengeren krysset i et uregulert gangfelt ville forsinkelsen bare vært et par sekunder

<sup>24</sup> Om ettermiddagen er mer folk ute her, spesielt på sommerhalvåret. Det kan tenkes at det derfor til enkelte tider vil være like lang forsinkelse fra kryssende fotgjengere som fra rødlyset

## 8.4 Oppsummering

Totalt er det foreslått 11 tiltak for å bedre fremkommeligheten for bussen på strekningen Lundåsen – sentrum. Et grovt anslag på hvor mye tid som er mulig å spare på tiltakene er vist i tabell 27. Det er skilt mellom besparelse i normal rushtrafikk og maksimal besparelse som vil være mulig å oppnå. Det er også vist hvor mye besparelse tiltakene kan ha i normal ettermiddagsrush.

Tabell 27: Estimert besparelse i reisetid i rush fra foreslåtte tiltak

Tiltak	Lundåsen - sentrum		Sentrum - Lundåsen
	Normal besparelse	Maksimal besparelse	Normal besparelse
Samlokalisering av holdeplasser i Kollektivbuen	40 s	60 s	40 s
Samlokalisering av Katteskogen og Kattem	20 s	20 s	-
Kurveutbedring Kattem	20 s	20 s	20 s
Kollektivfelt Heimdalsvegen	90 s	200 s	-
Bussveg Heimdal sentrum	90 s	120 s	-
Forlenget kollektivfelt Vestre Rosten	-	30 s	-
Kollektivfelt E6 Okstadbakken	10 s	30 s	100 s
Kollektivfelt Holtermanns veg	-	10 s	-
Utvidet signalprioritering	120 s	180 s	120 s
Lyskryss Bjørndalen – Sivert Thonstads vei	30 s	30 s	10 s
Fjerning av signalregulert gangfelt Torvet	10 s	30 s	-
<b>Sum</b>	<b>7 m 10 s</b>	<b>12 m 10 s</b>	<b>5 m</b>

Total besparelse Lundåsen – sentrum i morgenrush er anslått til 7 minutter og 10 sekunder ved å gjennomføre alle tiltakene. Tabell 28 viser at gjennomsnittlig reisetid vil da gå ned fra 37,6 til 30,4 minutter. Snitthastigheten vil øke fra 21 til 26 km/t.

Maksimal besparelse er anslått til 12 minutter og 10 sekunder, 5 minutter mer enn normal besparelse. Det forventes imidlertid ikke at maksimal besparelse kan oppnås på en og samme tur. Som vist i tabell 18 på side 62 er summen av de største forsinkelsene på hver delstrekning langt høyere enn forsinkelsene på den tregeste turen som er registrert. Maksimal besparelse som kan oppnås på en tur vil derfor trolig midt mellom normal og maksimal besparelse, 9 minutter og 40 sekunder. Det forventes da at laveste snitthastighet i morgenrush øker fra 18 til 23,3 km / t.

Det er ikke sett like mye på reisetidene i ettermiddagsrush, men et grovt anslag er 5 minutter besparelse på en normal tur. Snitthastigheten vil da øke fra 24 til 28 km / t. Det er anslått ytterligere 2 minutters besparelse på de tregeste turene, laveste snitthastighet i ettermiddagsrush øker da fra 18 til 23 km / t.

Tabell 28: Tidsbruk og snitthastighet før og etter tiltak

	Gj.snitt i dag	Gj.snitt etter tiltak	Maks i dag	Maks etter tiltak
<b>Tidsbruk morgenrush</b>	37,6 min	30,4 min	43,8 min	34,1 min
<b>Snitthastighet</b>	21,0 km / t	26,1 km / t	18,0 km / t	23,3 km / t
<b>Tidsbruk ettermiddagsrush</b>	32 min	27 min	43 min	34 min
<b>Snitthastighet</b>	24 km / t	28 km / t	18 km / t	23 km / t



## 9 Konklusjon

Politiske målsetninger om økt reisehastighet for bussen krever at det iverksettes tiltak som bedrer fremkommeligheten. Antall passasjerer skal også økes – både gjennom nye innbyggere i Trondheim, men også ved at folk endrer reisevaner. For å oppfylle målsetningene er det derfor viktig å vite hvor forsinkelser oppstår i dag, hvilke tiltak som kan gjennomføres for minimere dem, og ikke minst hva passasjerene setter pris på. Gjennom arbeidet som er gjort i denne oppgaven er det sett på kollektivnettet i Trondheim – og da spesielt forholdene til rute 9 fra Lundåsen til sentrum.

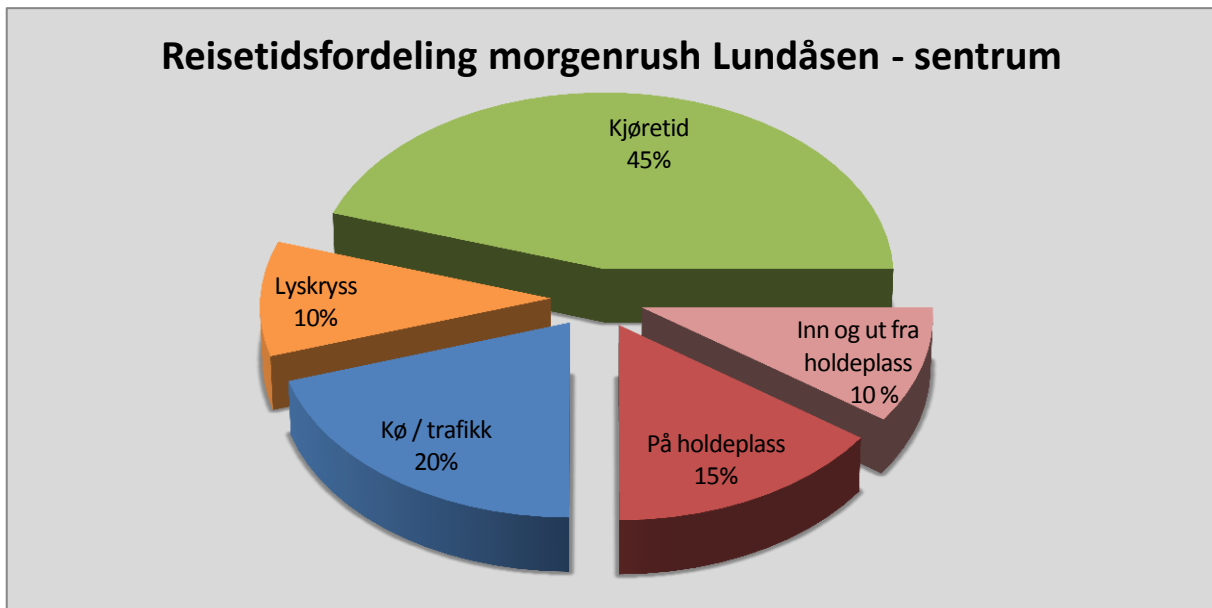
Som et grunnlag for oppgaven er det sett på litteratur om eksisterende kunnskap på området - både hvordan passasjerene verdsetter de ulike delene av en busstur og hvilke tiltak som kan gjennomføres for å redusere disse. Passasjerenes verdsetting av tid er ulik for ulike deler av en bussreise. Aller verst oppleves forsinkelser – spesielt de mens man venter på holdeplass. Sanntidsinformasjon om når bussen faktisk kommer får folk til å oppleve ventetiden kortere. Skjermer på holdeplasser i Trondheim med sanntidsinformasjon er derfor et tiltak passasjerene setter pris på og bør utvides til å gjelde flere holdeplasser fremover.

Gangtid har tidligere blitt sett på som langt mer belastende enn selve reisetiden på bussen, men nyere undersøkelser antyder at det kan være i ferd med å endre seg. Årsaker til det kan være at folk ser helsegevinsten av å gå, samtidig som det legges bedre til rette for myke trafikanter i dag enn det ble gjort tidligere. Dette kan utnyttes i Trondheim der man har holdeplasser som ligger forholdsvis tett ved å samlokalisere dem for å få færre stopp for bussen, og dermed øke reisehastigheten.

Samlokalisering av holdeplasser er bare et av en rekke tiltak som er beskrevet for å bedre fremkommeligheten og øke reisehastigheten med buss. Mye av det som er beskrevet er allerede tatt i bruk i Trondheim, slik som kollektivfelt, elektronisk billettering, signalprioritering og vegprising. Særlig etter 2008 er det gjennomført mange fremkommelighetstiltak for bussen gjennom Miljøpakken. Trenden med stadig synkende hastighet for bussen ble snudd i 2008 og er nå tilbake på 2005-nivå. Passasjerene har også strømmet til bussen de siste årene, blant annet grunnet flere avganger, nye busser og reduserte takster.

En stor del av oppgaven var å skille ulike reisetidskomponenter fra hverandre på en bussrute. Det ble tidlig klart at data fra sanntidssystemet ikke var tilstrekkelig. Det er derfor gjort videoopptak på flere bussruter, de fleste i morgenrush på rute 9 fra Lundåsen til sentrum. Ut fra funnene som er gjort er det kommet frem til at 45 prosent av reisetiden er ren kjøretid som trengs for å tilbakelegge ruten. En firedel av reisetiden går med til holdeplasser, fordelt mellom 15 prosent på selve holdeplassen og 10 prosent til inn- og utkjøring fra holdeplass. 10 prosent av reisetiden går med i lyskryss, mens den resterende 20 prosent av reisetiden er annen forsinkelse, hovedsakelig fra kø og trafikk. Fordelingen av reisetid er vist i figur 77 på neste side. Fordelingen er ganske lik den fra undersøkelsen i København i 2001 (figur 6 på side 7). Forskjellen er at halvparten så mye tid går med i lyskryss i Trondheim, mens litt mer tid er i kø / trafikk. De store forsinkelsene i Trondheim oppstår hovedsakelig fra kø i Heimdal sentrum og fra lyskryssene i Trondheim sentrum.

Det er kommet med totalt 11 forslag på tiltak som kan bedre fremkommeligheten for rute 9 fra Lundåsen til sentrum. Ved å gjennomføre alle kan reisetiden reduseres med omtrent 7 minutter i morgenrush. Gjennomsnittshastigheten vil da øke nesten 25 % fra 21 til 26 km / t. Kombinert med tiltakene som allerede er gjennomført vil man da ha overoppfylt målsetningene som er satt til fremkommelighet.



Figur 77: Fordeling av reisetid for rute 9 basert på gjennomgang av videoopptakene

Funnene som er gjort fra videoopptakene er sammenliknet med data fra sanntidssystemet (SISST). Midt i arbeidet ble systemet oppgradert, og det kom nye rapporter for å hente ut data. Både de gamle og nye rapportene har sine svakheter, og det er mange uoverensstemmelser mellom funnene fra videoopptakene og hva som blir rapportert fra SISST. Det går både på avgangstid, ankomsttid og holdeplasstid. Slik som systemet fremstår nå blir det ikke vurdert som egnet til å identifisere ulike reisetidskomponenter.

SISST blir i dag brukt til å kartlegge reisehastighet på enkelte ruter av Statens vegvesen. Rapportene som benyttes til det har vist seg å inneholde mye data av dårlig kvalitet. Både helt åpenbare feil (som at bussen har startet turen 5 timer for tidlig), men også skjulte feil som ikke er lett å avdekke uten at man ser detaljert på passeringene til hver enkelt tur. Det kreves derfor tidkrevende gjennomgang av rapportene for å luke ut feil før man kan presentere data. Unøyaktig tidfesting av start- og sluttid er vist å påvirke gjennomsnittshastigheten med 0,5 km/t på rute 9.

### Forslag til tiltak og videre arbeid med SISST

Sanntidssystemet samler inn store mengder data hver dag fra alle bussene som kjører for AtB i Trondheim. Dessverre er det lagt dårlig til rette for å benytte denne dataen til statistikk, ruteplanlegging og infrastrukturtiltak. Det som er mulig å hente ut av data i rapportene inneholder mange feil og er vanskelig å jobbe med.

For å utvikle SISST videre anbefales det derfor at man jobber for å øke kvaliteten på dataen som samles inn. Mer nøyaktig posisjoneringsutstyr i bussen kan være en løsning. Det bør implementeres rutiner i SISST som fjerner åpenbare feilregistreringer. Muligheten til å hente ut data bør bedres ved å åpne opp for å skreddersy egne rapporter gjennom spørringer direkte mot databasen i SISST. Dataen bør også gjøres mer tilgjengelig for flere parter, for eksempel Trondheim kommune og NTNU.

## 10 Bibliografi

Aarhaug, J. & Elvebakk, B., 2012. *Universell utforming virker - evaluering av tiltak i kollektivtrafikken*, Oslo: Transportøkonomisk institutt.

Bystyret, Trondheim kommune, 2008. *Trondheim kommunes miljøpakke for transport*. [Internett]

Available at:

<http://publikum.trondheim.kommune.no/k2000/k2pub.nsf/viewAttachments/C1256F3B0026C93AC1257434004AE00E?OpenDocument&frame=yes>

[Funnet 3 november 2012].

Bøckman, S., 2010. *Holdeplasztid i kollektivtransporten i Trondheim*, Trondheim: NTNU.

Halvorsen, B., 2008. *Evaluering av prosjekt "Gjennomgående kollektivfelt i Trondheim"*, Trondheim: Asplan Viak AS.

Halvorsen, B. E. & Rosa, I. D., 2012. *Elbiler og drosjer kan bli utvist fra bussfilen*. [Internett]

Available at: <http://www.osloby.no/nyheter/Elbiler-og-drosjer-kan-bli-utvist-fra-bussfilen-7052180.html>

[Funnet 23 november 2012].

HUR, 2001. *Fremkommelighet for busserne - problemer og muligheter*, København: Hovedstadens Udviklingsråd.

HUR, 2006. *Bussen skal frem - En status over arbeidet med bussenes fremkommelighet*, København: Cowi.

Kjønigsen, G., 1996. *Trafikkavvikling - Grunnleggende innføring og veiledning for brukere av VEG94*, Oslo: Statens vegvesen, Vegdirektoratet.

Kjørstad, K. N. & Arnesen, K., 2010. *Prosam rapport 184 - Metode for å evaluere effekter av fremkommelighetstiltak for kollektivtrafikken*, Oslo: Statens vegvesen, Region øst.

Kjørstad, K. N. & Lodden, U. B., 2003. *IBIS Logitrans - Brukernes vurdering av sanntids ruteinformasjon i Trondheim*, Oslo: Transportøkonomisk institutt.

Lyshaug, H.-P., 2005. *Underlig regnestykke fra Sjøfteland*. [Internett]

Available at: <http://www.bt.no/meninger/Underlig-regnestykke-fra-Softeland-2285998.html>

[Funnet 12 november 2012].

Malvikbladet, 2009. *Trondheim dropper drivstoffavgift*. [Internett]

Available at: <http://www.mb.no/lokalenyheter/article4661328.ece>

[Funnet 3 november 2012].

Miljøpakken, 2012a. *100.000 av oss må reise mer miljøvennlig*. [Internett]

Available at: <http://miljopakken.no/om-miljoepakken/maal>

[Funnet 3 november 2012].

Miljøpakken, 2012b. *Utredning av Superbuskonsept i Trondheim*, Trondheim: Miljøpakken.

Naper, H. G., Skjelsbæk, P., Norløff, T. & Røed, I., 2008. *Effekter av høystandard holdeplasser - Prosam rapport 154*, Oslo: Vista Utredning AS.

National Geographic, 2011. *Twelve Car-Free City Zones*. [Internett]

Available at: <http://news.nationalgeographic.com/news/energy/2011/11/pictures/111115-car-free->

[city-zones/#/energy-car-free-cities-bogota\\_43620\\_600x450.jpg](#)  
[Funnet 1 januar 2013].

Nordheim, B., 2005. *Sammfunnsøkonomisk analyse av kollektivtransportens inntektsgrunnlag. Alternativ finansiering av transport i by - Delrapport 4.*, Oslo: Transportøkonomisk institutt. TØI rapport 767/2005.

Norheim, B. & Siedler, C., 2012. *Effekter av kollektivtransporttiltak, endret transportomfang og reisemiddelfordeling - Kunnskapsoversikt og kunnskapshull*, Oslo: Urbanet Analyse.

Presterud, C., 2011. *Prosam rapport 194 - Fremkommelighet for trikk og buss i Oslo og Akershus 2011*, Oslo: Statens vegvesen, Region øst.

Rødseth, J. & Bang, B., 2006. *ITS i kollektivtrafikken - Statens vegvesens etatsprosjekt "ITS på veg"*, Trondheim: SINTEF.

Rødseth, J. & Norddal, K. S., 2011. *Etablering av ny rutestruktur for Trondheim og omegn*, Trondheim: Asplan Viak.

Samferdselsdepartementet, 2005. *Nasjonal transportplan 2006 - 2015: NKA-rapport vedlegg 3: Sammenlikning av ventetidskosnadsberegninger*, Oslo: Samferdselsdepartementet.

Siedler, C. & Ruud, A., 2012. *Erfaringer med Bus Rapid Transit og bussprioritering gjennom rundkjøring - Oppsummering av litteratursøk*, Oslo: Urbanet Analyse.

Simonsen, S., 2012. *Kjøretidsmålinger med bil og buss i Trondheim 2002 - 2011*, Trondheim: Statens vegvesen.

Simonsen, S., 2012. *Sammenhengende kollektivfelt i Trondheim*, Trondheim: Statens vegvesen.

Statens vegvesen, 2009. *Tilrettelegging for kollektivtransport på veg - Håndbok 232*. Oslo: Statens vegvesen Vegdirektoratet.

Stenseng, E. H. S., 2008. *Nytt billettsystem i Oslo kan bli stoppet*. [Internett]  
Available at: <http://www.osloby.no/nyheter/Nytt-billettsystem-i-Oslo-kan-bli-stoppet-6577730.html>  
[Funnet 15 november 2012].

Thorenfeldt, U. K., Bertelsen, D. & Øvstedal, L., 2011. *Evaluering av enkelte kollektivtrafikktiltak i Trondheim vinteren 2011*, Trondheim: SINTEF Teknologi og samfinn.

Trondheim kommune, 2012. *Trondheim kommune*. [Internett]  
Available at: <http://www.trondheim.kommune.no/statistikk/>  
[Funnet 11 3 2012].

Vågane, L., Brechan, I. & Hjorthol, R., 2011. *Den nasjonale reisevaneundersøkelsen 2009 - nøkkelrapport*, Oslo: Transportøkonomisk institutt (TØI).

## Vedlegg

### Vedlegg 1 – Beregning av ekstra kjøretid fra røde lys på referansetur

<b>Holtermannsvei - Bratsbergveien</b>		
Tid før kryss:	05:12:47	60-sone start
Tid etter kryss:	05:13:25	Brattsberg holdeplass
Tid:	38	s
Avstand:	350	m
Fartsgrense	16,7	m / s
Tid:	21	s
Ekstra tid fra rødt lys:	<b>17</b>	s
<b>Holtermannsvei - Tempeveien</b>		
Tid før kryss:	05:13:25	Brattsberg holdeplass
Tid etter kryss:	05:14:09	Valøyvegen holdeplass
Tid:	44	s
Avstand:	480	m / s
Fartsgrense	16,7	m / s
Tid:	28,8	s
Ekstra tid fra rødt lys:	<b>15</b>	s
<b>Elgeseter gate - Magnus den godes gate</b>		
Holdeplass før kryss:	Prof. Brochs gate	
Holdeplass etter kryss:	Einar T.skj.gate	
Tidsbruk:	46	s
Avstand:	460	m
Fartsgrense:	50	km / t
Tidsbruk ved å holde fartsgrense:	33	s
Ekstra tid fra rødt lys:	<b>13</b>	s

## Vedlegg 2 – beregning av ekstra tid til inn- og utkjøring ved hver holdeplass

Holdeplass	Hastighet bussen har der den må starte brems ved stopp holdeplass [km/t]	Tilsvarende følgende antall sekunder ekstra ved retardasjon	Høyeste hastighet bussen har etter akselerasjon fra stopp holdeplass [km/t]	Tilsvarende følgende antall sekunder ekstra ved akselerasjon
Lundåsen nordre			15	2,1
Lundåsen	25	3,2	30	4,2
Traneveien	25	3	30	4,2
Kattem	50	6	50	6,9
Kattensenteret	50	6	50	6,9
Kattenskogen	50	6	25	3,5
Bekkasinvegen	50	6	50	6,9
Heimdalsvegen	40	5	15	2,1
Heimdal stasjon	50	6	50	6,9
Peder Morsets veg	30	4	30	4,2
Vestre Rosten	60	8	60	8,3
Maskinargentur	60	8	60	8,3
Tonstadkrysset	30	4	50	6,9
Kroppanbrua	80	10	80	11,1
Bratsbergvegen	60	8	60	8,3
Valøyvegen	60	8	60	8,3
Tempe kirke	60	8	50	6,9
Prof. Brochs gate	50	6	50	6,9
Einar Tambarskjelves gate	50	6	50	6,9
Studenteramfundet	50	6	50	6,9
Prinsen kinosenter	40	5	40	5,6
Torget	15	2	15	2,1
Munkegata M5	40	5		
Retardasjon:	1,1 m / s <sup>2</sup>			
Akselerasjon:	1 m / s <sup>2</sup>			

## Vedlegg 3 – Tidsbruk mellom alle holdeplassene alle turene fra videooptak

Holdeplass	O-tur	Søndag	30.okt	31.okt	01.nov	02.nov	05.nov	06.nov	08.nov	27.nov	28.nov
Lundåsen nordre											
Lundåsen	61	82	70	104	100	86	87	91	84	74	72
Traneveien	62	89	128	165	108	96	124	102	132	95	86
Kattem	29	57	98	76	67	48	59	57	42	52	54
Kattemseneteret	14	40	51	45	47	23	47	46	46	43	41
Kattemskogen	21	50	56	61	39	55	55	58	60	49	67
Bekasinvegen	36	48	90	74	77	72	65	72	69	81	61
Heimdalsvegen	30	81	61	58	85	56	57	65	66	49	52
Heimdal stasjon	56	74	483	504	251	98	153	133	85	161	106
Peder Morsetts veg	64	109	240	331	179	138	183	261	295	245	200
Vestre Rosten	69	95	145	125	120	102	107	117	112	98	95
Maskinargentur	35	81	84	91	87	74	122	84	86	72	66
Tonstadkryssset	35	65	69	80	82	68	75	77	70	73	65
Kroppanbrua	164	183	230	214	215	216	261	224	246	247	233
Bratsbergvegen	54	68	112	99	83	108	89	103	98	126	86
Valøyvegen	29	57	51	61	84	40	108	82	75	58	67
Tempe kirke	17	21	30	31	58	61	59	59	110	44	39
Prof. Brochs gate	26	35	72	57	100	83	66	74	80	76	39
Einar Tambarshjelves gate	33	44	91	98	69	85	68	89	83	81	81
Studenteramfundet	25	58	67	66	69	129	78	53	132	46	142
Prinsen kinosenter	29	83	50	63	66	48	68	93	93	57	85
Torget	53	112	200	147	166	147	113	100	135	99	159
Munkegata M5	43	134	96	79	109	133	131	100	231	113	175
<b>SUM [sekunder]</b>	<b>985</b>	<b>1666</b>	<b>2574</b>	<b>2629</b>	<b>2261</b>	<b>1966</b>	<b>2175</b>	<b>2140</b>	<b>2430</b>	<b>2039</b>	<b>2071</b>
SUM [minutter]	16,4	27,8	42,9	43,8	37,7	32,8	36,3	35,7	40,5	34,0	34,5
SUM kjøretid (0-kjøring) [m]	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4
SUM holdeplasstid [m]	0,0	6,0	9,1	7,9	9,2	7,6	10,3	9,3	9,1	8,5	8,6
SUM annen forsinkelse	0,0	5,4	17,4	19,5	12,1	8,8	9,5	9,9	15,0	9,1	9,5

## Vedlegg 4 – Oppholdstid på holdeplass fra videoopptakene

Holdeplass	30.okt	31.okt	01.nov	02.nov	05.nov	06.nov	08.nov	27.nov	28.nov
Lundåsen nordre									
Lundåsen	15	25	11	9	25	19	44	13	10
Traneveien	30	20	10	9	7	7		8	9
Kattem	19	10	12		14	14	15	13	11
Kattensenteret	14	18		15	15	15	17	13	30
Kattenskogen	27	12	11	12	9	10	11	28	11
Bekkasinvegen	13	10	14	14	8	18	21	6	7
Heimdalsvegen			9		13	9		9	7
Heimdal stasjon	55	19	32	31	21	21	34	24	20
Peder Morsets veg	37	24	13	10	17	14	22	14	12
Vestre Rosten	14	26	17	18	66	30	31	20	15
Maskinargentur	1	12	14	10	12	13	14	14	11
Tonstadkryssset	15	9	14	14	19	12	12	11	13
Kroppanbrua	9		8	9	7	9	9	8	9
Bratsbergvegen	7	9	20		18	9	12	8	17
Valøyvegen			19	12	22	14	8	15	10
Tempe kirke	9		13	8	17				
Prof. Brochs gate	16	19	16	8	8	29	12	9	14
Einar Tambar skjelves gate	4	14	18	12	9	11	9	8	11
Studenteramfundet		15	14	9	15	12	16	11	16
Prinsen kinosenter	15	13	16	14	15	24	12	13	15
Torget	20	17	22	15	19	22	16	18	20
<b>SUM [sekunder]</b>	<b>320</b>	<b>272</b>	<b>303</b>	<b>229</b>	<b>356</b>	<b>312</b>	<b>315</b>	<b>263</b>	<b>268</b>



## Vedlegg 5- Oppholdstid på holdeplasser fra SISST

Holdeplass	30.okt	31.okt	01.nov	02.nov	05.nov	06.nov	08.nov	27.nov	28.nov
Lundåsen	25	33		14		9	19	7	9
Traneveien	39	29	20	14		14	14	21	14
Kattem	25	18	19	1		21	22	20	16
Kattemsenenteret	21	25	12	22		22	25	19	37
Kattemskogen	35	20	18	18		17	19	22	18
Bekkasinvegen	19	19	22	21		26	26	12	13
Heimdalsvegen	7	9	16	1		15	9	15	13
Heimdal stasjon		36	44	47		37	45	32	36
Peder Morsetts veg	32	31	19	15		19	27	21	16
Vestre Rosten	21	16	25	23		37	35	22	20
Maskinargentur	14	20	20	17		21	20	18	17
Tonstadkryssset	25	20	21	23		23	23	26	25
Kroppanbrua	6	11	16	6		8	3	8	8
Bratsbergvegen	13	30	1	12		16	20	12	1
Valøyvegen	1	1	7			7	15	21	16
Tempe kirke	18	1	26	11		30	13		1
Prof. Brochs gate	9	19	20	30		8	9		15
Einar Tambar skjelves gate	22	25	30	26		10	18		30
Studenteramfundet	15	12	8	13			28		22
Prinsen kinosenter	27	21	47	26		19	19		39
Torget	8	27	11	29		23			36

## Vedlegg 6 – Detaljer tur 28.11.2012

Holddeplass	Tidsbruk fra stopp på forrige holddeplass til denne holddeplassen	Tidsbruk stående stille på forrige holddeplass	Tillegg retardasjon (kun hvis det er stopp på denne holddeplassen)		Tillegg akselerasjon (kun hvis det var stopp på forrige holddeplass)		Tidsbruk O-tur	Kø	Total lyskryssforsinkelise	Lyskryss stopptid på stopplinjle	Tilleggsforsinkelse lyskryss	Antall grønne lys	Antall røde lys
			stopp på denne holddeplassen)	stopp på forrige holddeplass)	stopp på denne holddeplassen)	stopp på forrige holddeplass)							
Lundåsen nordre	72												
Lundåsen	86	10	3,2	2,1	61	5,8	0						
Traneveien	54	9	6,3	4,2	62	6,7	0						
Katten	41	11	6,3	4,2	29	5,5	0					1	
Kattensenteret	67	30	6,3	6,9	14	2,7	0						
Bekkasinvegen	61	11	6,3	6,9	21	2,7	0						
Heimdalsvegen	52	7	5,1	3,5	36	4,2	0						
Heimdals stasjon	106	7	5,1	6,9	30	3,0	0						1
Peder Morsets veg	200	20	3,8	2,1	56	35,9	0						1
Vestre Rosten	95	12	7,6	4,2	64	106,7	0						
Maskinagentur	66	15	7,6	8,3	69	2,3	0						
Tonstadkryssset	65	11	3,8	8,3	35	0,1	0						
Kroppanbrua	233	13	10,1	6,9	164	0,0	39			19	20		1
Bratsbergvegen	86	9	7,6	11,1	54	4,3	0					1	
Valøvegen	67	17	7,6	8,3	29	5,1	0					1	
Tempe kirke	39	10		8,3	17	3,7	0						
Prof. Brochs gate	39	0			26	6,7	0					2	
Einar Tambarshjelves gate	81	14	6,3	6,9	33	0,7	20			10	10		1
Studenteramfundet	142	11	6,3	6,9	25	42,7	50			30	20		1
Prinsen kinosenter	85	16	5,1	6,9	29	0,0	28			18	10		1
Torget	159	15	1,9	5,6	53	22,6	61			21	40		2
Munkegata M5	175	20	5,1	2,1	43	52,9	52			32	20		1
Total tidsbruk [s]:	2071	268,0	120,6	126,4	985,0	321,0	250,0			SUM lyskryss i kollektivbuen		14	7
Total tidsbruk [m]:	34,5	4,5	2,0	2,1	16,4	5,4	4,2					7	3

## Vedlegg 7 – Ankomst på holdeplass fra SISST og videooptak

	30.okt		31.okt		01.nov		02.nov		06.nov		08.nov		28.nov	
	Ankomst SISST	Faktisk ankomst	Ankomst SISST	Faktisk ankomst	Ankomst SISST	Faktisk ankomst	Ankomst SISST	Faktisk ankomst	Ankomst SISST	Faktisk ankomst	Ankomst SISST	Faktisk ankomst	Ankomst SISST	Faktisk ankomst
Lundåsen nordre				07:30:01		07:30:30		07:30:06		07:31:16		07:32:25		07:31:52
Lundåsen	07:35:48	07:35:48	07:31:47	07:31:45	07:19:36	07:32:10	07:31:34	07:31:32	07:33:07	07:32:47	07:33:25	07:31:29	07:31:52	07:31:29
Traneveien	07:38:26	07:38:26	07:34:31	07:34:30	07:33:58	07:33:58	07:33:09	07:33:08	07:34:30	07:34:29	07:34:57	07:35:05	07:34:09	07:34:07
Kattem	07:40:05	07:40:04	07:35:48	07:35:46	07:35:07	07:35:05	07:33:55	07:33:56	07:35:26	07:35:26	07:35:48	07:35:47	07:35:03	07:35:01
Kattementsenteret	07:40:55	07:40:55	07:36:32	07:36:31	07:35:51	07:35:52	07:34:20	07:34:19	07:36:13	07:36:12	07:36:34	07:36:33	07:35:43	07:35:42
Kattemskogen	07:41:51	07:41:51	07:37:33	07:37:32	07:36:33	07:36:31	07:35:15	07:35:14	07:37:11	07:37:10	07:37:34	07:37:33	07:36:50	07:36:49
Bekkashvengen	07:43:21	07:43:21	07:38:46	07:38:46	07:37:49	07:37:48	07:36:27	07:36:26	07:38:23	07:38:22	07:38:45	07:38:42	07:37:52	07:37:50
Heimdalsvegen	07:44:19	07:44:22	07:39:44	07:39:44	07:39:14	07:39:13	07:37:24	07:37:22	07:39:29	07:39:27	07:39:49	07:39:48	07:38:44	07:38:42
Heimdalsstasjon	07:52:23	07:52:25	07:48:06	07:48:08	07:43:25	07:43:24	07:39:00	07:39:00	07:41:40	07:41:40	07:41:15	07:41:13	07:40:29	07:40:28
Peder Morsetts veg	08:07:28	08:07:25	07:53:41	07:53:39	07:46:25	07:46:23	07:41:20	07:41:18	07:46:02	07:46:01	07:46:10	07:46:08	07:43:50	07:43:48
Vestre Rosten	08:09:51	08:09:50	07:56:11	07:55:44	07:48:24	07:48:23	07:43:00	07:43:00	07:47:58	07:47:58	07:48:02	07:48:00	07:45:25	07:45:23
Måskinnagentur	08:11:16	08:11:14	07:57:17	07:57:15	07:49:52	07:49:50	07:44:15	07:44:14	07:49:23	07:49:22	07:49:28	07:49:26	07:46:29	07:46:28
Tonstadkrysset	08:12:20	08:12:23	07:55:58	07:58:35	07:51:14	07:51:12	07:45:19	07:45:22	07:50:35	07:50:39	07:50:32	07:50:36	07:47:30	07:47:34
Kroppanbrua	08:16:02	08:16:13	08:01:49	08:02:09	07:54:28	07:54:47	07:48:46	07:48:58	07:54:09	07:54:23	07:54:34	07:54:42	07:51:16	07:51:27
Bratsbergvegen	08:18:05	08:18:05	08:03:12	08:03:48	07:56:07	07:56:10	07:50:34	07:50:46	07:56:06	07:56:06	07:56:19	07:56:20	07:52:49	07:52:53
Valøyvegen	08:18:54	08:18:56	08:04:47	08:04:49	07:57:29	07:57:34	07:51:26	07:51:26	07:57:19	07:57:28	07:57:35	07:57:35	07:54:01	07:54:00
Tempe kirke	08:19:28	08:19:26	08:05:17	08:05:20	07:58:32	07:58:32	07:52:21	07:52:27	07:57:58	07:58:27	07:59:14	07:59:25	07:54:39	07:54:39
Prof. Brochs gate	08:20:52	08:20:38	08:06:18	08:06:17	08:00:15	08:00:12	07:54:00	07:53:50	08:00:11	07:59:41	08:00:59	08:00:45	07:55:21	07:55:18
Einar T. ski. gate	08:22:07	08:22:09	08:07:52	08:07:55	08:02:45	08:01:21	07:55:28	07:55:15	08:01:08	08:01:10	08:02:06	08:02:08	07:56:39	07:56:39
Studenteramtfundet	08:23:17	08:23:16	08:09:02	08:09:01	08:02:45	08:02:30	07:57:32	07:57:24	08:02:04	08:02:04	08:04:22	08:04:20	07:59:01	07:59:01
Prinsens kinosenter	08:24:07	08:24:06	08:10:05	08:10:04	08:03:38	08:03:36	07:58:30	07:58:12	08:03:45	08:03:36	08:05:56	08:05:53	08:00:26	08:00:26
Torget	08:27:17	08:27:26	08:12:19	08:12:31	08:06:07	08:06:22	08:00:36	08:00:39	08:05:36	08:05:16	08:08:03	08:08:08	08:03:05	08:03:05
Munkegata M5	08:29:02	08:29:02	08:13:51	08:13:50	08:08:05	08:08:11	08:02:37	08:02:52	08:06:50	08:06:56	08:11:42	08:11:59	08:05:49	08:06:00