

Reisetidsregistrering med blåtannteknologi

Silje Rogn Aune

Bygg- og miljøteknikk

Innlevert: juni 2013

Hovedveileder: Torbjørn Haugen, BAT

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



Oppgavens tittel:	Dato: 09.06.2013
Reisetidsregistrering	Antall sider (inkl. bilag): 106
	Masteroppgave x Prosjektoppgave
Navn: Stud. techn. Silje Rogn Aune	
Faglærer/veileder: Torbjørn Haugen	
Eventuelle eksterne faglige kontakter/veiledere: Jorunn Levy Riddervold, Statens Vegvesen	

Ekstrakt:

Reisetid har vært et fokusområde innen ITS, -prosjekter, Intelligente Transportsystemer, i Norge de senere årene. Gjennom flere prosjekter har metoder og algoritmer blitt testet for registrering av strekningsdata. Registrering av reisetid har i stadig større grad blitt implementert i større byer eller på høyt belastede strekninger for å kunne overvåke trafikken. Undersøkelser viser at trafikantene setter pris på informasjon om trafikksituasjon og aktuell reisetid. Et slikt formidlingsverktøy krever et system med detektorer som registrerer trafikkavviklingen og deretter omsetter informasjonen i variable tekstschilder eller i andre informasjonskanaler som viser for eksempel reisetid for angitt strekning og annen aktuell informasjon.

Et nyere og svært kostnadseffektivt system for beregning av reisetid er basert på blåttann. Blåttann er en kommunikasjonsteknologi som benytter radiosignaler slik at elektroniske enheter med blåttann skal kunne kommunisere trådløst over korte avstander. Blåttann finnes i milliarder av enheter, i alt fra mobiltelefoner, datamaskiner, biler og underholdningsenheter i hjemmet. Detektering av blåttann skjer ved at blåttannenheter som passerer registreringspunkter utstyrt med en blåttannsensor registreres med signalstyrke og et unikt ID-nummer, enhetens MAC-adresse. Sensoren sender informasjon om detekterte enheter til et baksystem. Her kobles MAC-adresser oppdaget ved flere registreringspunkter og beregner reisetiden mellom punktene.

Flere studier og tester av blåttannsystemer har blitt gjennomført i flere land, deriblant Norge. Senest høsten 2011 ble et system testet i Trondheim på strekningen fra Klett og inn til sentrum av Trondheim med utstyr fra Swarco. Denne testen gav ikke de ønskede resultatene og en ny test av blåttann, med systemet fra BLIP Systems, var ønsket fra Vegdirektoratet ITS-Seksjonen.

En ny test i Trondheim ble gjennomført våren 2013 med utstyr fra BLIP Systems. Den største utfordringen ved bruk av blåttann som teknologi for reisetidsregistreringer er å få innhentet nok data. Med resultatene fra testen gjennomført kan det konkluderes med at blåttannsystemet fungerer tilfredsstillende ved normal til høy trafikk, og ikke tilfredsstillende til tider på dagen hvor det er lite til svært lite trafikk. Sammenligning av systemene fra Swarco og BlipTrack viser at begge systemene gir stort sett like resultater.

Algoritmen som brukes til filtrering av registrerte reisetider kan sies å være like viktig som selve datainnsamlingssystemet. AutoPASS-algoritmen baserer seg på tyngdepunktet av reisetider i beregningsintervallet, og BlipTrack baserer seg på medianen. Fordelen med bruk av både median og tyngdepunkt er at de er stabile overfor ekstreme variasjoner. Ved store datamengder vil det være liten forskjell på reisetid beregnet på basis av tyngdepunkt og median.

Stikkord:

1. Reisetid
2. Blåttann
3. Algoritme for beregning av reisetid
4. BlipTrack

(sign)

FORORD

Denne rapporten er et resultat av arbeidet med masteroppgaven ved institutt for Bygg, Anlegg og Transport ved NTNU våren 2013. Arbeidet har gått over totalt 20 uker og tilsvarer 30 studiepoeng. Dette omfatter fullt studieprogram i 10. semester på sivilingeniørstudiet, linje Bygg- og Miljøteknikk, ved NTNU.

Arbeidet i oppgaven har vært spennende og lærerikt, samtidig som det har vært utfordrende å gå løs på en oppgave om noe jeg ikke kan så mye om fra tidligere. Første del av semesteret gikk i hovedsak med til å gjøre meg kjent med blåtannteknologi, og ulike tester som har benyttet blåtanntann ved beregning av reisetid. Resten av tiden gikk til å plassere ut utstyret, innhenting av data og analyse, samt rapportskrivning.

Oppgaven er utført i samarbeid med Statens Vegvesen, som har gjort det mulig for meg å besøke leverandøren av systemet som benyttes i oppgaven i Danmark. Kontakten med leverandøren i Danmark gav meg hjelp med oppgaven, og hjalp meg med spørsmål knyttet til systemet.

På grunn av inspirerende måte å veilede på vil jeg takke min veileder ved NTNU, Torbjørn Haugen, for gode faglige innspill til oppgaven min. I tillegg vil jeg takke Erlend Aakre som har tatt seg tid i likhet med Torbjørn Haugen og hjelpe til med utplassering og montering av systemet benyttet i oppgaven.

Til slutt ønsker jeg å rette en stor takk til medstudenter jeg har delt kontor med, for et godt sosialt miljø og hjelp underveis.

Trondheim, juni 2013

Stud. Techn. Silje Rogn Aune

SAMMENDRAG

Reisetid har vært et fokusområde innen ITS, -prosjekter, Intelligente Transportsystemer, i Norge de senere årene. Gjennom flere prosjekter har metoder og algoritmer blitt testet for registrering av strekningsdata. Basert på resultater fra de ulike testprosjektene har Statens Vegvesen utviklet et system, «Reisetidssystemet», for beregning og presentasjon av reisetider på ulike strekninger på nett, www.reisetider.no.

Begrepet reisetid brukes om total forbrukt tid mellom to definerte punkter. Registrering av reisetid har i stadig større grad blitt implementert i større byer eller på høyt belastede strekninger for å kunne overvåke trafikken. Undersøkelser viser at trafikantene setter pris på informasjon om trafikksituasjon og aktuell reisetid. Et slikt formidlingsverktøy krever et system med detektorer som registrerer trafikkavviklingen og deretter omsetter informasjonen i variable tekstschilder eller i andre informasjonskanaler som viser for eksempel reisetid for angitt strekning og annen aktuell informasjon.

Et nyere og svært kostnadseffektivt system for beregning av reisetid er basert på blåtann. Blåtann er en kommunikasjonsteknologi som benytter radiosignaler slik at elektroniske enheter med blåtann skal kunne kommunisere trådløst over korte avstander. Blåtann finnes i milliarder av enheter, i alt fra mobiltelefoner, datamaskiner, biler og underholdningsenheter i hjemmet. Detektering av blåtann skjer ved at blåtannenheter som passerer registreringspunkter utstyrt med en blåtannsensor registreres med signalstyrke og et unikt ID-nummer, enhetens MAC-adresse. Sensoren sender informasjon om detekterte enheter til et baksystem. Her kobles MAC-adresser oppdaget ved flere registreringspunkter og beregner reisetiden mellom punktene.

En leverandør av et system for beregning av reisetid er BLIP Systems fra Danmark. De leverer produktet BlipTrack, et statistisk verktøy for beregning, analyse og overvåking av reisetider basert på blåtanneteknologi. Sensorer monteres ved vegen, en installasjon som typisk tar under en time, og de registrerer og tidsstempler blåtannenheter som passerer. Rådata sendes videre fra sensoren til et baksystem som filtrerer og analyserer dataene. Informasjon om reisetid presenteres for brukere på nett i et enkelt brukergrensesnitt.

Flere studier og tester av blåtannsystemer har blitt gjennomført i flere land, deriblant Norge. Senest høsten 2011 ble et system testet i Trondheim på strekningen fra Klett og inn til sentrum av Trondheim med utstyr fra Swarco. Denne testen gav ikke de ønskede resultatene og en ny test av blåtann, med systemet fra BLIP Systems, var ønsket fra Vegdirektoratet ITS-Seksjonen.

En ny test i Trondheim ble gjennomført våren 2013 med utstyr fra BLIP Systems. Analyse av innhentet data ble gjort gjennom BlipTracks brukergrensesnitt på nett og ved nedlastning av rådata. Dette kunne da sammenlignes med data innhentet av AutoPASS-antennene ved de samme punktene. Den største utfordringen ved bruk av blåtann som teknologi for reisetidsregistreringer er å få innhentet nok data. Med resultatene fra testen gjennomført kan det konkluderes med at blåtannsystemet fungerer tilfredsstillende ved normal til høy trafikk, og ikke tilfredsstillende til tider på dagen hvor det er lite til svært lite

trafikk. Sammenligning av systemene fra Swarco og BlipTrack viser at begge systemene gir stort sett like resultater. En fordel ved BlipTrack er den grafiske presentasjonen av data i sanntid og at man svært enkelt kan hente ut data om reisetid så fort enheter blir detektert ved sensorer plassert ute langs strekninger.

Reisetiden beregnet med BlipTrack samsvarer veldig godt med den beregnet av AutoPASS og registreringer gjort manuelt. Ved bruk av AutoPASS-algoritmen, som angir reisetid som tyngdepunktet for registreringene i aktuelt tidsintervall, havner tyngdepunktet for data fra blåtann og AutoPASS nesten alltid i samme 1-minuttsintervall. Forskjellen på reisetider registrert manuelt og av BlipTrack var svært like, med kun noen få sekunders avvik.

Mange kjøretøy stopper i løpet av strekninger som det beregnes reisetid på, og som dermed ikke er reelle for strekningen i aktuelt tidsrom. Algoritmen som brukes til filtrering av registrerte reisetider kan sies å være like viktig som selve datainnsamlingssystemet. AutoPASS-algoritmen baserer seg på tyngdepunktet av reisetider i beregningsintervallet, og BlipTrack baserer seg på medianen. Fordelen med bruk av både median og tyngdepunkt er at de er stabile overfor ekstreme variasjoner. Ved store datamengder vil det være liten forskjell på reisetid beregnet på basis av tyngdepunkt og median.

ABSTRACT

Travelling time has been a focus area within ITS, Intelligent Traffic Systems, projects in Norway in recent years. Through several projects, methods and algorithms have been tested for detection of position data. Based on the results of the various test projects the Norwegian Public Roads Administration developed a system for calculation and presentation of travel times on various routes online, www.reisetider.no.

The term duration refers to the total elapsed time between two defined points. A registered travel time is the travel time actually taken between two points. Registration of travel time has increasingly been implemented in major cities or heavily loaded routes to monitor traffic. Studies show that passengers appreciate information about traffic situation and travel time. Such a communication tool requires a system with sensors that detect traffic flow and then translates the information in variable text signs or other information channels showing the travel time for a specified route and other relevant information.

A newer and very cost-effective system for calculating the travel time is based on Bluetooth. Bluetooth is a communication technology that uses radio signals so that electronic devices with Bluetooth can communicate wirelessly over short distances. Bluetooth are in billions of devices, ranging from mobile phones, computers, cars and entertainment devices. Detection of Bluetooth occur when Bluetooth devices pass a point equipped with a Bluetooth sensor, and gets registered with the signal strength and a unique ID number, a MAC address. The sensor sends information about the detected devices to a central system. It connects the MAC addresses detected on several registration points and calculates the travel time between the points.

A supplier of a system for calculating the travel time is BLIP Systems from Denmark. They deliver the product BlipTrack, a statistical tool for calculating, analyzing and monitoring of travel times based on Bluetooth technology. Sensors mounted by the roadside, an installation that typically takes less than an hour, and the records and timestamps Bluetooth devices that pass. Raw data is forwarded from the sensor to a central system that filters and analyzes the data. Information on travel time is presented to users online in a easy user interface.

Several studies and tests of Bluetooth systems have been done in several countries, including Norway. During the autumn in 2011, a system was tested in Trondheim on the stretch from Klett and into the city center of Trondheim with equipment from Swarco. This test did not give the desired results and a new test of Bluetooth, the system developed by BLIP Systems, was desired by the Norwegian Public Roads Administration ITS section.

A second test in Trondheim was conducted in the spring of 2013 with equipment from BLIP Systems. Analysis of the obtained data was done through BlipTracks user interface and by download raw data. This could then be compared with data obtained by AutoPASS antennas at the same points. The main challenge when using Bluetooth as technology for registration of travel time is getting enough data. With the results from the test conducted it can be concluded that the Bluetooth system works satisfactorily at normal to high traffic and not

satisfactorily at times of the day where there is little to very little traffic. A comparison of the systems from Swarco and BlipTrack shows that both systems provide substantially similar results. An advantage of BlipTrack is the graphical presentation of data in real time and that it is very easy to retrieve data about travel time momentarily after the devices are detected by sensors placed along the road side.

Travel time calculated by BlipTrack correspond very well with the times calculated by AutoPASS and registrations done manually. Using the AutoPASS algorithm, that specify the travel time as the center of gravity for the registrations done in the current time interval, the center of gravity for data obtained from Bluetooth and AutoPASS almost always ends up in the same one-minute interval. The differences in travel times recorded manually and by BlipTrack were very alike, with only a few seconds difference.

Many vehicle stops during the stretches that travel time is calculated on, and is therefore not true for the stretch in the current period. The algorithm used for filtration of registered travel times can be said to be as important as the data collection system. AutoPASS algorithm based on the center of gravity of the travel times in the calculation interval and BlipTrack based on the median. The advantage of using both the median and the center of gravity is that they are stable to extreme variations. For large amounts of data there will be little difference in travel time calculated on the basis of center of gravity and median.

INNHold

FORORD	II
SAMMENDRAG	IV
ABSTRACT	VI
FIGURLISTE	X
TABELLISTE	XII
KAPITTEL 1 – INNLEDNING	1
1.1 BAKGRUNN	1
1.2 FORMÅL	1
1.3 INNHENTING OG BEARBEIDING AV DATA	2
1.4 OPPGAVENS AVGRENSNINGER OG ANTAGELSER	3
1.5 OPPGAVENS OPPBYGNING	3
KAPITTEL 2 - GRUNNLAG	5
2.1 REISETID	5
2.1.1 <i>Estimering basert på punktdata</i>	6
2.1.2 <i>Gjenkjenning av kjøretøy</i>	7
2.1.3 <i>Kontinuerlige registreringer</i>	8
2.1.4 <i>Algoritmer for filtrering av Data</i>	9
2.1.4.1 <i>AutoPASS' filtreringsalgoritme</i>	10
2.2 BLÅTANN	13
2.2.1 <i>Beregning av reisetid med blåtann</i>	13
2.3.2 <i>BlipTrack</i>	15
2.3.2.1 <i>Muligheter</i>	18
2.3 ERFARINGER FRA TIDLIGERE TESTER	22
2.3.1 <i>Trondheim</i>	22
2.3.2 <i>Oslo</i>	24
2.3.3 <i>Vejle, Danmark</i>	25
2.3.4 <i>Aarhus, Danmark</i>	27
2.3.5 <i>Aalborg, Danmark</i>	28
2.3.6 <i>Washington, USA</i>	29
2.3.6 <i>Alternativ bruk av blåtann</i>	31
KAPITTEL 3 – TEST AV BLIPTRACK	33
3.1 OPPSETT AV SYSTEMET	33
3.1.1 <i>Egne observasjoner</i>	38
3.2 RESULTATER.....	39
3.2.1 <i>Perioder og analyser</i>	39
3.2.1 <i>Reisetider, blåtann vs. manuell registrering</i>	39
3.2.3 <i>Reisetider, blåtann vs. AutoPASS</i>	41
3.2.2 <i>Antall registreringer</i>	44
3.2.4 <i>Kjørefeltsanalyse Kroppanbrua – Okstadbakken</i>	47

3.2.5 Interessante funn i BlipTrack.....	52
KAPITTEL 4 – DRØFTING AV RESULTATER	59
KAPITTEL 5 – KONKLUSJON OG VIDERE ARBEID	63
BIBLIOGRAFI.....	65
VEDLEGG.....	67

FIGURLISTE

Figur 1 AutoPASS-brikke, som plasseres på frontruta ved bakspeilet.....	8
Figur 2 AutoPASS-algoritmen. Hentet fra: (Wahl & Haugen, 2005).....	10
Figur 3 Kjennemerket til blåtann	13
Figur 4 BlipTracks struktur. Hentet fra: (BLIP Systems, 2013)	16
Figur 5 BlipTracks sensorer, fastmontert til venstre og mobil variant til høyre	17
Figur 6 Innholdet i en sensor fra BlipTrack. Hentet fra: http://www.bliptrack.com/traffic/products/the-bliptracktm-sensor/	17
Figur 7 Detekteringsområdet som sensoren. Hentet fra: (BLIP Systems, 2013)	18
Figur 8 Et "dashboard" i BlipTrack.....	19
Figur 9 Registreringer på Klett - Okstadbakken mellom 18. og 19. april.....	19
Figur 10 Antall registrerte enheter på Klett - Okstadbakken mellom 18. og 19. april.....	20
Figur 11 Lagene i BlipTracks Filtreringsalgoritme Hentet fra: (BLIP Systems, 2013)	20
Figur 12Tidsperiode for beregning i BlipTrack.....	21
Figur 13Reisetider Klett - Okstadbakken 29. september 2011.....	23
Figur 14 Reisetider Okstadbakken - Samfundet 29. september 2011.....	23
Figur 15 Teststrekning i Vejle.....	25
Figur 16 Reisetidsregistreringer i rushtiden for både nummerplategjennkjennelse og blåtann	26
Figur 17 Teststrekning i Aarhus	27
Figur 18 Oversikt over posisjon ved detektering	28
Figur 19 Teststrekning i Washington	29
Figur 20 Blåtanns feilfrekvens som funksjon av tidspunkt	30
Figur 21Sensor fra BlipTrack og antennenenes vinkling	33
Figur 22Sensorenes plassering	34
Figur 23Sensorplassering på Klett.....	35
Figur 24 Sensorplassering på Okstadbakken	35
Figur 25 Sensorplassering KissNGo	36
Figur 26 Sensorplassering ved Kroppanbrua.....	36
Figur 27 Sensorplassering i Omkjøringsvegen	37
Figur 28 Sensorplassering i Kongsvegen	37
Figur 29 Reisetider Klett-Okstadbakken 25. april 07:15-07:20	42
Figur 30 Reisetider Klett-Okstadbakken 25. april 07:45-07:50	42
Figur 31Reisetider Okstadbakken-KissNGo 25. april 07:55-08:00	43
Figur 32Reisetider Okstadbakken - KissNGo 25. april 12:20-12:25	43
Figur 33AutoPASS-antenne i Okstadbakken	45
Figur 34Reiser registrert av blåtann og AutoPASS 23. april	46
Figur 35 Forenklet kart over sensorplasseringer	47
Figur 36 Kjørefeltanalyse Okstadbakken-Kroppanbrua 26. april.....	48
Figur 37 Kjørefeltsanalyse Okstadbakken-Kroppanbrua 30. april.....	49
Figur 38 Kjørefeltsanalyse Kroppanbrua-Okstadbakken 29. april.....	49
Figur 39 Kjørefeltsanalyse Kroppanbrua-Okstadbakken 30. april.....	50

Figur 40 Antall registreringer av reiser med blåtann på strekningen Kroppanbrua – Okstadbakken – Kongsvegen	51
Figur 41 Antall registreringer av reiser med blåtann på strekningen Okstadbakken – Kongsvegen	51
Figur 42 Registreringer av blåtann KissNGo-Okstadbakken 15. april	52
Figur 43 Storler jernbanebru på Klett. Hentet fra Google Maps Street View.....	53
Figur 44 registreringer Okstadbakken-Klett 24. april	53
Figur 45 Reisetid og antall registreringer Okstadbakken-Klett 24. april.....	54
Figur 46 Registreringer Kroppanbrua-Okstadbakken 30. april.....	55
Figur 47 Registreringer Kroppanbrua-Okstadbakken 30. april.....	55
Figur 48 Registreringer Omkjøringsvegen-Okstadbakken 30. april.....	56
Figur 49 Registreringer KissNGo-Klett 23. april	56
Figur 50 Antall registreringer Okstadbakken-KissNGo 26. april-3. mai med Direct Peak.....	57
Figur 51 Antall registreringer Okstadbakken-KissNGo 26. april-3. mai uten Direct Peak.....	58
Figur 52 Antall registreringer Okstadbakken-Kongsvegen 2. mai.....	58

TABELLISTE

Tabell 1	Antall registreringer av AutoPASS og blåtann	23
Tabell 2	Minuttelling av nummerplategjennkjennelse og blåtann	26
Tabell 3	Registreringsdata fra blåtann	40
Tabell 4	Reisetidsregistreringer KissNGo-Okstadbakken	40
Tabell 5	Reisetidsregistreringer Okstadbakken-Klett	40
Tabell 6	Reisetidsregistreringer Klett-Okstadbakken	40
Tabell 7	Reisetidsregistreringer Okstadbakken-KissNGo	41
Tabell 8	Antall registreringer retning nord	44
Tabell 9	Antall registreringer retning sør	44
Tabell 10	Andel reiser blåtann vs. AutoPASS	44
Tabell 11	Mobil vs Fastmontert sensor, Klett-Okstadbakken	46
Tabell 12	Mobil vs Fastmontert sensor, Okstadbakken-KissNGo	46
Tabell 13	Mobil vs Fastmontert sensor, KissNGo-Okstadbakken	47
Tabell 14	Mobil vs Fastmontert sensor, Okstadbakken-Klett	47

KAPITTEL 1 – INNLEDNING

ITS, Intelligente Transportsystemer, vil få en stadig mer framtrædende rolle i transportsystemet. Det er stadig en økende integrasjon mellom infrastruktur og transportmiddel, noe som bidrar til å nå målene om framkommelighet, trafikksikkerhet, miljø og tilgjengelighet. Utviklingen av informasjonstjenester for transportbrukerne er i dag i stor grad basert på data i sanntid, som gir brukerne pålitelig informasjon om stadig større deler av transportsystemet. Informasjon om reisetid på strekninger er et godt eksempel på trafikkinformasjon. ITS kan dermed bidra til forenklet bilkjøring og høyere utnyttelse av eksisterende vegkapasitet og annen infrastruktur bedre. Videre kan ITS bli en vesentlig faktor for å påvirke transportadferd og reisemiddelfordeling (Samferdselsdepartementet, 2013).

1.1 BAKGRUNN

Reisetid har vært et fokusområde innen ITS-prosjekter i Norge de senere årene. Gjennom flere prosjekter har metoder og algoritmer blitt testet for registrering av strekningsdata. Basert på resultater fra de ulike testprosjektene har Statens Vegvesen utviklet et system, «Reisetidssystemet», for beregning og presentasjon av reisetider på ulike strekninger på nett, www.reisetider.no.

I Nasjonal transportplan 2014-2023 er det også nevnt at Statens vegvesen tar sikte på å etablere et nasjonalt trafikk- og transportsystem som skal omfatte alle offentlige veier, som blir en oppdatering/videreutvikling av dagens vegtrafikksystem. Gjennom et nytt etatsprosjekt om ITS skal Statens Vegvesen i samarbeid med NTNU og SINTEF blant annet teste ut ny ITS-teknologi på E6 mellom Klett og Trondheim sentrum. Systemet omfatter foreløpig noen delstrekninger på innfartsveier i Oslo, Trondheim, Bergen og Stavanger. Sanntidsregistreringene er basert på kjøretøyregistreringer gjennom AutoPASS-systemet, som innhenter informasjon ved hjelp av antenner langs vegen. Dette systemet er pålitelig og gir gode data, men er dyrt med hensyn til anskaffelse og implementering siden det krever stengning av veg ved montering.

Et rimelig alternativ til innhenting av trafikkdata om reisetid er ved bruk av blåtannteknologi. Denne teknologien baserer seg på at blåtannantennene settes ut langs vegen og registrerer blåtannenheter i kjøretøy som passerer. Blåtannenheter har en ID som gjør at de kan kobles sammen etter passering av flere sensorer, og beregne reisetid mellom disse. Blåtannenheter er i dag utbredt i biler, både som fastmontert utstyr og portabelt utstyr som for eksempel mobiltelefoner med blåtann og handsfree.

1.2 FORMÅL

Reisetidsmålinger gir mulighet til å overvåke vegnettet og fange opp hendelser, som ulykker og kødannelse, i trafikken som skaper forsinkelse. Ved å finne passeringstider for blåtannenheter ved to faste registreringspunkter langs vegen kan reisetiden til et

enkeltkjøretøy beregnes mellom de to registreringspunktene. I hovedsak er man interessert i å finne reisetiden til hoveddelen av trafikken. En utfordring består i å utvikle et robust reisetidsestimat som ikke påvirkes av kjøretøy som stopper undervegs eller kjører omveger. Filtreringsalgoritmer utviklet for å luke ut reisetider som ikke er reelle for strekningen benyttes for å finne riktig reisetidsestimat.

Flere land har testet blåtann som alternativ sensor for reistidsregistreringer. I Norge har utstyr fra Swarco blitt testet både i Trondheim og Oslo. Høsten 2011 ble testen i Trondheim gjennomført av Vegdirektoratet ITS-Seksjonen, Statens Vegvesen, med hovedformål å finne ut om blåtannteknologi er egnet for registrering av reisetider. Denne testen gav ikke de ønskede resultatene og en ny test av blåtann, med systemet fra BLIP Systems, var ønsket fra Vegdirektoratet ITS-Seksjonen. BLIP Systems har tidligere vært i Norge for å markedsføre seg, og kunne vise til gode resultater med systemet de leverer, BlipTrack. Denne masteroppgaven blir en del av den testingen som skal foregå i Trondheim over en periode på et halvt år.

1.3 INNHENTING OG BEARBEIDING AV DATA

I starten med arbeidet med denne masteroppgaven ble det gjort flere søk for å finne fram til relevant litteratur, både om reisetidsbegrepet, metoder og teknologi for reisetidsregistrering og rapporter fra ulike tester av blåtannteknologier. Søkemotorene som ble brukt i litteratursøket var BIBSYS ASK, Google Scholar og Knovel. I tillegg ble relevante rapporter om bruk av blåtannteknologi tilsendt fra veileder.

Testen som ble utført av blåtannteknologien BlipTrack lagret alle data registrert direkte i BlipTracks baksystem. Via nettsiden til BlipTrack kunne data studeres, for videre analyser ble data eksportert fra nettsiden slik at de på egenhånd kunne behandles i et regneark. Blåtanndataene ble sammenlignet med data fra AutoPASS-systemet, og de ble sendt over fra firmaet Cieber på forespørsel. Data innhentet av AutoPASS-antennene ble oversendt i form av både enkeltpasseringer ved antenner og som koblede reiser over strekninger.

Undervegs i testen ble data observert via BlipTracks nettside. Ved hendelser ble Adresseavisens nettavis brukt for å se om situasjoner og ulykker hadde oppstått samtidig som det viste seg i BlipTrack.

Manuelle registreringer gjort i forbindelse med en sammenligning av reisetid fra blåtann og egne noterte reisetider ble gjort med hjelp av et program som heter *Kjøretid* på PC. Ett tastetrykk inne i programmet tilsvarer en passering av et registreringspunkt på strekningen. Programmet er knyttet til klokken på PCen. Dette gir oversiktlige tabeller med klokkeslett for alle passeringer av registreringspunkter.

Analyse av antall kjøretøy registrert, reisetider på strekninger og reisetider i ulike kjørefelt på vegen ble utført i Excel. Blåtanndata ble i forkant lastet ned fra BlipTracks nettside og AutoPASS-data ble tilsendt per e-post. Høsten 2011 ble en test av blåtannteknologien til Swarco. Data, i form av 5-minuttersintervaller, var tilgjengelig for sammenligning med blåtannteknologien til BLIP Systems.

I resultatkapittelet er en del basert på observasjoner av data på BlipTracks nettside. Observasjonene viker fra det man ville anta, og er sett nærmere analysert på grunn av dette.

Både kvantitative og kvalitative tilnærminger har blitt benyttet ved analyse av innhentet informasjon. En kvantitativ tilnærming innebærer metoder som er avhengige av målbare størrelser, som tall og mengder. Kvalitative metoder tar for seg ikke-målbare vurderinger.

1.4 OPPGAVENS AVGRENSNINGER OG ANTAGELSER

For å fange inn registreringer fra AutoPASS-antennene har det tidligere vært nødvendig med en antenne over hvert kjørefelt som det skal registreres over. På strekningen har det vært antatt at registreringspunktene med AutoPASS som inngår i oppgaven har hatt en radar over hvert felt. Etter en observasjon sent i semesteret masteroppgaven strekker seg over viste det seg at det kun var en radar plassert over hele vegbanen for begge retninger. Om denne klarer å dekke for alle tre retninger hver veg er usikkert, etter negative forsøk på å finne ut av det.

Det er ikke alle dager i løpet av testperioden det finnes registreringer fra blåtannsystemet, grunnet at de mobile sensorene kun har en varighet på maksimalt 10 døgn. Først ble de mobile sensorene satt ut i avvente av de fastmonterte skulle settes opp. Derfor er noen analyser gjort på unaturlige dager, som for eksempel en analyse av registreringsevnen til den mobile i forhold til den fastmonterte.

1.5 OPPGAVENS OPPBYGNING

I kapittel 2 blir grunnlagsmaterialet for oppgaven presentert. Begrepet reisetid blir forklart, samt metoder for å hente inn og beregne reisetid på strekninger. Blåtannteknologi er hovedtema for oppgaven og det blir beskrevet hvordan teknologien fungerer og hvordan man kan benytte blåtann for beregning av reisetid.

Det finnes flere leverandører av blåtannsystemer. Tidligere er flere tester av blåtannsystemer gjennomført, både til i Norge og utenlands. Disse blir presentert i kapittel 2.3. I denne oppgaven blir et av systemene presentert og testet. En presentasjon av produktet BlipTrack er gjort senere i kapittelet, hvordan registrerte reisetider av systemet filtreres og hvilke muligheter som finnes for behandling og analyse av registrerte data.

Kapittel 3 tar for seg resultater av testingen. Første del av kapittelet tar for seg oppsett av blåtannsystemet, sensorenes plassering og hvilke strekninger som sees nærmere på. I andre del er resultater presentert i tabeller og figurer for å få et enklere uttrykk.

De to siste kapitlene tar for seg en drøfting av resultatene tidligere presentert med en påfølgende konklusjon. Det er fortsatt behov for ytterligere testing og analyse av systemet, så det er også kommet med en oppfordring til videre arbeid.

KAPITTEL 2 - GRUNNLAG

2.1 REISETID

Begrepet reisetid brukes om total forbrukt tid mellom to definerte punkter. En registrert reisetid vil si den reisetiden som faktisk er foretatt mellom to punkt. For å fremskaffe dynamiske data som for eksempel reisetid på en strekning finnes det en rekke metoder som kan benyttes. Vanligvis skiller det mellom tre prinsipielt forskjellige metoder:

1. Estimering basert på data registrert i et punkt langs en veg
2. Registrering basert på gjenkjenning av kjøretøy i to eller flere punkter langs en veg
3. Kontinuerlige registreringer av kjøreruten/hastighetsprofilen til et kjøretøy

En forklaring av de tre metodene vil finne sted senere i kapitlet.

Registrering av reisetid har i stadig større grad blitt implementert i større byer eller på høyt belastede strekninger for å kunne overvåke trafikken. Undersøkelser viser at trafikantene setter pris på informasjon om trafikksituasjon og aktuell reisetid. Et slikt formidlingsverktøy krever et system med detektorer som registrerer trafikkavviklingen og deretter omsetter informasjonen i variable tekstschilder eller i andre informasjonskanaler som viser for eksempel reisetid for angitt strekning og annen aktuell informasjon. Implementeringen av reisetidsformidling kan gi økt trafiksikkerhet, bedre framkommelighet og redusert miljøpåvirkning.

Registreringen av reisetid kan som nevnt gjøres ved bruk av flere ulike metoder. Eksempel på metode er å detektere samme kjøretøy i to ulike snitt langs en strekning eller ved bruk av «floating car»-data. Ved deteksjon av kjøretøy i to snitt kan detekteringen gjøres med ulike metoder, det kan for eksempel være videokamera som leser kjøretøyets nummerplateskilt eller av transponderavlesning, som benyttes i AutoPASS-systemet. «Floating car» er en metode hvor GPS-enheter installeres i et antall kjøretøy som trafikkerer vegen kontinuerlig, for eksempel taxier. Da kan den gjennomsnittlige hastigheten på veger bestemmes basert på innsamling av lokaliseringsdata, hastigheter, reisers retning og tidsinformasjon fra kjøretøyene.

Informasjon om reisetid er nyttig på flere måter. Tjenesten kan bidra til bedret framkommelighet, i form av at bilister velger alternative ruter ved kødannelse og hendelser. I tillegg vil relevant og nyttig informasjon om reisetid kunne redusere stressfølelse og usikkerhet hos trafikantene. Studier viser at trafikanter ønsker informasjon om framkommelighet så tidlig som mulig for å kunne planlegge reisen. Forsøk og målinger har vist at mellom 20 og 30 % av bilistene endrer kjørerute som følge av informasjon om en hendelse. Flere undersøkelser viser at selv om ikke bilister endrer sin atferd som følge av reisetidsinformasjon blir informasjonen allikevel ansett som nyttig blant trafikantene (Statens Vegvesen, 2011).

Det er imidlertid svært avgjørende hvordan systemet er implementert og om det finnes alternative rutevalg ved en hendelse for at reisetidsinformasjon faktisk skal føre til endret trafikantadferd. En forutsetning for tiltroen til og nytten av reisetidsinformasjon er at den er

korrekt. For å øke tiltroen er det viktig at informasjonen kan bekreftes gjennom flere kanaler, for eksempel gjennom radiomeldinger eller på nett.

Registrering av reisetid etableres framfor alt i større byer eller på høyt belastede strekninger for å overvåke og kontrollere trafikkflyten. I dag benyttes det i Norge registrering av AutoPASS-brikker i ulike punkt på vegen for beregning av reisetid. AutoPASS er et system for elektronisk betaling av bompenger, og brukes blant annet i Norge. Tidsbruk på en strekning blir beregnet ved differansen mellom passeringstidspunktene. Beregnet reisetid vises på variable skilt og i andre informasjonskilder. Denne informasjonen muliggjør iverksettelse av avbøtende tiltak for den aktuelle situasjonen.

Et godt eksempel på bruk av reisetidsinformasjon til trafikantene er pilotprosjektet i Trondheim i 2010. Trafikanter i nordgående retning på E6 informeres om nåværende reisetid inn mot sentrum, henholdsvis på Klett og i Okstadbakken. Variable skilt montert over vegen gir trafikantene gjeldene informasjon (Statens Vegvesen, 2011). I tillegg har Statens Vegvesen utviklet en nettside, www.reisetide.no, hvor man kan få oppdatert informasjon i nåtid om reisetid på ulike strekninger.

Et problem i forbindelse med å innhente trafikkdata er hensynet til personvern. Personverndirektivet opprettet i 2004 og gjelder i utgangspunktet for all elektronisk behandling av personopplysninger og for manuell behandling av opplysninger dersom disse inngår eller skal inngå i et personregister. Formålet med direktiver er å skape et grunnlag for lik regulering av personvernet i alle landene i EU/EØS-området. Direktivet skal sikre fysiske personer grunnleggende rettigheter og friheter i forbindelse med utveksling av personopplysninger. Særlig viktig i direktivet er beskyttelse av privatlivets fred (Fornyings-, Administrasjons- og Kirkedepartementet, 2004). Ulike typer ITS-løsninger vil møte på utfordringer knyttet til personvern, her må personvern settes som et premiss for implementering av løsningen.

2.1.1 ESTIMERING BASERT PÅ PUNKTDATA¹

Med punktdata menes tradisjonelle trafikkdata som registreres i ett punkt langs vegen, oftest ved bruk av tradisjonelle registreringspunkt med induktive sløyfer. Punktdata som antall kjøretøy og tidspunkt kan også registreres ved hjelp av radar og video. Data som typisk registreres er:

- Volum (kjt/t)
- Hastighet (km/t)
- Detektorbelegg/Occupancy (%)
- Tidsluker (s)
- Kjøretøyavstand (m)
- Kjøretøyklassifisering (antall aksler/lengde/vekt)

Basert på registrerte punktdata kan man estimere reisetid og andre strekningsdata. Hvilke punktdata som benyttes i estimeringen varierer. Ved beregning av reisetid bruker man data om hastighet, men data som volum og belegg kan også være en del av beregningsgrunnlaget.

¹ Kilde: (Wahl, Flø, Haugen, Bang, & Lillestøl, 2003) og (Wahl & Haugen, 2005)

Algoritmer/metoder som er basert på punktdata finnes det mange av. De ulike metodene benytter seg i ulik grad av de forskjellige trafikkparameterne.

2.1.2 GJENKJENNING AV KJØRETØY¹

Normalt vil gjenkjenning av kjøretøy skje langs en strekning, mellom to punkter, og tidsforbruket mellom punktene beregnes. Gjenkjenning av kjøretøy kan gjennomføres på flere måter, og de mest aktuelle metodene er:

- Registrering av registreringsnummer
- Registrering av brikkenummer
- Registrering av kjøretøyparametere
- Mønstergjenkjenning
- Blåtann

Registreringsnummeret på kjøretøy kan leses automatisk eller manuelt. Automatisk lesing gir sanntids strekningsdata, og gjøres ved hjelp av videoteknikk og bildebehandling. Under normale forhold kan ca. 90 % av de passerende kjøretøyene identifiseres, men denne andelen påvirkes av vær- og lysforhold, nummerplatens plassering synlighet (hvor rent det er, om det er dekket av noe, slitasje osv.). Manuell registrering av registreringsnummer krever en del personell for å gjennomføre, og er kun egnet for vurdering av data i ettertid.

Elektroniske brikker har blitt veldig vanlig i norske biler, samt andre land med automatiske bompengesystemer. På brikken kan det skrives informasjon i tillegg til at man kan lese den informasjonen som er lagret på brikken med sensorer. Prinsippet er at brikkens ID leses ved passeringstidspunkt ved påfølgende antennestasjoner. Data fra antennestasjonene kobles mot hverandre for å se om kjøretøy har passert flere stasjoner ved å sammenligne brikke-ID slik at reisetid kan beregnes. Av personvern hensyn kan det være problematisk og samle inn data fra knyttet opp mot kjøretøyet i Norge. I Norge åpnet det seg nye muligheter da Køfri-brikken kom til Trondheim i 1991. Denne brikken fungerte slik at informasjon om tid og sted ved blir lagret i brikken ved passering av en antenne, og så leses informasjonen ut igjen ved passering av neste antenne. Slik vet man når kjøretøyet passerte forrige antenne, og reisetiden kan beregnes. På denne måten trenger ingen informasjon om brikkenummer eller kjøretøy blir lagret, og systemet forblir anonymt. I 2001 ble Køfri-brikken byttet ut med en ny, AutoPASS-brikken, som ble standard for hele Europa. Under anbudet på nye brikker ble det ikke tatt hensyn til reisetid i kravspesifikasjonen, så muligheten til å lagre informasjon om passeringstid og passeringspunkt i brikken slik man kunne tidligere forsvant dermed. Dagens system med de nye AutoPASS-brikkene fungerer slik at ved hvert registreringspunkt leses brikke-ID og passeringspunkt som direkte overføres til et baksystem som senere gjør jobben med kobling av brikke-ID slik at reisetid kan beregnes (Haugen, 2013).

¹ Kilde: (Wahl, Flø, Haugen, Bang, & Lillestøl, 2003) og (Wahl & Haugen, DynamIT, 2005)



Figur 1 AutoPASS-brikke, som plasseres på frontruta ved bakspeilet

Registrering av fysiske kjøretøyeigenschaften er en metode som ikke får problemer med personvernet. Registreringspunkt i vegnettet registrerer trafikktekniske parametere som punkthastighet, tidsluker og volum. Fysiske egenskaper ved kjøretøy er det også mulighet for å registrere. Desto flere faktorer som registreres, desto større er muligheten for gjenkjennelse.

Mønsterkjennelse gjøres ved hjelp av induktive sløyfer i veggen som genererer et elektromagnetisk profil/mønster av kjøretøyet. Basert på det genererte profilet kan et kjøretøy gjenkjennes ved andre punkter i veggen.

Noe av det nyeste innen registrering av reisetid er bruk av blåtanneteknologi. Blåtannenheter som passerer registreringspunkter utstyrt med en blåtanssensor registreres med signalstyrke og et unikt ID-nummer, enhetens MAC-adresse. Sensoren sender informasjon om detekterte enheter til et baksystem. Her kobles MAC-adresser oppdaget ved flere registreringspunkter og beregner reisetiden mellom punktene. Blåtannenheter kan være mobiltelefoner, PCer, handsfree, navigasjonsutstyr i bilen osv.

2.1.3 KONTINUERLIGE REGISTRERINGER¹

En tredje mulighet for å samle inn data om reisetid er ved å følge kjøretøy kontinuerlig og registrerer posisjon/stedsangivelse basert på kriterier knyttet til tid avstand eller retning. Kontinuerlige registreringer krever at det er montert utstyr i kjøretøyet som kontinuerlig registrerer kjøretøyet sin posisjon, og som gjør at vi kan følge kjøretøyet i vegnettet. Utstyret som kan benyttes er blant annet:

- GNSS
- Odometer
- GSM

GNSS, *Global Navigation Satellite System*, er et satellittbasert posisjonsbestemmende system. Systemet gir informasjon om posisjon, hastighet og retning i forhold til nord. For å beregne posisjonen til et kjøretøy må det være utstyrt med en GPS/GLONASS-mottaker. GPS, *Global Positioning System*, opereres av USA og GLONASS opereres av Russland, i Norge er GPS det vanligste. Nyere biler er ofte utrustet med integrert GPS-mottaker, noe som etter hvert har

¹ Kilde: (Wahl, Flø, Haugen, Bang, & Lillestøl, 2003) og (Wahl & Haugen, DynamIT, 2005)

gitt god tilgang på mottakere. Den etter hvert store mengden mottakere gjør denne registreringsmetoden aktuell for datainnsamlingsformål.

Odometer er et instrument som måler tilbakelagt distanse for et kjøretøy. Denne typen registrering gir god nøyaktighet, men systematiske feil og/eller manglende kalibrering kan medføre store unøyaktigheter over lengre distanse.

Mobiltelefonen kan også brukes til posisjonsbestemmelse. Når en GSM-mobiltelefon er påskrudd sender det ut signaler som gjør det mulig å bestemme posisjon. Utfordringen ved bruk av mobiltelefon er å få nøyaktig nok posisjon til å kunne følge et kjøretøy på en vegstrekning, særlig ved små forflytninger og ved flere nærliggende veier. Sammenlignet med GPS er nøyaktigheten ikke like god.

2.1.4 ALGORITMER FOR FILTRERING AV DATA

En viktig oppgave ved registrering av data er kvalitetssikring. Spesielt ved innhenting av reisetider på en strekning med mange avstikkere og potensielle stopp på veien. Mange av de innhentede reisetidene kan da bli potensielt mye høyere enn den reelle reisetiden. I tillegg kan det oppstå feil eller mangler med registreringsutstyret og kommunikasjon, eller på grunn av manglende kalibrering og oppfølging av utstyret. I mange tilfeller må rådata bearbeides før vi får de data vi ønsker. Til dette kreves avanserte algoritmer og metoder.

Det er en utfordring å lage gode algoritmer for filtrering av data som skal danne grunnlaget for beregning av gjennomsnittlig reisetid. Ønsket er at algoritmene skal være både fleksible og robuste samtidig som de ikke er vanskelige å implementere.

Med fleksibilitet menes en algoritme som kan håndtere variasjoner i antall kjørefelt, tidsintervall og lengde på strekning. Normalt er det enklest å finne reisetid på 2-feltsveger, grunnet færre forbikjøringsmuligheter, og på flerfeltsveger vil det som regel være en større spredning i reisetid. Valg av tidsintervall er viktig for beregningen av reisetider.

Tidsintervallet må være så lite at an ikke risikerer å få for lite kjøretøyregistreringer i intervallet, men heller ikke så stort at trafikken endrer seg for mye i løpet av intervallet.

En algoritme bør også være robust i den form av å gi pålitelige reisetider, også ved unormale forhold. Spesielt to forhold er det viktig at algoritmen kan håndtere. Avviklingssituasjonen ved oppstartstidspunkt (beregning av første reisetid), og snikkjøring (valg av alternativ rute mellom to antenner) er to nøkkelsituasjoner som algoritmen på best mulig måte må håndtere. Alle kjøretøy som har stoppet eller tatt en annen rute mellom antennene må lukes ut siden de ha en ekstra lang reisetid. Derfor er det en utfordring å velge ut de «riktige» kjøretøyene til beregning av reisetid.

Det kan være en fordel med en algoritme som er enkel å implementere, uten at det går på bekostning av kvaliteten på resultatene. I tillegg til en enkel algoritme, kan det være en fordel å påse at alle parametere som inngår er kodet slik at de enkelt kan justeres på.

5. Hvis antall reisetider i 1-minuttsintervallet utgjør over X % av alle registrerte reisetider i tidsintervallet beregnes gjennomsnittlig reisetid og denne aksepteres. X bestemmes på bakgrunn av erfaringsdata.

$$\frac{N_{AB}^{Akseptert}(t)}{N_{AB}(t)} \geq \frac{X}{100}$$

$N_{AB}^{Akseptert}(t)$ = Antall aksepterte reisetider på delstrekning AB i tidsintervall t
 $N_{AB}(t)$ = Antall registrerte reisetider på delstrekning AB i tidsintervall t

Aksepteres gjennomsnittlig reisetid i aktuelt tidsintervall avsluttes beregningen, og trinn 6-9 utføres ikke.

6. Dersom punkt 5 ikke oppfylles, antall aksepterte reisetider i de valgte 1-minuttsintervallene utgjør mindre enn X % av alle registrerte reisetider i tidsintervallet, må avviket i forhold til gjennomsnittlig reisetid sjekkes i 3 foregående tidsintervall. Gjennomsnittet av de 3 foregående tidsintervall beregnes enkelt som et vektet gjennomsnitt av de 3 foregående gjennomsnittlige reisetidene:

$$T_{AB}^{3\ siste}(t) = \frac{\sum_{i=1}^{i=3} T_{AB}(t-i) * N_{AB}^{Akseptert}(t-i)}{\sum_{i=1}^{i=3} N_{AB}^{Akseptert}(t-i)}$$

$T_{AB}^{3\ siste}(t)$ = Gjennomsnittlig tidsintervall på delstrekning AB de 3 foregående tidsintervallene
 $N_{AB}^{Akseptert}(t-i)$ = Gjennomsnittlig reisetid delstrekning AB i tidsintervall t-i
 $T_{AB}(t-i)$ = Antall aksepterte reisetider på delstrekning AB i tidsintervall t-i

7. Er avviket til gjennomsnittlig reisetid i aktuelt tidsintervall i forhold til gjennomsnittlig reisetid for de 3 foregående tidsintervallene mindre enn Y % aksepteres beregnet gjennomsnittlig reisetid. Y bestemmes på bakgrunn av erfaringer.

Aksept av gjennomsnittlig reisetid i aktuelt tidsintervall hvis:

$$\left(1 - \frac{Y}{100}\right) * T_{AB}^{3\ siste}(t) \leq T_{AB}(t) \leq \left(1 + \frac{Y}{100}\right) * T_{AB}^{3\ siste}(t)$$

8. Hvis avviket er større enn Y % gjentas trinn 4-7 med nest største og tredje største 1-minuttsintervall. Dersom det skulle vise seg at verken beregninger med utgangspunkt i største, nest største eller tredje største 1-minuttsintervall gir grunnlag for å akseptere en gjennomsnittlig reisetid går en videre til trinn 9.
9. Hvis ingen gjennomsnittlig reisetid aksepteres velges den reisetiden med minst avvik i forhold til gjennomsnittlig reisetid i de 3 foregående tidsintervall.
10. Ved behov; en utglattingsfunksjon som vektet reisetiden for å sikre ustabile data. Utglattingsfunksjonen skal i utgangspunktet settes med parametere som ikke glatter ut reisetiden, altså vil kun aktuelt tidsintervall vektes. Funksjonen er basert på at også gjennomsnittlige reisetider i foregående tidsintervall vil påvirke

gjennomsnittlig reisetid i aktuelt tidsintervall. Ulempen med en slik utglattingsfunksjon er at reelle reisetidsendringer oppdages på raskt som ønskelig. Utglattingsfunksjonen som benyttes er «vektet glidende gjennomsnitt» som vekter over aktuelt og de to foregående intervall.

$$T_{AB}^{utglattet}(t) = \alpha * T_{AB}(t) + \beta * T_{AB}(t - 1) + \gamma * T_{AB}(t - 2)$$

$T_{AB}^{utglattet}(t)$ = Utglattet reisetid på delstrekningen B i tidsintervall t
 α, β, γ = Vekstfaktor
 $T_{AB}(t)$ = Gjennomsnittlig reisetid på delstrekning AB i tidsintervall t
 $T_{AB}(t - 1)$ = Gjennomsnittlig reisetid på delstrekning AB i tidsintervall t-1
 $T_{AB}(t - 2)$ = Gjennomsnittlig reisetid på delstrekning AB i tidsintervall t-2

Ved lite trafikkvolum gjelder denne regelen:

Dersom det registreres 2 eller færre kjøretøy på en strekning i et tidsintervall, og gjennomsnittlig reisetid i intervallet er større enn 1,5 ganger reisetiden i forrige tidsintervall, forkastes denne reisetiden og reisetiden i aktuelt tidsintervall settes lik reisetiden i forrige tidsintervall.

2.2 BLÅTANN

Blåtann er en kommunikasjonsteknologi som benytter radiosignaler slik at elektroniske enheter med blåtann skal kunne kommunisere



Figur 3 Kjennemerket til blåtann

trådløst over korte avstander. Blåtann finnes i milliarder av enheter, i alt fra mobiltelefoner, datamaskiner, biler og underholdningsenheter i hjemmet (Bluetooth SIG, Inc, 2013). Figur 3 viser blåtanns kjennemerke.

De viktigste funksjonene til blåtann er robusthet, lavt strømforbruk og lav pris. Blåtanns oppbygning definerer en enhetlig struktur som et bredt spekter av enheter kan koble seg til og kommunisere med hverandre. Strukturen og blåtannteknologiens globale aksept gjør at enhver blåtannaktivert enhet, nesten hvor hen i verden, kan koble seg til andre blåtannaktiverte enheter trådløst innen rimelig avstand.

Bruk av blåtannteknologi til beregning av reisetider er testet ut flere steder i verden, men teknologien er fortsatt på prøvestadiet. Teknologien baserer seg på at blåtannantenner monteres på punkter langs en strekning, og registrerer blåtannenheter i kjøretøyene som passerer.

Rekkevidden til en blåtannenheter er anvendelsesspesifikk. Produsenter kan stille inn sine implementeringer etter den rekkevidden som kreves for at den skal understøtte bruksmåter for sine løsninger. Den vanligste rekkevidden til en blåtannenheter ligger mellom 1 og 100 meter.

Blåtann er en relativt ny teknologi brukt til beregning av reisetid. Denne teknologien baserer seg på blåtannantenner i passerende kjøretøy. Blåtann blir stadig mer utbredt i biler, både som fastmontert utstyr i bilen, i utstyr som mobiltelefoner med blåtann, handsfreeset, navigasjonssystem og annet elektronisk utstyr som videospillere, Ipad og lignende.

Hver blåtannenheter har sitt unike elektroniske ID-merke, eller kode, en MAC-adresse (Machine Access Control Adress). Blåtannaktiverte enheter kan da kringkaste sine unike MAC-adresser for å kommunisere med andre enheter innen rekkevidde. MAC-adressen fungerer som et kallenavn slik at andre enheter kan ha oversikt over hvem som er hvem i datakommunikasjonen.

2.2.1 BEREGNING AV REISETID MED BLÅTANN

Deteksjon av blåtannenheter ble først utprøvd i 2006 i Europa, i Bath, London og Apeldoorn, for å fange opp enheter fra fotgjengere. Pilotprosjektene fokuserte på korrelasjonen mellom blåtann og aktivitet hos fotgjengere og fotgjengeres hastighet. MAC-adresser ble for første gang benyttet av Ahmed et al. (2008) i trafikkovervåkning. De unike MAC-adressene til hver enkelt blåtannenheter gav mulighet for beregning av reisetid (Malinkovsky, Wu, Wang, & Lee, 2009).

Blåtann er markedsført som en industristandard og er en gjennomprøvd og standardisert teknologi. Derfor mener flere av firmaene bak produkter som anvender blåtann til

innsamling av trafikkdata at blåttann nærmest kan brukes ukritisk som alternativ til de øvrige datainnsamlingsmuligheter.

Når biler med en, eventuelt flere, blåttannenheter passerer en blåttannsensor på faste registreringspunkter langs vegen kan reisetiden til bilen på en strekning mellom to sensorer. Primært registrerer man reisetiden til enkeltbiler for å beregne den gjennomsnittlige reisetiden i sanntid på den aktuelle strekning.

Reisetiden beregnes ved at kjøretøyer med aktiverte blåttannenheter registreres av sensorer langs den aktuelle strekningen. Når en MAC-adresse påvises ved flere blåttannsensorer kan de kobles mot hverandre og beregne reisetid på strekningen mellom sensorene. Blåttannenheter bør i utgangspunktet være påslått for å bli påvist. Da vil man ikke alltid kunne se den fulle MAC-adressen, og registreringen kan ikke benyttes videre i reisetidsberegningen. Påliteligheten til beregnet reisetid avhenger av antall kjøretøy som fanges opp av sensorene, en funksjon av størrelsen på deteksjonsområdet, kjøretøyets hastighet og blåttannenhetsens FHSS, Frequency of Hopping Spread Spectrum. FHSS bestemmer blåttannenhetsens frekvens til å aktivere og starte opp kommunikasjon med omgivelsene. En blåttannenhets FHSS varierer mellom ulike instrumenttyper (Araghi, Olesen, Krishnan, Christensen, & Lahrmann, 2012).

Blåttannenhetsene registreres på sekundnivå med signalstyrke, RSSI, og et identitetsnummer knyttet til enhetsens MAC-adresse. RSSI er *Received Signal Strength Indication*, og det kan si noe om hvor nærme enheten ble påvist ved sensoren. Desto nærmere signalstyrken nærmer seg mot 0, desto sterkere er signalet (Wikipedia, 2013). MAC-adressen kan også fortelle også hvilket utstyr som sender, om det er en mobiltelefon, et handsfreeset eller utstyr integrert i bilen. Av blåttanndataene kan man ikke få informasjon som grupperer trafikken, som kjøretøytype eller belegg på de ulike kjørefeltene. I utgangspunktet skal en MAC-adresse være unik, men adressen er satt i et dataprogram og kan, med kunnskap om det, settes vilkårlig for en del enheter eller det kan ha skjedd en feil i produksjonsprosessen (Levin, 2013).

En blåttannenhets kan bli registrert av samme sensor opptil flere ganger på grunn av antennes rekkevidde. I tillegg kan det i et kjøretøy befinne seg flere blåttannenheter. Nøyaktigheten til reisetid beregnet ved hjelp av blåttannsensorer er påvirket av i hvilket punkt blåttannenhetsen blir registrert. Desto nærmere deteksjonen er en hypotetisk vinkelrett linje over vegen ved sensorens plassering, jo mer nøyaktig blir estimert reisetid. Strekningens lengde vil også være viktig, spesielt på korte strekninger. Desto kortere strekningen er, jo mer følsom er reisetiden for hvilket punkt enhetsen blir detektert ved.

Utfordringene ved bruk av blåttann som datainnsamlingsmetode er mange. For det første er stor usikkerhet i registreringsandelen, hvor mange av tilstedeværende blåttannenheter som blir registrert av en målestasjon. En blåttannenhets kan også registreres flere ganger, noe som stiller krav til utvelgelse av den riktige registrering. Kvaliteten til filtrering og utvelgelse av rådataene med blåttann som skal brukes i videre analyse er veldig avhengig av tilhørende hard- og Software-pakke. Når to målestasjoner er plassert relativt tett er det fare for at en blåttannenhets kan bli registrert på samme tid. Dette fenomenet kalles crosstalk. Målepunkter som er plassert relativt nært kryss kan risikere å registrere trafikk på den tversgående vegen. Et viktig moment i beregning av reisetid er å matche registreringene av en enhets på

en definert rute imellom målestasjoner. Blåtannenheter kan befinne seg mange andre steder enn bare i biler. Det er viktig å få fjernet de enhetene som tilhører syklist, fotgjengere og eventuelle andre ting. En siste utfordring er frasortering av urealistiske reisetider. De kjøretøyene som har stoppet på en gitt strekning må sorteres ut for at de ikke skal påvirke reisetidsmålingen.

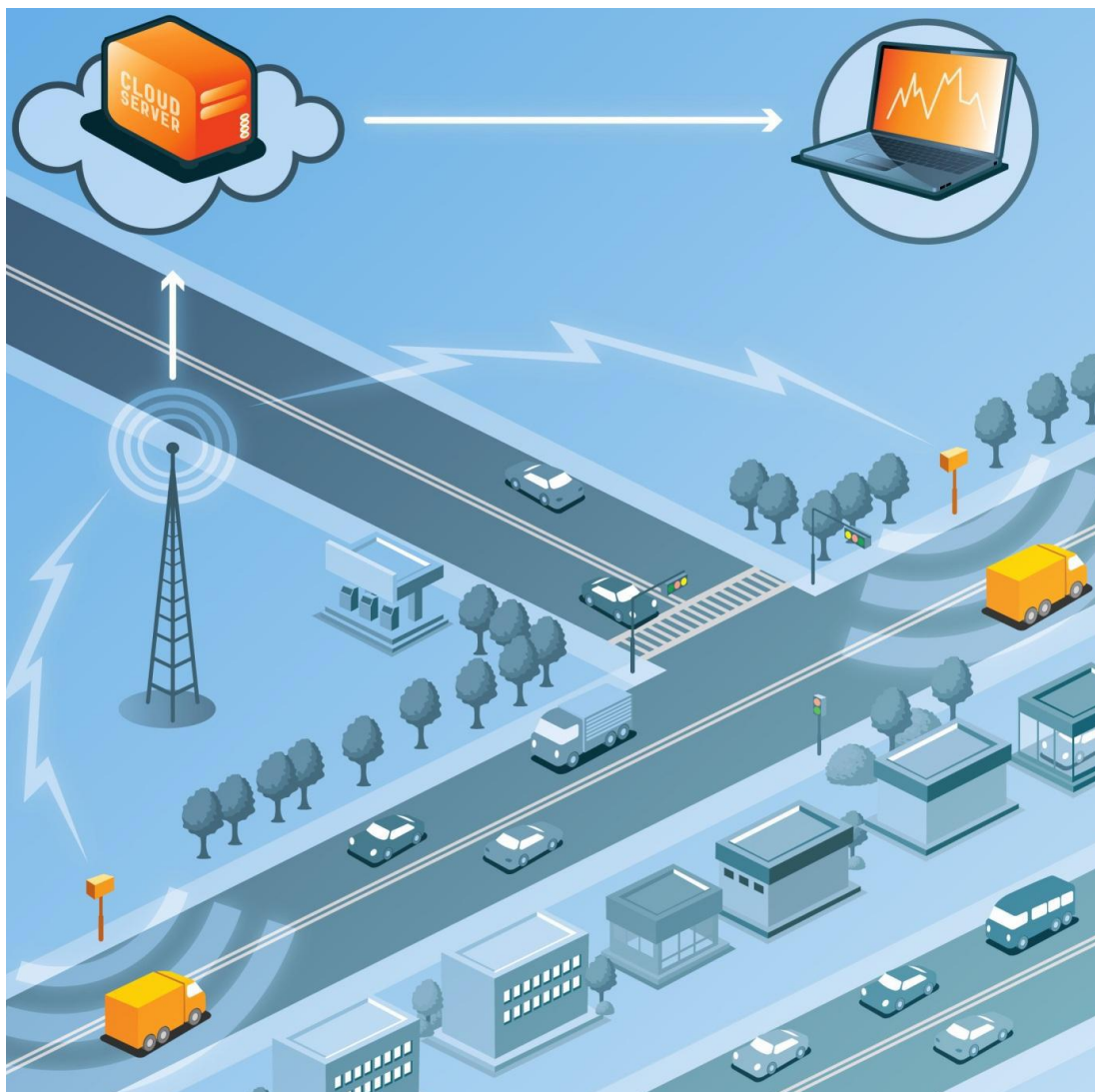
Ved anvendelse av blåtann til innsamling av trafikkdata har man opplevd mange fordeler. Systemet har en rask montering, siden hver målestasjon kun består av en liten boks som kan monteres i allerede eksisterende master, skiltstolper o.l. Vedlikeholdet er minimalt, forventningen er i praksis at vedlikeholdet skal være kostnadsfritt. Dataene som man får ut av systemet er billige samt pålitelige. Ingen andre av de kjente alternative metodene gir like godt nytte-kostnads forhold som blåtannsystemene. Det foregår også en stadig utvikling og forbedring av metodene.

I 2012 ble det gjort en studie av blant annet kostandene knyttet til et blåtannsystem i forhold til andre systemer på markedet, som for eksempel nummerplategjenkjenning (Sintonen, 2012). Den lave investeringskostnaden til blåtannsystemet begrenses av det lave antallet sensorer det er behov for. En veg med fire kjørefelter i begge retninger krever vil kreve åtte nummerplategjenkjenningesenheter for å dekke hele vegen, noe som også krever større kostnader enn for en blåtannenheter som har kapasitet til å dekke hele vegen alene. Nesten alle artiklene gjennomgått i studien konkluderte med at kobling av MAC-adresser registrert ved sensorer er en kostnadseffektiv måte å samle trafikkinformasjon på. Det på grunn av lave investerings-, drifts- og vedlikeholdskostnader sammen med stor evne til å håndtere og lagre data.

2.3.2 BLIPTRACK

Firmaet BLIP Systems, med base i Danmark, står bak produktet BlipTrack. BlipTrack er et statistisk verktøy for beregning, analyse og overvåking av reisetider basert på blåtannteknologi. Data hentes inn fra blåtannsensorer som fanger opp forbipasserende aktive blåtannenheter.

BLIP Systems er også leverandør til en rekke flyplasser, deriblant Gardermoen Lufthavn, og er verdensledende innen løsninger for å oppdage passasjerbevegelser på flyplasser. Systemet brukes til å gi passasjerer informasjon om ventetid i sikkerhetskontroll. Antennene plassert i forkant og etter sikkerhetskontrollen fanger opp passasjerenes blåtannenheter og baserer ventetid på disse (BLIP Systems, 2013).



Figur 4 BlipTracks struktur. Hentet fra: (BLIP Systems, 2013)

Figur 4 vises systemets struktur. Blåtannsensorer må plasseres ved vejen, gjerne i en allerede eksisterende stolpe. Installasjon av en sensor vil typisk ta en time, og krever ingen spesiell kompetanse. Sensorer langs vejen detekterer og tidsstempler forbigående blåtannenheter og videreformidler rådata i sanntid gjennom et tilkoblet USB-modem til BlipTracks server hvor det lagres. Ikke alle kjøretøy i vegbanen blir fanget opp av sensoren siden de ikke inneholder noen blåtannenheter. Det er heller ikke gitt at et kjøretøy som inneholder en blåtannenheter blir fanget opp av sensoren (BLIP Systems, 2013).

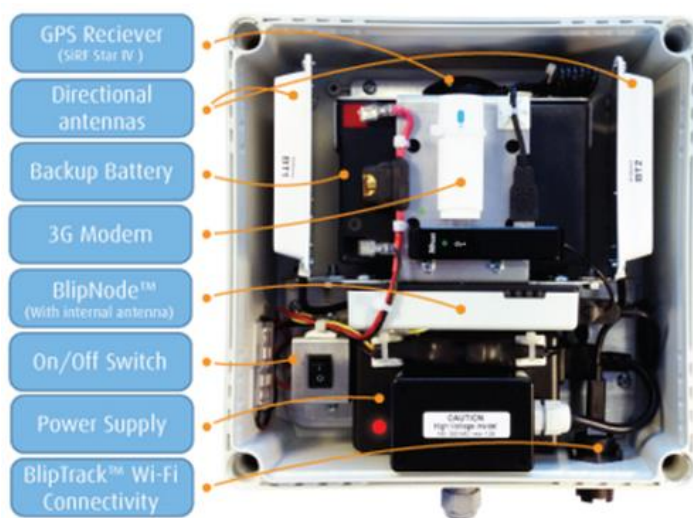
Data mottatt av serveren kobles sammen ved bruk av blåtannenheterens MAC-adresser, slik at reisetid mellom sensorer kan beregnes. BlipTrack-serveren bearbeider og filtrerer innhentede trafikkdata og presenterer data på et web-basert brukergrensesnitt.

BlipTrack leverer både sensorer som må kobles til strøm og sensorer med tilhørende batteri. Begge typene er vist i figur 5, hvor den mobile er til høyre og fastmonterte til venstre. Den mobile sensoren er festet i en stolpe som er fastmontert til kassen som oppbevarer batteriet sensoren er avhengig av. Batteriet som kobles til sensoren har en varighet på opptil 10 dager før de må lades på nytt. Sensoren som krever strømtilgang monteres gjerne opp i eksisterende stoper langs veien. Det antas at de fastmonterte har bedre detekteringsevne siden de ofte plasseres litt høyere opp enn hva de mobile gjør.



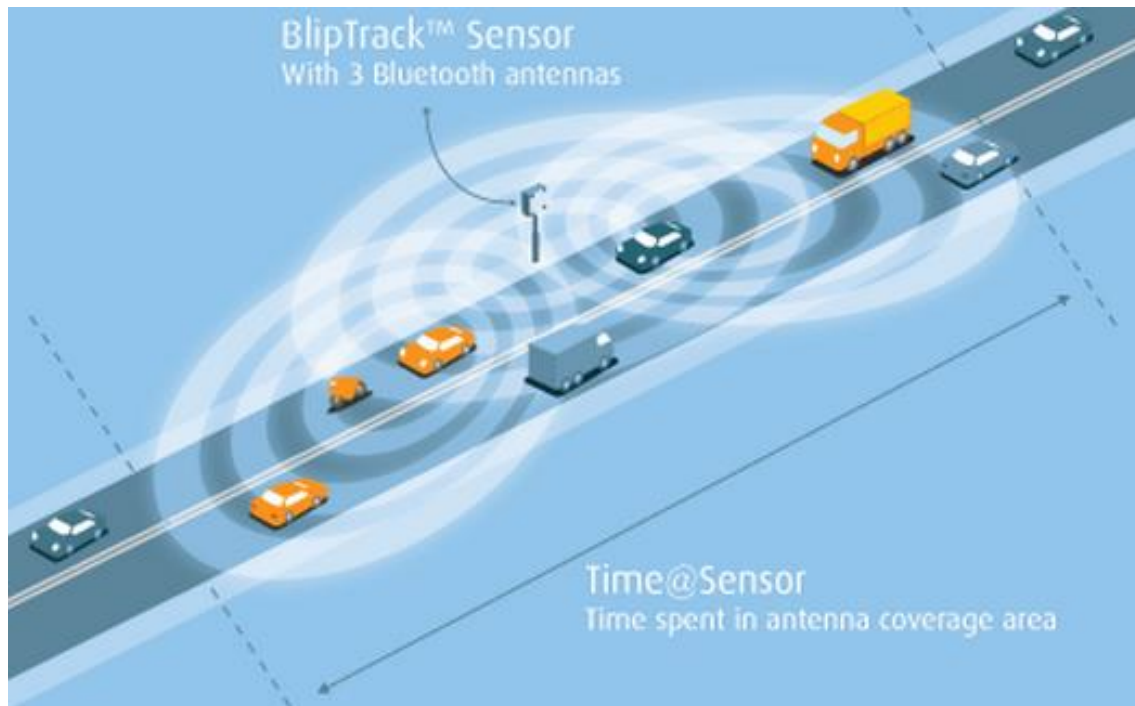
Figur 5 BlipTracks sensorer, fastmontert til venstre og mobil variant til høyre

BlipTrack-sensoren er optimalisert for bruk ved veg. Figur 6 viser hvilke komponenter en sensor består av. BlipTracks blåttansensor består av tre antenner, hvor to av de er retningsantennener som peker hver sin retning langs veien og den siste er en rundtstrålende antenne plassert.



Figur 6 Innholdet i en sensor fra BlipTrack. Hentet fra: <http://www.bliptrack.com/traffic/products/the-bliptracktm-sensor/>

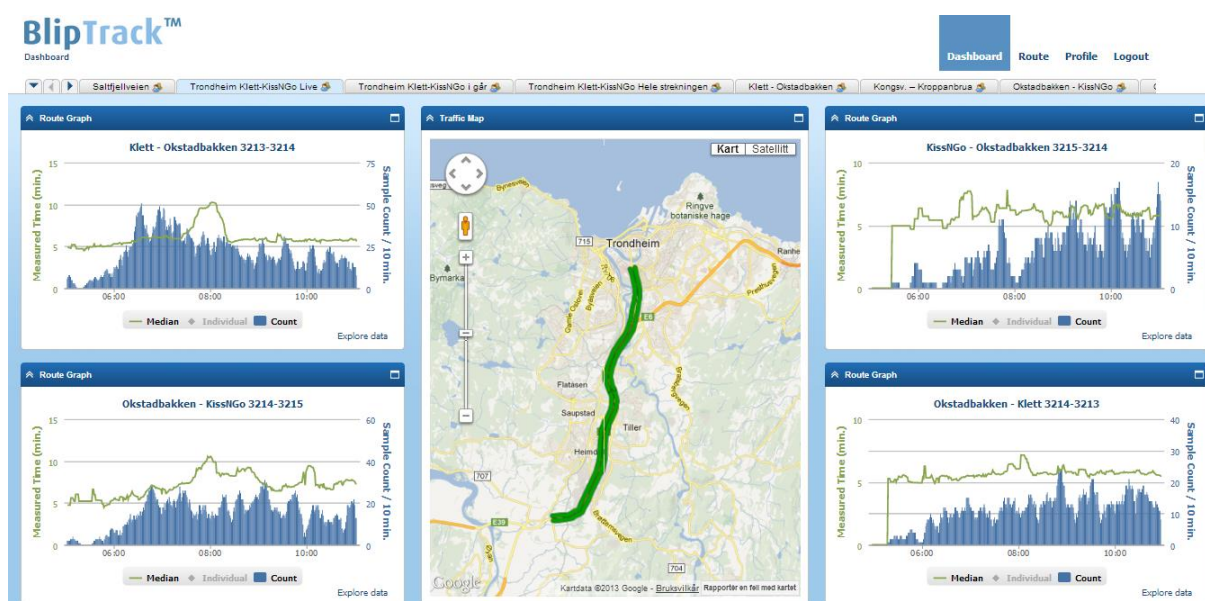
Området antennene dekker over er delvis overlappende, se figur X, og designet for å optimere den tidsperioden et kjøretøy forbi passerer er innenfor rekkevidde til sensoren. Desto lengre tidsperioden et kjøretøy er innenfor rekkevidde for sensoren, jo høyere er sannsynligheten for at blåtannheten blir detektert.



Figur 7 Detekteringsområdet som sensoren. Hentet fra: (BLIP Systems, 2013)

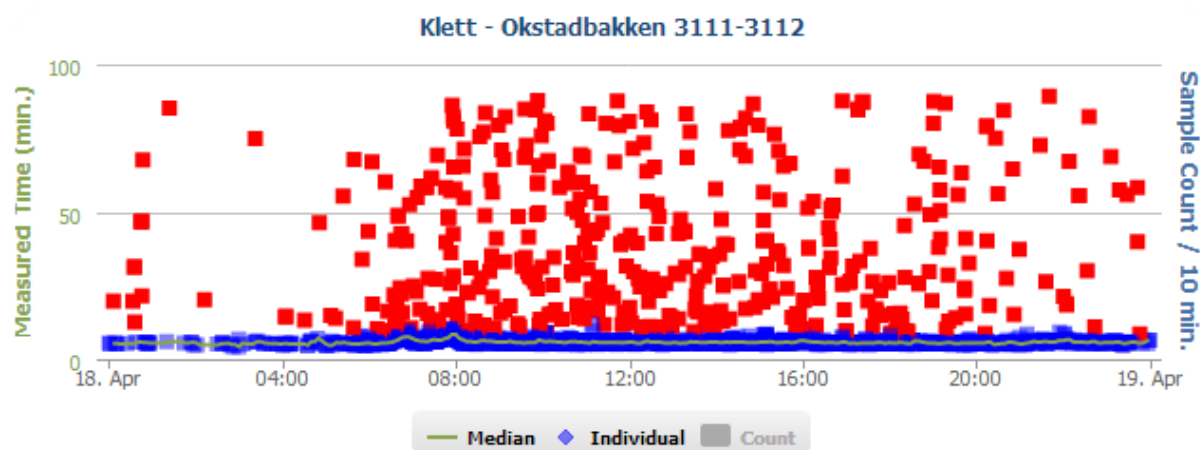
2.3.2.1 MULIGHETER

Det er mange muligheter for presentasjon av reisetids- og trafikkdata i BlipTrack. I hovedsak er det reisetid mellom sensorer som beregnes, men valgmuligheter for hvordan den skal beregnes er også tilstede. Brukergrensesnittet til BlipTrack er veldig intuitivt og enkelt å bruke. Figur 8 viser et eksempel på hvordan et «dashboard» i BlipTrack kan se ut. «Dashbordet» kan tilpasses av brukeren med informasjonen som er relevant. I brukergrensesnittet kan man opprette flere «dashbord», gjerne et for hver strekning, og man kan selv administrere det slik som man vil med den informasjonen som er ønsket Etter innlogging vises et «dashboard» som gir raskt oversikt over trafikksituasjonen i sanntid.. Systemet er integrert med Google Maps, som vist i figuren. Systemet består av mange muligheter for analytiske verktøy for både sanntidsdata og historiske data. Med sensorer utplassert i et område kan også brukeren selv opprette strekninger inne i BlipTrack for overvåking og analyse.



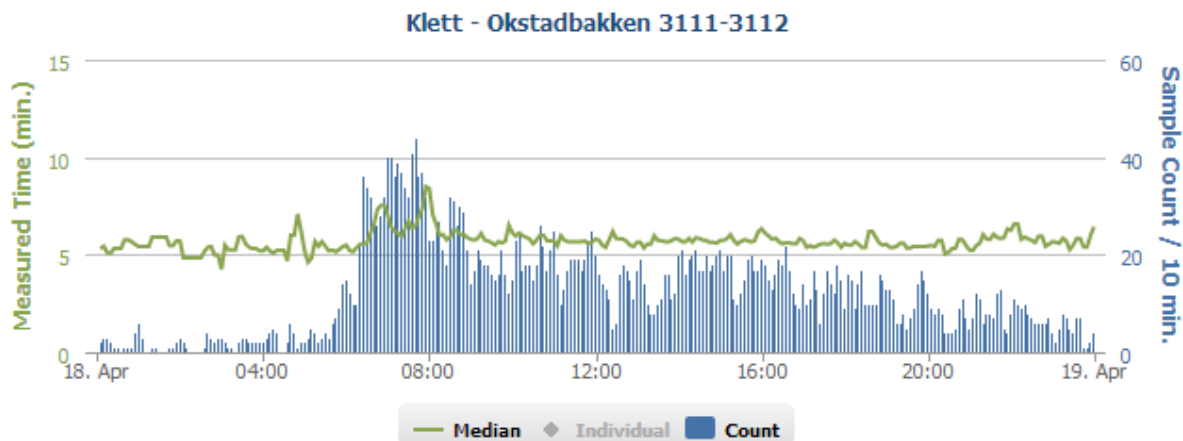
Figur 8 Et "dashboard" i BlipTrack

For en strekning blir reisetid, antall enheter/reiser detektert per tidsenhet og individuelle registreringer presentert. Grafen i figur 9 viser individuelle kjøretøy som har passert strekningen Klett-Okstadbakken mellom 18. og 19. april markert som punkter. Punktene er plassert i forhold til hvilken reisetid de brukte på strekningen til gitt klokkeslett på døgnet. De røde punktene er de som lukes ut av algoritmen som bestemmer hvilke av reisetidene som er reelle i forhold til strekningslengde, såkalte «outliers». De røde har sannsynligvis gjort et stopp, tatt en annen veg eller lignende mellom passering på Klett og Okstadbakken. Litt før klokken åtte vises en ikke uforventet økning i gjennomsnittlig reisetid grunnet mye trafikk.



Figur 9 Registreringer på Klett - Okstadbakken mellom 18. og 19. april

Figur 10 viser trafikken over samme tidsperiode som figur 9 . De blå stolpene i diagrammet viser antall blåtannenheter registrert over strekningen de siste 10 minutter. I tidsperioden rundt kl. syv ser man også en betydelig større mengde blåtannenheter registrert, som fører til kødannelse og høyere reisetid på strekningen.



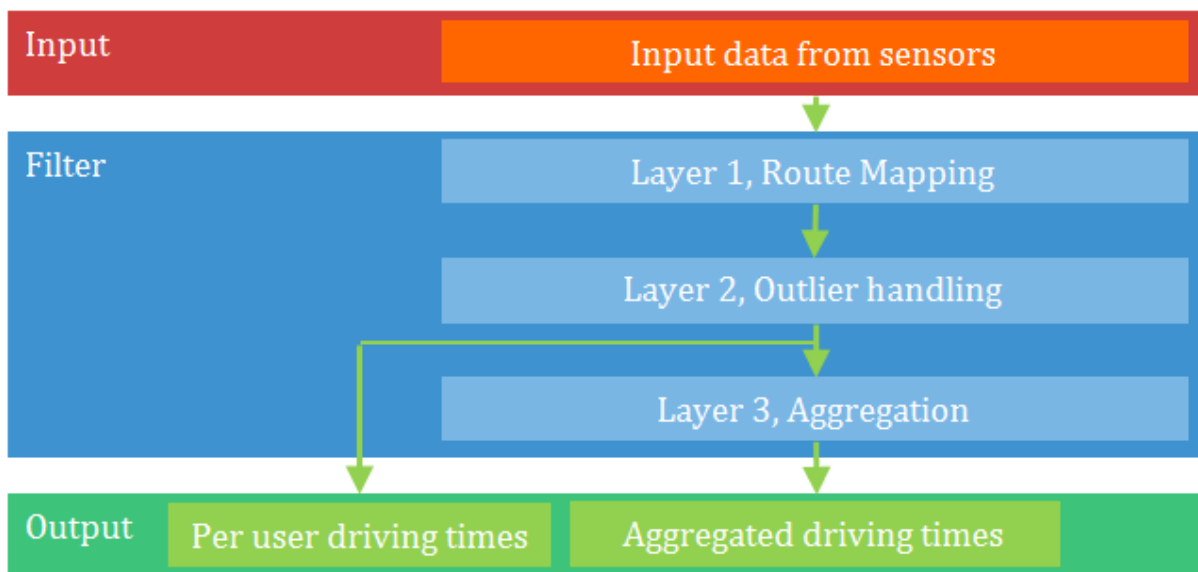
Figur 10 Antall registrerte enheter på Klett - Okstadbakken mellom 18. og 19. april

Via nettsiden kan data, både rådata og ferdig filtrerte data av BlipTrack, hentes ut og analyseres på egenhånd til CSV- eller XML-format. Data som kan hentes ut er alle detekteringer ved en sensor, og av hvilke antenner, samt alle reiser registrert med start- og sluttid.

2.3.2.2 Filtreringsalgoritme

Filtreringsalgoritmen i BlipTrack-serveren er delt inn i 3 lag, som vist i figur 11. Videre i kapitlet vil filtreringsalgoritmen presenteres i så detaljert grad som BLIP Systems gir brukerne.

BlipTracks filtreringsprinsipp er å analysere et sett med forhåndsdefinerte ruter. En rute kan ha to eller flere registreringspunkter. Blåtannenheter registrert ved alle punktene opp til det siste punktet i ruta inkluderes i beregningen. Blåtannenheter må også registreres først ved det første punktet, så ved det andre osv. Vanligvis består en rute kun av to punkter.



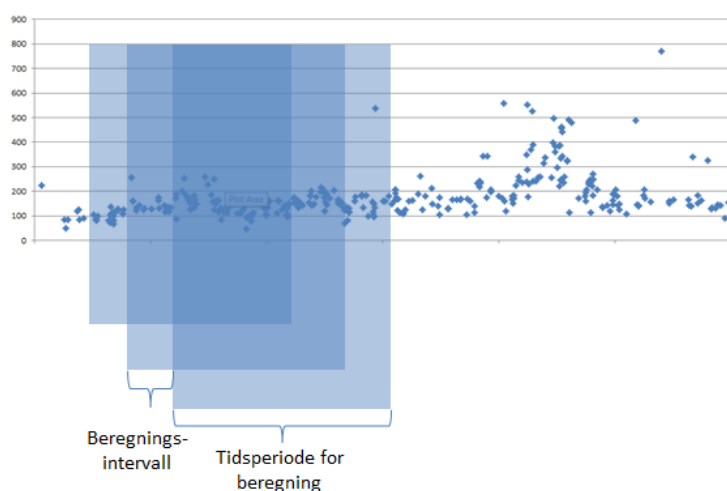
Figur 11 Lagene i BlipTracks Filtreringsalgoritme Hentet fra: (BLIP Systems, 2013)

Det første steget består av «Route Mapping Filter», som vil si kartlegging av rutene. Hovedfunksjonen til dette laget er å kartlegge MAC-adressene mellom sensorene. En rute består som regel av to sensorer, men en rute kan også inneholde flere sensorer. Kjøretøy må detekteres ved alle registreringspunktene fram til siste punkt for å bli inkludert i resultatet. Rutekartleggingen inneholder også andre filtre, som;

- «Direct Route contidton». Dersom en MAC-adresse oppdages hos andre sensorer i systemet som ikke tilhører den aktuelle ruten kan de elimineres. Påvisning hos andre sensorer kan være forventet, men kan også indikere andre vegvalg.
- «Start conditions». Flere avlesninger fra en sensor kan forekomme når et kjøretøy for eksempel tar en rundtur eller ligger i kø nært til en sensor. Denne funksjonen kan gjøre slik at enheter kun registreres med en rute hvis enheten starter i riktig retning.
- «Trigger conditions». Bestemmer hvilken tid enheten registreres ved sensoren.

Det neste laget, «Outlier Handling», er i stand til å filtrere ut de reisene med kjøretøy som har stoppet undervegs og de utført av syklistene og fotgjengere. Filtringen baseres på beregning av normal reisetid per enhet, som baseres på andre enheter som fullfører ruten i samme intervall. Hvis reisetiden til en enhet avviker fra normal reisetid ved aktuell tid vil reisen merkes som en «outlier» og inngår ikke videre i reisetidsberegningen. Det sees vanligvis på en tidsperiode på 10 minutter, og medianen til reisetidene registrert i løpet av dette intervallet beregnes. Intervallet det beregnes over brukes til å angi hvor hyppig medianen skal beregnes

Siste punkt i filtreringen er «Aggregation». BlipTrack er vanligvis konfigurert til å vise total reisetid over en tidsperiode, og reisetiden beregnes som medianen av reiser fullført i løpet av et intervall, typisk 10 minutter (tidsperiode for beregning). Medianen er den verdien som deler et utvalg i to deler slik at hver del har like mange elementer. Beregningsintervallet som settes bestemmer hvor ofte medianen skal beregnes, typisk 1 minutt. Se figur 12 for grafisk forklaring. Reisetiden i BlipTrack beregnes hovedsakelig som medianen av data i beregningsintervallet, men gir også mulighet inne i brukergrensesnittet å basere reisetiden på gjennomsnittet eller en gitt persentil.



Figur 12 Tidsperiode for beregning i BlipTrack

2.3 ERFARINGER FRA TIDLIGERE TESTER

I denne delen av kapittelet vil tidligere tester, både i Norge og til utlands, bli presentert. Resultatene fra testen i Trondheim høsten 2011 vil bli sammenlignet med resultatene som framkommer av ny test gjort i forbindelse med denne masteroppgaven.

Danmark ligger langt framme i testing og bruk av blåtann, og tre av de gjennomførte testene vil presenteres her. I tillegg blir en studie gjort i Washington, USA, omtalt. Til slutt vil alternativ bruk av blåtann i trafikksammenheng beskrives.

2.3.1 TRONDHEIM (ERIKSSON, 2012)

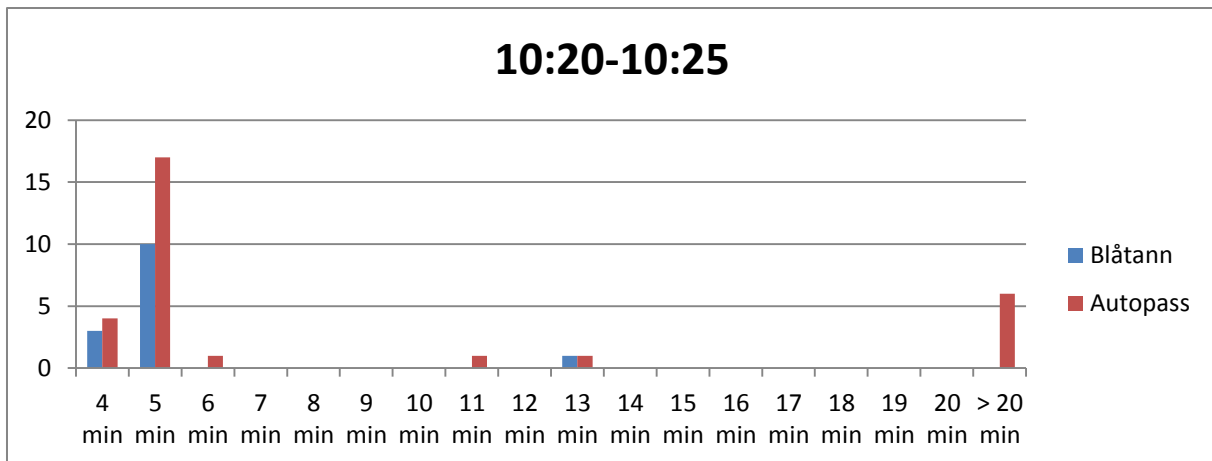
Høsten 2011 testet Statens Vegvesen blåtannteknologi som alternativ metode for registrering av reisetider. Prosjektet ble evaluert i samarbeid med Swarco, som stilte med produktet for registrering av blåtannenheter. Evalueringen av systemet skjedde ved sammenligning av reisetider registrert med AutoPASS og videoopptak. I tillegg til å teste registreringsevnen til blåtannsystemet ble det kartlagt hva slags data systemene kan levere og hvilke filter som eventuelt brukes for å filtrere ut data.

Testen ble gjennomført over en tidsperiode på 24 timer den 29. september 2011, hvor reisetidsdata fra både blåtannsensorer og AutoPASS ble samlet inn. Teststrekningen i prosjektet var Klett – Okstadbakken – Studentersamfundet, en del av E6 sør for Trondheim sentrum.

Reisetid fra AutoPASS- og blåtannsystemet ble testet og sammenlignet i en tidsperiode, 10.20-11.20, hvor det ble kjørt et uniformert kjøretøy fram og tilbake på strekningen. Kjøretøyet ble søkt opp i registreringsdataene ved hjelp av blåtannenhets og AutoPASS-brikkens id. Testen viste at registreringspunktet i begge systemene var nokså samtidig, kun med noen få sekunders forskjell. Ettersom reisetid vises i hele minutter har noen sekunders forskjell liten betydning.

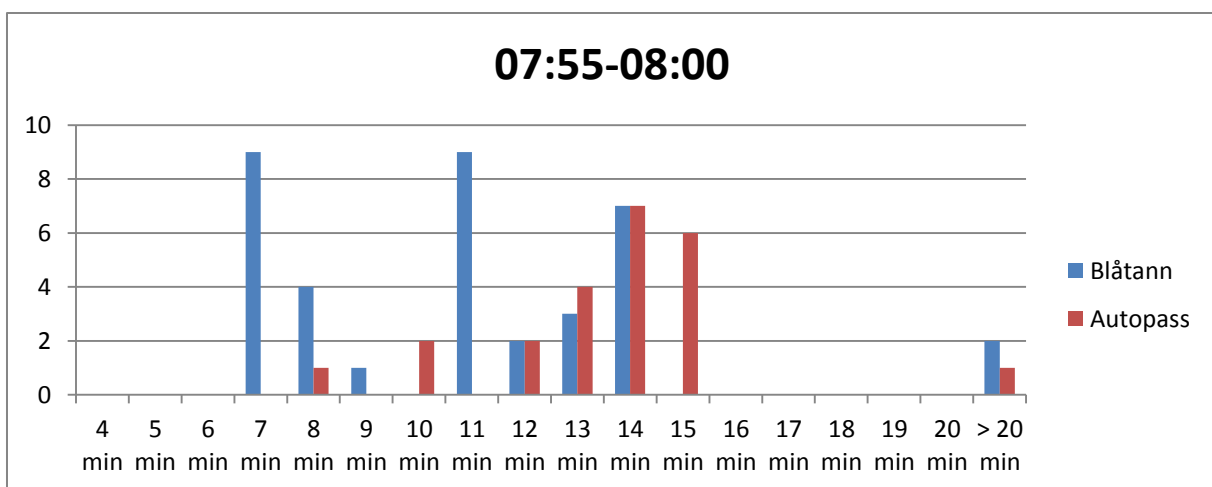
AutoPASS-systemet er koblet til variable trafikkskilt som viser reisetider på strekningen Klett-Okstadbakken-Studentersamfundet. Reisetiden som blir presentert for trafikantene er basert på den reisetid som flest kjøretøy har brukt, avrundet til nærmeste helminutt, på strekningen i løpet av de siste løpende 5 minuttene. For å sammenligne reisetidene beregnet med AutoPASS- og blåtannsystemet ble reisetidsdataene delt inn i 5-minuttersintervall. På delstrekningen Klett-Okstadbakken, med reisetidsdata mellom 10.00 og 12.00, viste sammenligningen ingen eller liten forskjell i hvilken reisetid som ble valgt i hvert intervall. Et typisk eksempel på registreringer i et 5-minuttersintervall vises i figur 13.

Figuren viser 5-minuttersintervallet 10.20-10.25, og her ser man at 5 minutter er den reisetiden flest kjøretøy har brukt.



Figur 13 Reisetider Klett - Okstadbakken 29. september 2011

Reisetidsdataene fra delstrekningen Okstadbakken-Studentsamfundet ble også delt opp i 5-minuttersintervall mellom 07.00 og 12.00. I rushtiden, mellom kl. 07.00 og 09.00, viste det seg at blåtannsensorene i perioder registrerte meget lavere reisetider enn hva AutoPASS gjorde. Et eksempel på dette er vist i figur 14, som viser reisetidsregistreringer mellom 07.55 og 08.00. En årsak til dette kan være på grunn av at det er sammenhengene kollektivfelt fra Kroppanbrua til Studentsamfundet. AutoPASS registrerer kun en enhet pr buss, mens bussen kan inneholde mange flere aktive blåtannenheter. I perioden mellom kl. 10.00 og 12.00 viste det ingen forskjell i hvilke reisetider som dominerte.



Figur 14 Reisetider Okstadbakken - Samfundet 29. september 2011

Det er antatt at 90 % av kjøretøyene på strekningen har AtuoPASS-brikke. I en timesperiode, 10.20-11.20, ble antall AtuoPASS-registreringer telt opp og man fikk da et estimat på antall kjøretøy på strekningen. 222 blåtannenheter ble registrert i perioden, noe som tilsier 58 % av totalt antall kjøretøy på strekningen hvis man antar en enhet pr kjøretøy.

Tabell 1 Antall registreringer av AutoPASS og blåtann

Antall kjøretøy	AutoPASS (%)	AutoPASS (#)	Blåtann (%)	Blåtann (#)
386	90 %	347	58 %	222

2.3.2 OSLO (HUSEBY & HAUG, 2012)

Høsten 2012 ble Norsk Regnesentral engasjert av Statens Vegvesen Vegdirektoratet for å se på bruk av blåtannteknologi til beregning av reisetid. Analysen er hovedsakelig basert på data fra blåtanntregistreringer ved to målepunkter på E18 vest for Oslo i løpet av to dager midt i august 2012.

Resultatene fra denne analysen viser i hovedsak at estimatene virker rimelige og stabile på dagtid når det er stor trafikk, men mer upålitelig om natten ved lav trafikk.

Det vil forekomme at blåtannenheter blir detektert flere ganger når de passerer et målepunkt siden blåtannantennen har en viss rekkevidde. I denne analysen ble passeringspunktet til en blåtannenheter definert til å være det tidspunktet som svarer til den sterkeste signalstyrken, som antageligvis vil være det tidspunktet hvor enheten er nærmest antennen. I et kjøretøy kan det befinne seg opptil flere blåtannenheter. Ved tett trafikk kan dette bli et problem i forhold til å avgjøre om to blåtannenheter befinner seg i samme kjøretøy, eller om det er to kjøretøy som kjører like ved hverandre. Hvis forskjellen mellom passeringstidspunktene for to enheter er under to sekunder ble de i analysen betraktet som ett kjøretøy. Med en differanse på maksimalt to sekunder viste resultatene at det aldri var mer enn fem enheter i samme kjøretøy. Dersom differansen ble økt til 10 sekunder kan så mange som åtte enheter befinne seg i samme kjøretøy.

Ved estimering av reisetid viser det seg at det er stor variasjon i hvor lang tid et kjøretøy bruker på strekningen mellom to målepunkt. For å estimere den mest typiske reisetiden i et gitt minutt ble reisetidene observert for de kjøretøyene som passerte endepunktet på vegstrekningen i løpet av de fem siste minuttene benyttet. Siden noen kjøretøy stopper undervegs eller av andre grunner bruker lengre tid enn normalt vil det ikke være hensiktsmessig å beregne gjennomsnittstiden av alle kjøretøy de siste fem minuttene.

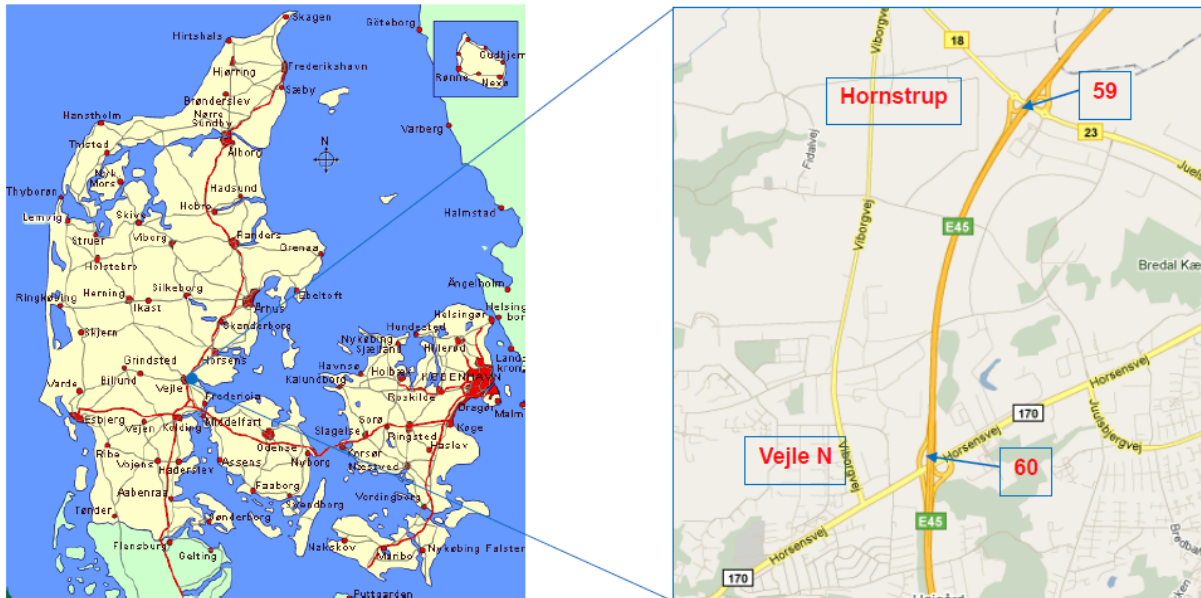
Estimering av reisetid er gjort ved å presentere reisetidene i et histogram og tetthetskomplott. Tyngdepunktet, den reisetiden som forekommer med høyest frekvens, er stort sett i underkant av 10 minutter, med unntak av rushtiden. Maksimal reisetid i retning mot Oslo ble i overkant av 50 minutter i morgenrushet og 25 minutter fra Oslo i ettermiddagsrushet. Observasjoner viste at man må minst ha fem sampler, utvalg av reisetider, for å få et rimelig godt estimat.

Om natten når det er liten trafikk er reisetidsestimatene basert på tyngdepunktet upålitelig. For å få mer stabile estimater bør man basere seg på observasjoner over et lengere tidsspenn enn fem minutter når trafikkvolumet er lavt.

2.3.3 VEJLE, DANMARK (RAZA & EGEMALM, 2012)

Hovedsaken i denne studien er å undersøke nøyaktighet og pålitelighet av reisetidsestimater basert på blåtanndata. Dette ble gjort ved å sammenligne hastighetsdata fra blåtannsystemet med data fra ANPR, nummerplategjenkjenning.

Strekningen testen ble utført på ligger i Danmark, på motorveg E45 ved Vejle, se figur15. Vegen består av to kjørefelt i hver retning, og fartsgrensen var i testperioden redusert fra 130 km/t til 80 km/t på grunn av pågående vegarbeider. Blåtannsensorene ble plassert ved kryss 59 og 60 om lag 3000 m fra hverandre, vist i figur15.

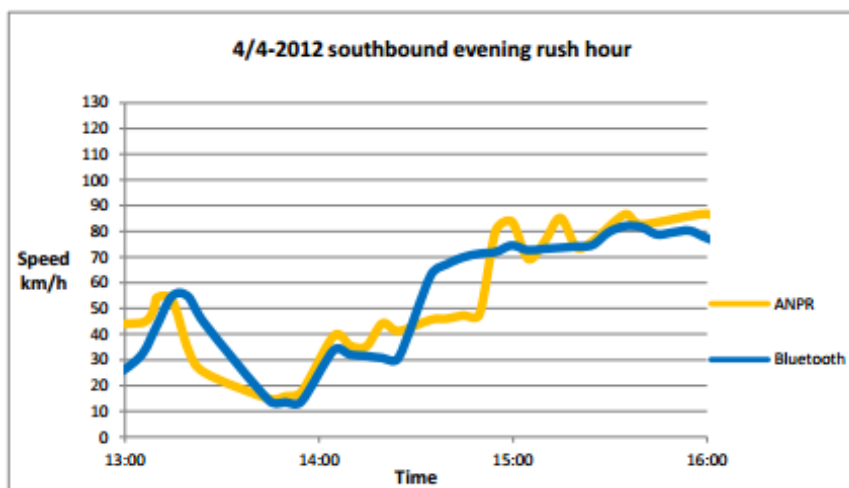


Figur 15 Teststrekning i Vejle

To ulike antenner ble brukt ved testing av blåtannsystemet, en med kort og en med lang detekteringslengde. De ble montert fast til to overgående bruer med tilgang på strøm ca. 7 meter over vegflaten. Resultatene avhenger av hvilken type antenne som brukes i forsøkene. Detekteringsraten av blåtannheter er betydelig høyere med en sensor utstyrt med en antenne med lang detekteringslengde, selv om den påståtte detekteringslengden fra produsent kun var halve i virkeligheten. Retningen antennen peker har også innvirkning på det endelige resultat, parallell posisjonering relativt til vegen leverte de beste resultatene.

Prøvetesting av utstyret viste en likhet på 95 % mellom blåtann og faktisk reisetid målt med stoppeklokke. Sammenligning av hastighetsdata viser god overensstemmelse mellom blåtann og ANPR. En liten forskyving ble funnet i omløpstiden av tilfeller rapportert av blåtannsystemet. Analyse av plottede data viser sammenfallende resultater fra blåtann- og ANPR-systemet. Sammenfallet av blåtann og ANPR ble funnet til å være mellom 80 og 86 %, noe som ansees høyt.

Et eksempel fra resultatene fra rushtidstrafikken vises i figur 16. Her ser man godt samsvar mellom de to kurvene for ANPR og blåtann, begge viser at kø har oppstått og at hastigheten går helt ned mot 10 km/t. Varigheten på trafikkorken er imidlertid rapportert litt lengre av ANPR-systemet.



Figur 16 Reisetidsregistreringer i rushtiden for både nummerplategjenkjenning og blåtann

Et av de største problemene denne studien ønsket å undersøke var om blåtannsystemet kan benyttes som et fullgodt system på lik linje med ANPR. Kvalitet og nøyaktighet i reisetidsberegninger er aller mest avhengig av antall oppfattede enheter i registreringen. Jo større antall enheter registrert, jo mer nøyaktig blir estimatet og jo nærmere punktprøvningsfrekvens er lik faktisk trafikkvolum, jo høyere nøyaktighet er det på reisetidene beregnet.

En telling av minutter hvor målinger gjort med systemene ble utført for å bedømme blåtannsystemet mot ANPR. Blåtannsystemets minuttelling sammenlignet med det absolutte antall minutter i løpet av prøvestrekningen varierte fra 54 til 61 prosent. Disse tallene er 22 % lavere enn for ANPRs minuttelling. Se tabell 2 for utfyllende resultater.

Tabell 2 Minuttelling av nummerplategjenkjenning og blåtann

Date	Total minutes	Bluetooth	ANPR	Bluetooth in %	ANPR in %
05.apr	1440	884	1188	61 %	83 %
06.apr	1440	783	1099	54 %	76 %

På vegger med liten trafikk er det vanskelig å få troverdige reisetider basert på blåtann teknologi på grunn av ytterligere redusert antall enheter med blåtann tilgjengelig for reisetidsberegning. Dette vil kanskje ikke være noe problem for vegger med høyt trafikkvolum siden sannsynligheten for antall enheter av blåtann som registreres er som følge av dette mye høyere. Denne svakheten kan bli en svakhet utenom rushtid. Selv en godt kjent og tidstestet teknologi som ANPR kan oppleve vansker med å fange troverdige reisetider utenom rushtid.

Artikkelen konkluderer til slutt med at blåtannbasert reisetidsberegning kan implementeres på vegger med et høyt trafikkvolum.

Hvilke algoritmer som benyttes for beregning av reisetid sier rapporten ikke noe om, etter produsentens ønske (Raza, Samtale, 2013).

2.3.4 AARHUS, DANMARK (ARAGHI, OLESEN, KRISHNAN, CHRISTENSEN, & LAHRMANN, 2012)

I Aarhus ble det gjennomført en test av pålitelighet hos blåtannsensorers detekteringsevne, samt betydningen av sensorenes plassering. Dette ble undersøkt ved at et kjøretøy utstyrt med 18 blåtannenheter kjørte på stekningen, vist i figur 17, mellom de to sensorene 74 ganger. Strekningen er 610 meter lang. Blåtannsensorene benyttet i testen ble levert av BLIP Systems.



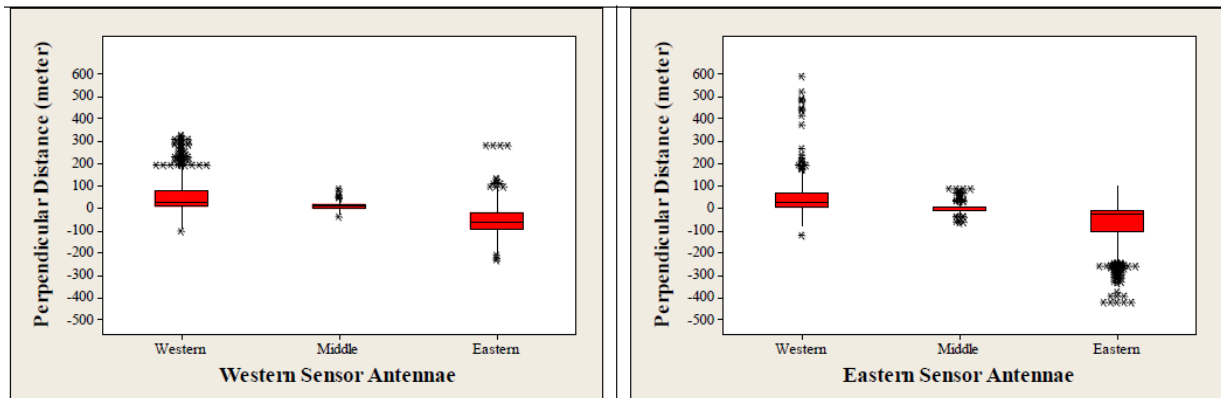
Figur 17 Teststrekning i Aarhus

Blåtanns detekteringspålitelighet er definert som prosentandelen av de 18 enheter som blir registrert av blåtannsensoren i løpet av alle de 74 turene. Analysen av turene viste at blåtannenheter ble registrert gjennomsnittlig 80 % av tiden, men var helt nede i 7 % ved noen tilfeller.

Av de 18 enhetene var 4 av de smarttelefoner. Analysen viste at smarttelefonene generelt hadde en lavere detekteringsgrad i forhold til tradisjonelle mobiltelefoner. En årsak til dette kan være at en smarttelefon har flere muligheter som avansert batteristyring og sikkerhetsinnstillinger.

Det viste seg at påvisning av blåtannenheter er lavere når kjøretøyet kjører i en retning i forhold til motsatt retning for hver sensorlokasjon. Årsaken til dette er avstanden til sensoren fra vegkanten, samt antennekonfigurasjon. Detekteringsgraden til den østre sensoren er tilnærmet 1,55 ganger høyere enn for den vestre. Forskjellen hos sensorene kan forklares ved sensorenes plassering, og antennesensorenes konfigurering, ved vegen eller på grunn av vegens ulike geometri ved sensorene.

Figur 18 viser fordelingen over posisjon ved detektering hos de to sensorene, og hos de tre tilhørende antennene. Rekkevidden til sensorene er opptil en halv kilometer, noe som illustreres i figuren hos den østre sensoren. Antennen i midten viste seg å ha en mindre rekkevidde, noe som gir høyere nøyaktighet i reisetidsberegningene. Antennen har imidlertid også lavere antall registreringer, nede i 10 %, noe som gjør at det strides mellom nøyaktighet og pålitelighet.



Figur 18 Oversikt over posisjon ved detektering

2.3.5 AALBORG, DANMARK (ARAGHI, CHRISTENSEN, KRISHNAN, & LAHRMANN, 2012)

I hovedsak har forskning på bruk av blåtann i ITS fokusert på i forbindelse med beregning av reisetid på høytrafikkerte motorveger, hvor det er liten grad av blandet trafikk (f. eks. motoriserte kjøretøy, syklist og forgjengere). Araghi et al. (2012) gjorde et forsøk på å utvikle en metode for å estimere reisetid for ulike reisemidler ved bruk av blåtanndata under friflyt trafikk.

For å skille mellom sykler og motoriserte kjøretøy ved bruk av blåtanndata kan klassifiseringsmetoder være en mulig løsning. For hver MAC-adresse som detekteres får man informasjon om detekteringstidspunkt, radiosignalstyrke og hvilken type enhet der er. Metoden som ble anvendt i denne forskningen for klassifisering baserte seg på objektgruppering. To hovedhypoteser ble fastlagt som tar sikte på å teste muligheten til å klassifisere MAC-adresser inn i to grupper, syklist og motoriserte kjøretøy.

Hypotese 1: Ulik reisetid

$$H_0: \mu_{gruppe(i)} = \mu_{gruppe(j)}$$

$$H_1: \mu_{gruppe(i)} \neq \mu_{gruppe(j)}$$

$\mu_{gruppe(i)}$ er gjennomsnittlig reisetid i gruppe i. H_0 indikerer at gjennomsnittsreisetiden i begge grupper er like, og H_1 indikerer at gjennomsnittsreisetiden er ulike.

Hypotese 2: Ulik fordeling av blåtannheter

For å kunne evaluere den første hypotesen ble hypotese 2 utarbeidet. Hypotesen fokuserer på fordelingen av ulike typer enheter som blir registrert. Noen typer enheter benyttes kun av et spesifikt reisemiddel, eks. handsfree i biler. I alle grupper vil fordelingen av type enheter testes.

For å fjerne data som ikke er relevant for beregning av reisetid, f. eks de som stopper underveis, filtreres dataene basert på et øvre og nedre fartsnivå. Kjøretid for bilister må ligge mellom hastigheten for fotgjengere og to ganger friflythastighet for vegen, som er 120 km/t.

Et feltforsøk ble gjennomført for å evaluere blåtanns evne til å estimere reisetid for ulike reisemidler. Tre statistiske grupperingsteknikker, hierarkisk, K-gjennomsnitt og to-steg ble testet på datamaterialet som ble innsamlet. Teknikkene er alle i stand til å klassifisere blåtanndata i ulike reisemiddelsklasser. Resultatene fra alle tre metodene viste seg å være veldig ulike, så det var ikke nok bevis for prioritering av dem. Det ble også oppfattet et mønster for type blåtannenhet hos forskjellige reisemidler. I denne sammenhengen kan man altså benytte enhetstype som en kilde for klassifisering av trafikk.

2.3.6 WASHINGTON, USA (MALINKOVSKY, WU, WANG, & LEE, 2009)

I 2009 utførte Malinkovsky et al. (2009) en studie på blåtann-basert datainnsamling av reisetid. De brukte data fra Nummerplategjenkjennelse, ANPR, metoden med pålitelige reisetidsmålinger, og sammenlignet med data innhentet basert på blåtante teknologi.

Strekningen brukt i analysen ligger i staten Washington, USA, vises på kart i figur 19. Det er en ca. 1,6 km lang strekning, med en årstdøgnstrafikk på om lag 50 000 kjøretøy.



Figur 19 Teststrekning i Washington

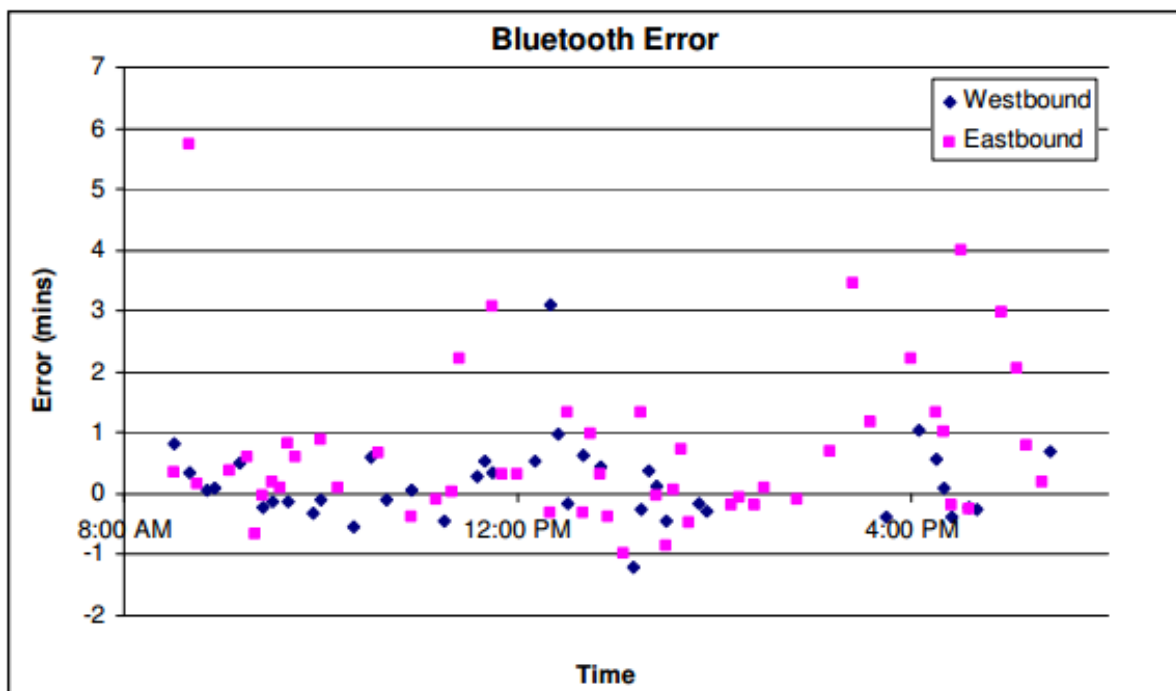
ANPR-systemet var tidligere installert på strekningen. Blåtannsensorer ble montert langs vegen på skiltstolper hvor sensorene ble rettet ut mot vegen, så nærme som ANPR-systemet som mulig.

Detekteringstidspunktet for ANPR og blåtann kan være ulike. Detekteringssonen for blåtannsystemet er mye større enn hva det er for ANPR, som er tilnærmet lik et punkt. Siden en blåtannenhet detekteres opptil flere ganger av en sensor må det tidspunktet som gjelder i beregningen av reisetid defineres. Tidspunktet t , når en blåtannenhet er detektert, er i denne testen definert som det tidspunkt hvor enheten detekteres for første gang.

Av alle reisetidene som registreres kan man forvente at en andel ikke vil være representativ for reisetiden på strekningen i aktuelt tidspunkt. I området ved strekningen er det i tillegg til kjøretøy også syklist og fotgjengere som kan bære med seg blåtannheter. Siden strekningen er relativt kort kan en streng terskel settes for å filtrere ut lange reisetider. En terskel ble i denne testen satt til 8 minutter, noe som luker ut alle fotgjengere. Selv om syklist kan benytte en reisetid på 8 eller færre minutter er det en annen trase som fungerer som hovedsykkelveg, som er for langt unna til å kunne fanges opp av sensorene.

Data fra både ANPR og blåtann ble samlet inn i løpet av 9 timer på fredag 24. juli 2009. Til sammenligning med data samlet inn av blåtannsensorer var data fra ANPR-systemet for begge retninger totalt 25 ganger høyere på strekingen. Reisetidsfordelingen for begge systemene viste seg å være vesentlig ulike, og blåtanns varians viste seg å være betydelig høyere enn for ANPR. Dette kan skyldes et større detekteringsområde for blåtann enn for ANPR.

ANPR er et pålitelig system, og ble antatt for å representere den riktige reisetiden. I figur 20 vises blåtanns feilfrekvens som en funksjon av tidspunkt. Positiv feil antyder overestimering av reisetid og negativ feil antyder underestimering. Ser at det er en helning mot overestimering, med en gjennomsnittlig feil på 0,16 minutter for vestgående og 0,69 minutter for østgående retning. Det bør nevnes at blåtannsensoren er plassert lengre unna enn ANPR-systemet, noe som naturlig gir høyere reisetid.



Figur 20 Blåtanns feilfrekvens som funksjon av tidspunkt

I tillegg til å se på reisetid basert på blåtann- og ANPR-data ble to typer antenner, rundtstrålende og retningsspesifikk, testet for å fastslå effekten av antennevalg for innsamling av reisetidsdata. Retningsspesifikke antenner oppnådde betydelig mindre data på grunn av begrenset rekkevidde. Rundtstrålende antenner gav mer nøyaktig gjennomsnittlig reisetid, til tross for stort deteksjonsområde. Dette skyldes det faktum at retningsbestemte antenner fanger lettere opp saktegående kjøretøy. Når

detekteringsområdet er mindre vil raske kjøretøy oppholde seg kortere tid i området, noe som reduserer sjansen for deteksjon.

Malinkovsky et al. konkluderer med at blåtannsensorer tilsynelatende er en delvis egnet erstatning for ANPR-sensorer på testens strekning, Selv om dataomfang er betydelig mindre enn det som oppnås ved ANPR-systemet, er det tilfredsstillende representativt ved de gitte forholdene, med en liten forskyvning mot tregere kjøretøy som skyldes ytterligere framkomstmidler eller utilstrekkelig størrelse på deteksjonsområdet.

2.3.6 ALTERNATIV BRUK AV BLÅTANN

Styring av trafikklys

I Danmark har Cowi siden mai 2012 samlet inn trafikkdata fra lyskryss ved hjelp av blåtannenheter i passerende kjøretøy. De sitter nå med store mengder data som viser at trafikklysenes fasetider ikke er innrettet etter virkeligheten, men etter upresise antagelser.

Prosjektet omfatter ti tungt trafikkerte lyskryss i Århus, Randers, Køge, Ribe og København med datainnsamling fra over 100 målepunkter. Data samles opp hovedsakelig fra blåtann og beregner svingeandeler i lyskryssene. For å få en optimal regulering på lyskryss benytter de de innsamlede dataene til å tilpasse lyssignalene til køene. Blåtannsystemet kan måle svingeandelene i et kryss.

For at dataene skal være representative må en viss andel av trafikantene ha en aktivert blåtannenheter. Basert på erfaringer har Cowi kommet fram til at en andel på 20 % vil i de aller fleste sammenhenger være mer enn godt nok. I Randres har det vist seg at 23-28 % av de forbipasserende innehar en blåtannenheter (Ramsdal, 2013).

OD-matriser

Blåtann kan også benyttes til etablering av OD-matriser. Ved å plassere ut sensorer i et område kan man med hjelp fra blåtannenheter finne ut hvilke ruter kjøretøy velger. Trafikkvolum kan bestemmes, og hvor store andeler som ut eller inn av områder. I tillegg kan man se på hvor lenge en enhet forblir innenfor et område, som for eksempel i byer.

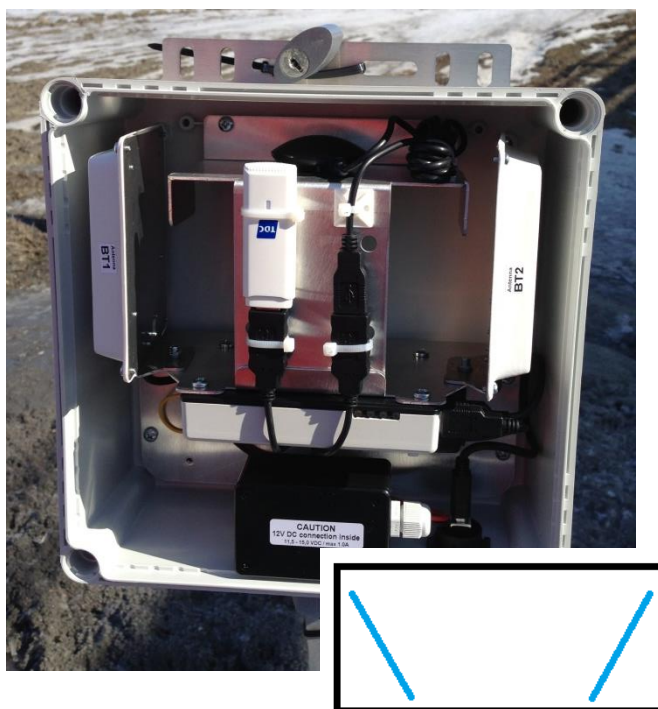
KAPITTEL 3 – TEST AV BLIPTRACK

En ny test av blåtann var ønsket fra Vegdirektoratet ITS-Seksjonen siden den forrige testen ikke gav de ønskede resultatene. Etter at BLIP Systems var i Norge og presenterte sitt produkt ble det bestemt at en ny test av blåtann skulle gjøres. Denne masteroppgaven er en del av den planlagte testingen som skal gjøres i Trondheim.

For å gjennomføre en ny test av reisetidsregistrering med blåtann i Trondheim må en del utstyr på plass før man kan innhente data. Trafikkteknisk Senter, TTS, ved NTNU bestilte systemet og blåtannsensorer fra BLIP Systems i Danmark gjennom en forsknings- og utdanningsavtale med Statens Vegvesen. Firmaet har tidligere vært i Norge for å presentere utstyret sitt for blant annet Statens Vegvesen, TTS, SINTEF og flere kommuner, hvor de viste til gode resultater fra tester med utstyret.

3.1 OPPSETT AV SYSTEMET

Fra BLIP Systems ble det tilsendt seks BlipTrack-sensorer, hvorav tre mobile med eget batteri og de tre andre må monteres opp og kobles til strøm. BlipTrack-sensoren kobles til et modem for å kunne sende registreringer av blåtannenheter til et baksystem. Plassering av sensoren kan være betydningsfull for registreringsevnen. De to antennene, hvite bokser plassert helt til høyre og venstre i sensoren (se figur 21), har ved alle plasseringene i testen blitt skråstilt slik at de får best mulig dekning over kjørebanelen. Nede til høyre på figuren er sensoren med antennenenes omtrentlige vinkel vist ovenfra.



Figur 21 Sensor fra BlipTrack og antennenenes vinkling

I figur 22 vises sensorenes plassering:

1. Klett
2. Okstadbakken
3. KissNGo
4. Kroppanbrua
5. Omkjøringsvegen
6. Kongsvegen

Plasseringene blir videre i oppgaven blir omtalt som de er navngitt over.

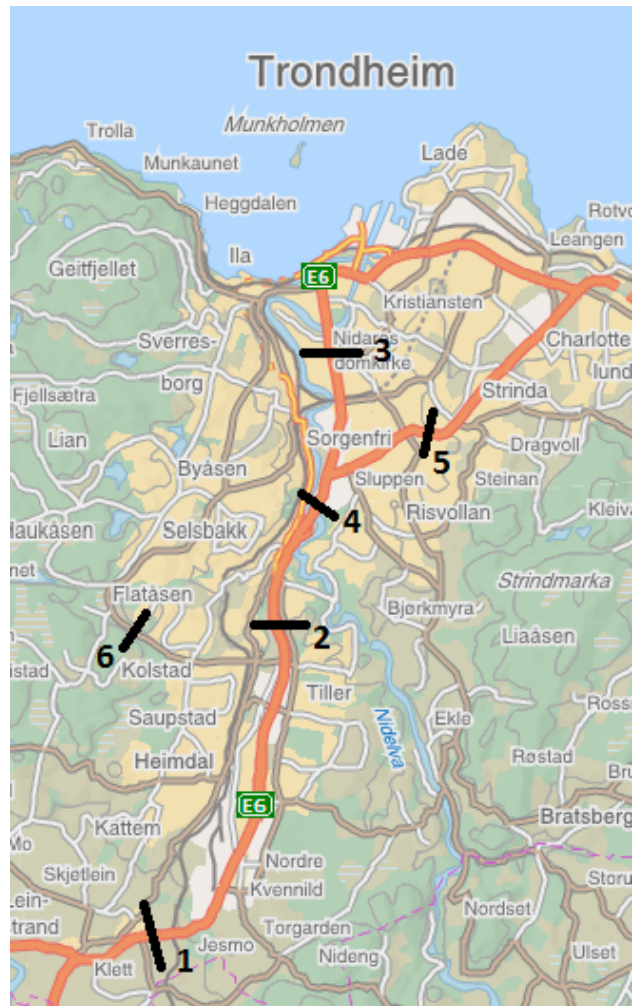
I første omgang ble de mobile sensorene satt ut på Klett, Okstadbakken og KissNGo ved Studentersamfundet. Ved disse punktene hentes det også reisetidsinformasjon med AutoPASS-systemet, noe som gjør det mulig å sammenligne med resultatene man får fra BlipTrack. Etter om lag to uker ble sensorene avhengig av strøm montert opp ved Klett, Okstadbakken og KissNGo, og de mobile ble da flyttet til Kroppanbrua, Omkjøringsvegen og Kongsvegen.

Plasseringene Kroppanbrua, Omkjøringsvegen og Kongsvegen inngår ikke i AutoPASS-systemet. Etter råd fra leverandøren plasseres blåtannsensoren med 5 meters avstand fra AutoPASS-antennen. Dette for å sikre at det ikke blir forstyrrelser mellom de to systemene. I tillegg er det om å gjøre å få plassert sensoren parallelt med vegen, slik at sensoren får best mulig rekkevidde over vegen.

Arbeid langs veg krever kurs i HMS/Arbeidsvarsling. Et mindre omfattende kurs enn for ansatte i Statens Vegvesen tilbys studenter ved faget Trafikksikkerhet og risiko, noe også undertegnede har bestått. Det er viktig å ta forhåndsregler når det skal settes ut utstyr ved vegbanen. En hovedregel er alltid å følge med på trafikken, ikke vende ryggen til den. Det er også viktig å gjøre seg synlig med arbeidsklær med reflekser.

Det er en viss fare for at noe kan skje med de mobile enhetene siden de står innenfor rekkevidde for folk. Kassen som oppbevarer batteriet er kun låst med en kjetting rundt tilgjengelige stolper eller lignende.

På Klett er sensoren plassert ved siden av nordgående kjørefelt. Figur 23 viser plassering til den mobile til høyre og fastmontert til venstre. 5 meter nordover er en portal plassert over vegen, som AutoPASS-antennene er montert i. Vegen består kun av to kjørefelt, ca. 8 meter, slik at man kan anta at blåtannantennene vil registrere godt over begge kjøreretninger.



Figur 22 Sensorenes plassering



Figur 23 Sensorplassering på Klett

Blåtannsensoren plassert på Okstadbakken vises i figur 24, med plassering av den mobile til venstre og fastmontert til høyre. Figuren viser E6 retning sør. Her er det 4-feltsveg med midtdeler. Antennen står rett ved siden av feltene som går nordover. Vegen er 30 m bred. Bredder og midtdeler gjør det usikkert om vi får like gode data fra sørgående kjøretøy.



Figur 24 Sensorplassering på Okstadbakken

Ved Studentersamfundet i Trondhjem, KissNGo, er sensoren også plassert ved siden av nordgående kjørebane. Rett etter plasseringen av antennen er det et lyskryss, med innkjøring til St. Olavs Hospital i vest, se til venstre i figur 25. Kjørefeltet nærmest antennen er kollektivfelt. Hvis en buss som kjører mot sentrum møter på rødt lys i krysset er det en mulighet at den sperrer for blåtannsensoren, slik at den ikke klarer å fange opp blåtannenheter. AutoPASS-antennen er plassert i portalen som vises til venstre i figuren.



Figur 25 Sensorplassering KissNGo

Figur 26 viser plasseringen til den mobile enheten ved Kroppanbrua. Sensoren er plassert til høyre for sørgående retning. Spennet over vegen er på ca. 28 meter, med atuovert mellom de to kjøreretningene. Om autovernet vil ha en påvirkning for registreringer fra nordgående kjørefelt er usikkert.



Figur 26 Sensorplassering ved Kroppanbrua

Plassering av sensor i Omkjøringsvegen vises i figur 27, til høyre for vestgående kjøreretning. Rett bak sensoren er det en trafostasjon med en lomme ved siden av vegen mulighet til å parkere i. Dette gjorde det lettere å få plassert ut sensoren på en høyt trafikkert veg. Vegen har to kjørefelt i hver retning og er totalt ca. 19 meter bred. Mellom kjøreretningene er det plassert en midtdeler i betong som kan påvirke registreringsevnen i østgående kjørefelter.



Figur 27 Sensorplassering i Omkjøringsvegen

I Kongsvegen er sensoren plassert som vist på figur 28. Sensoren står til høyre for kjørefeltet mot vest innover til Granåsen. Veggen er ca. 9 meter bred i snittet ved sensorens plassering.



Figur 28 Sensorplassering i Kongsvegen

Med systemet plassert ut på de 6 lokasjonene kunne informasjon hentes ut gjennom BlipTracks nettside. AutoPASS-systemet er som nevnt også tilknyttet de samme punktene på Klett, Okstadbakken og KissNGo. Firmaet Ciber håndterer data som samles inn gjennom AutoPASS, og de sender data på forespørsel. Det er også mulig å hente ut 5-minutters aggregerte data gjennom Statens Vegvesens internside for reisetider.

Data registrert av blåtannsensoren videreføres direkte til BlipTracks baksystem, og data kan studeres enkelt via deres nettside eller lastes ned i Excel-format.

3.1.1 EGNE OBSERVASJONER

Det ble gjennomført en test langs strekningen Klett-KissNGo tirsdag 23. april i ettermiddagsrushet mellom 14.50 og 16.40. Totalt ble strekningen kjørt 6 ganger, 3 i hver retning. I kjøretøyet var 4 enheter med kjente MAC-adresser plassert. Fra nettsiden til BlipTrack er det ikke mulig å hente ut data med tilhørende MAC-adresser, derfor måtte det sendes direkte fra BlipTracks support.

For å bruke blåtannteknologi til beregning av reisetider stilles det krav til andel av reisene som blir registrert slik at tidene beregnet faktisk er representativ. Det er en generell oppfatning at registreringsandelen av reiser bør være 5 % for at det blir representativt for aktuelt tidsintervall (Haugen, 2013). På strekningene antas det 90 % av kjøretøyene bruker AutoPASS, og innsamling av data ved bruk av AutoPASS-teknologien er pålitelig. Sammenligning av data fra AutoPASS og blåtann vil gi svar på hvor pålitelig blåtannsystemet er og om det er nok belegg for videre bruk i reisetidsberegninger.

Mellom Okstadbakken og Kroppanbrua, ca. 2,4 km mellom registreringspunktene, er det tre kjørefelt i hver retning. I rushtiden er det vanligvis kødannelse på denne strekningen, og det antas å være forskjell i reisetid for de ulike feltene. I morgenrushet blir det kø innover mot Trondheim, og det kan være store forskjeller i reisetid for de som skal inn til Midtbyen og de som tar av til Omkjøringsvegen. Det samme gjelder for ettermiddagsrushet, hvor det blir kø i nordgående felt i Okstadbakken. På toppen av Okstadbakken er det mulig å ta av til venstre, noe som gjør at det blir ulik reisetid i de forskjellige kjørefeltene. Blåtannsystemet gir mulighet til å undersøke reisetiden på de ulike feltene ved å fange opp kjøretøy ved Klett/Kongsvegen eller KissNGo/Omkjøringsvegen som også har blitt registrert på strekningen Omkjøringsbakken – Kroppanbrua.

3.2 RESULTATER

Resultatdelen består av ulike observasjoner og analyser. Overvåkning av data registrert med blåtannsensoren på nettsiden til BlipTrack har situasjoner oppstått hvor data kan undersøkes nærmere.

3.2.1 PERIODER OG ANALYSER

Analyser av innsamlet trafikkdata er gjort over flere dager. Det er ingen årsak til dette, annet enn at perioden med utvalgte data er tiden rett etter at systemet ble satt opp, med alle sine seks sensorer. Tirsdag 23. april har data over reisetider registrert manuelt og reisetid registrert på kjente blåtannenheter blitt sammenlignet og analysert. Over nesten en uke, 23.-28. april, ble totalt antall reiser i løpet av døgnet summert, både med AutoPASS- og blåtannsystemet og sammenlignet. En sammenligning av reisetider over 5-minuttersintervall for AutoPASS og blåtann på strekningene Klett – Okstadbakken og Okstadbakken - KissNGo ble utført i løpet av to timer 25. april. Reisetid for de ulike kjørefeltene på strekingen Kroppanbrua – Okstadbakken ble analysert på grunnlag av innsamlet blåtanndata 26. og 30. april. Over hele perioden data har blitt samlet inn har det dukket opp situasjoner i BlipTracks nettside som ble analysert nærmere.

3.2.1 REISETIDER, BLÅTANN VS. MANUELL REGISTRERING

Testen gjennomført på strekningen mellom Klett og KissNGo med totalt 4 blåtannenheter med kjente MAC-adresser. Tidspunktene for passering av punktene ble notert manuelt underveis slik at de kunne sammenlignes med tidene blåtannsystemet gir. ID-nummeret til AutoPASS-brikken burde vært kjent i denne testen, slik at man også kunne sammenlignet med reisetiden den registrerte. BLIP Systems sendte over alle registreringer fra antennene, og det viste seg at kun en av enhetene var fanget opp av BlipTrack-sensorene. Etter korrespondanse med Søren Ulrik ved BLIP Systems viste det seg at dette var grunnet innstillinger på telefonene. Telefonene var av merket Samsung, og for at de skal være synlige for antenne må man under innstillinger for blåtann sette en «Visible Time-out». Selv om blåtann er skrudd på er smarttelefoner ofte ikke standard «Visible/Discoverable». Dette var dessverre ikke gjort på Samsungtelefonene, og de ble ikke fanget opp av sensoren. Enheten som ble fanget opp var en påskrudd PC.

Tabell 3 viser et eksempel på registreringer gjort av sensoren plassert i Okstadbakken. Her har blåtannenheten blitt registrert to ganger, en gang av hver antenne i sensoren. For å avgjøre hvilken registrering som blir benyttet videre i reisetidsberegningen ser man på RSSI, *Received signal strength indication*, til registreringen. Signalet er sterkere desto nærmere tallet beveger seg mot 0. Dersom to registreringer har samme RSSI-verdi velges normalt den første registrering, men dette er konfigurerbart (Ulrik, 2013). For en mer presis registrering jobber BLIP Systems også med en algoritme der man ser på begge antenner og finner et punkt midt mellom de to antennene i sensoren. Siste kolonne i tabellen viser maksimal RSSI til signalet, og i dette tilfellet ved Okstadbakken kan registreringen tidsstemples til 15:55:33.

Tabell 3 Registreringsdata fra blåtann

ANTENNA	DEVICEADDRESS	ENTERTIME	MAXRSSI TIMESTAMP	LEAVETIME	MAXRSSI
3214_2	50B7C363176E	23.04.2013 15:55	15:55:33	23.04.2013 15:55	-67
3214_1	50B7C363176E	23.04.2013 15:55	15:55:33	23.04.2013 15:55	-64

De fire kommende tabellene, 4-7, viser tidene blåtannheten ble registrert på punktene KissNGo, Okstadbakken og Klett.

Tabell 4 Reisetidsregistreringer KissNGo-Okstadbakken

KissNGo - Okstadbakken

	Passering KissNGo		Passering Okstadbakken		Reisetid	
	Blåtann	Manuelt	Blåtann	Manuelt	Blåtann	Manuelt
1. tur	14:50:50	14:51:54	14:57:12	14:58:16	00:06:22	00:06:22
2. tur	15:29:11	15:30:12	15:37:23	15:38:21	00:08:12	00:08:09
3. tur	16:07:37	16:08:39	16:16:10	16:17:15	00:08:33	00:08:36

Tabell 5 Reisetidsregistreringer Okstadbakken-Klett

Okstadbakken - Klett

	Passering Okstadbakken		Passering Klett		Reisetid	
	Blåtann	Manuelt	Blåtann	Manuelt	Blåtann	Manuelt
1. tur	14:57:12	14:58:16	15:04:28	15:05:33	00:07:16	00:07:17
2. tur	15:37:23	15:38:21	15:46:49	15:47:52	00:09:26	00:09:31
3. tur	16:16:10	16:17:15	16:24:05	16:25:00	00:07:55	00:07:45

Tabell 6 Reisetidsregistreringer Klett-Okstadbakken

Klett - Okstadbakken

	Passering Klett		Passering Okstadbakken		Reisetid	
	Blåtann	Manuelt	Blåtann	Manuelt	Blåtann	Manuelt
1. tur	15:12:58	15:14:03	15:18:42	15:19:45	00:05:44	00:05:42
2. tur	15:49:56	15:51:00	15:55:33	15:56:37	00:05:37	00:05:37
3. tur	16:26:28	16:27:33	16:32:28	16:33:32	00:06:00	00:05:59

Tabell 7 Reisetidsregistreringer Okstadbakken-KissNGo

Okstadbakken - KissNGo

	Passering Okstadbakken		Passering KissNGo		Reisetid	
	Blåtann	Manuelt	Blåtann	Manuelt	Blåtann	Manuelt
1. tur	15:18:42	15:19:45	15:25:43	15:26:48	00:07:01	00:07:03
2. tur	15:55:33	15:56:37	16:03:36	16:04:38	00:08:03	00:08:01
3. tur	16:32:28	16:33:32	16:38:57	16:40:02	00:06:29	00:06:30

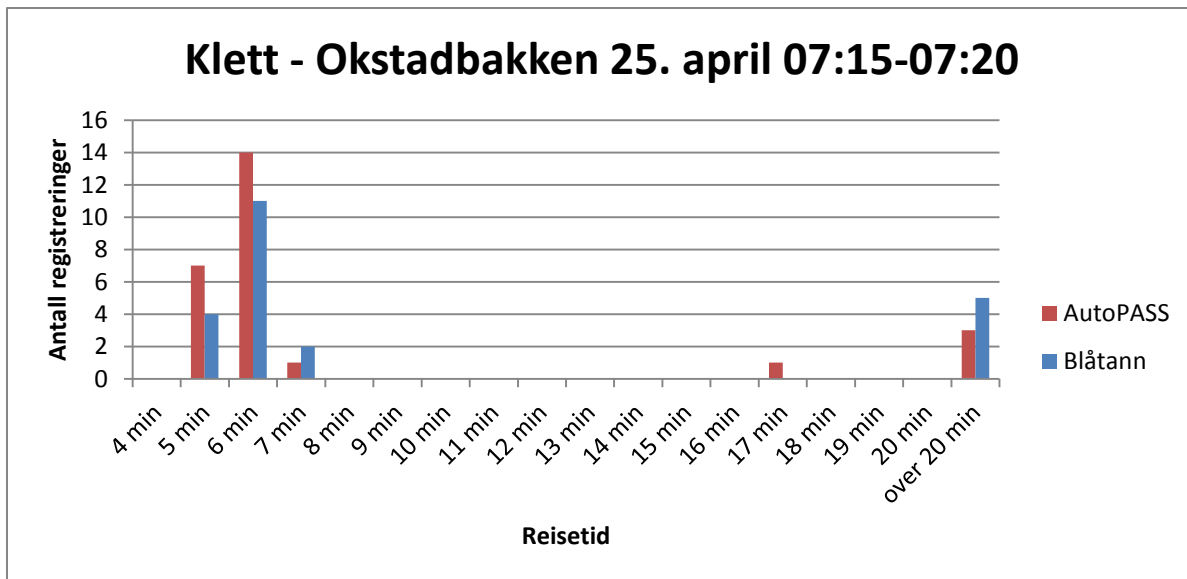
Sammenligning av de to datasettene viser en forskjell i registreringstidspunkt. Blåtannsensorene har som tidligere nevnt et større detekteringsområde enn det AutoPASS har, så noe ulikhet i tid var forventet. Ser av tabellene over at reisetiden er svært lik ved alle tilfeller, men at registreringstidspunktene er forskjøvet nesten ett minutt i forhold til hverandre. Det skyldes nok at klokkeene ikke var synkroniserte.

En årsak til forskjellig passeringspunkt for blåtann og AutoPASS ved KissNGo er at dette punktet ligger rett ved et lyskryss. Her er det stor mulighet for at et kjøretøy må stoppe opp en stund på grunn av rødt lys. Ytterste felt i begge retninger er det kollektivfelt, så busser blir også stående på rødt lys. Hvorvidt dette skjermer for signalene fra blåtannenhetene finnes det ikke grunnlag for å konkludere med. Det passeringspunktet som blåtann gir kan være ulikt fra det som ble registrert manuelt siden man ikke helt vet hvor og når blåtannenheten fanges opp av sensoren.

3.2.3 REISETIDER, BLÅTANN VS. AUTOPASS

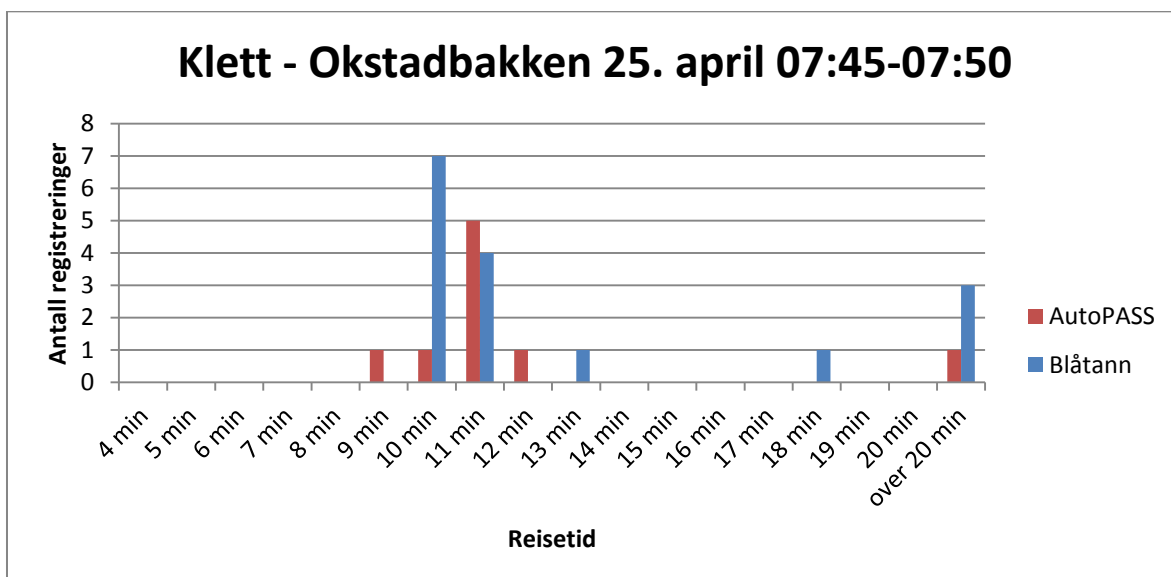
Reisetidssystemet som er koblet opp mot de variable trafikktavlene på E6 innover mot Trondheim er basert på AutoPASS. På taflene vises reisetid inn til Midtbyen i Trondheim, og det er enkelt forklart basert på de siste 5 løpende minuttene. På de samme punktene på E6 hvor AutoPASS er montert ble blåtannsystemet også satt opp. Sammenligning av de to systemene er gjort på samme prinsipp, delt opp i 5-minuttersintervaller og sortert reisetidene. Analysen ble gjort på data fra torsdag 25. april, på strekningene Klett – Okstadbakken og Okstadbakken – KissNGo mellom 07:00-08:00 og 12:00-13:00. Oversikt over alle 5-minuttersintervaller i analyseperioden er presentert i vedlegg B.

Sammenligninger av AutoPASS og blåtann på strekningen Klett – Okstadbakken viste ingen eller liten forskjell i hvilken reisetid som ble valgt i hvert intervall, både i rushtiden og om ettermiddagen. Eksempel på registreringer gjort i russtrafikken er vist i figur 29, her er det godt samsvar mellom de to registreringsmetodene og dette var det gjennomgående bildet ved de aller fleste intervaller.



Figur 29 Reisetider Klett-Okstadbakken 25. april 07:15-07:20

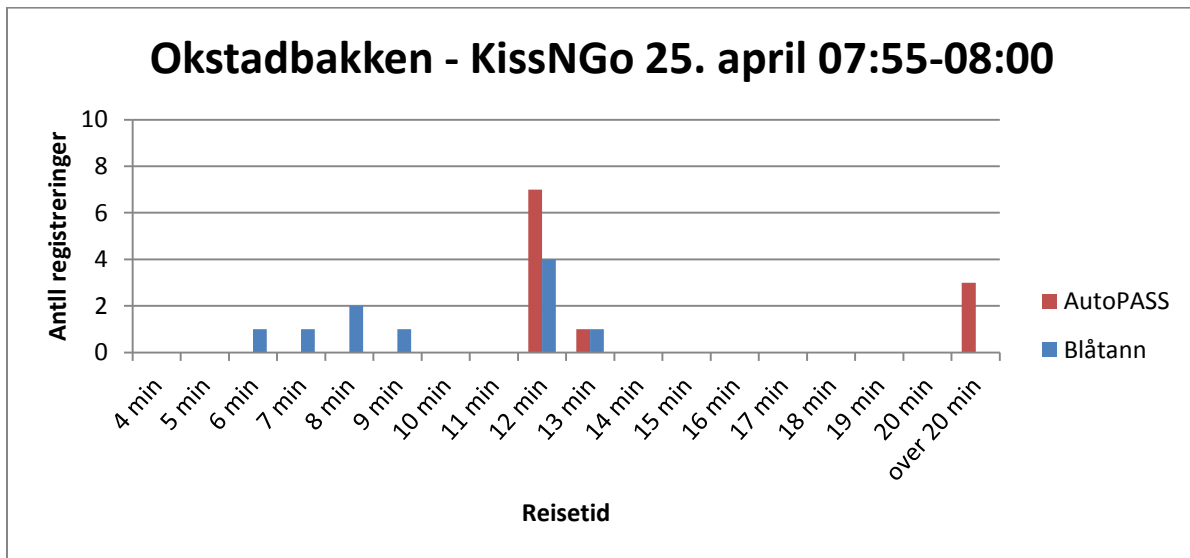
Et unntak i rushtrafikken om morgenen på strekningen Klett – Okstadbakken er 5-minuttersintervallet 07:45-07:50, se figur 30. Her er det klart flertall på registreringer ved 10 minutter for blåtann, men flertall på 11 minutter for AutoPASS. Siden et kjøretøy kan inneholde flere blåtannenheter vil det alltid være en usikkerhet i antall kjøretøy som har passert i forhold til antall blåtannenheter passert. En buss kan for eksempel inneholde et veldig høyt antall enheter, som kan gi feilaktige reisetidsberegninger, men analyse av data i denne oppgaven har ikke gitt indikasjoner på at det stemmer.



Figur 30 Reisetider Klett-Okstadbakken 25. april 07:45-07:50

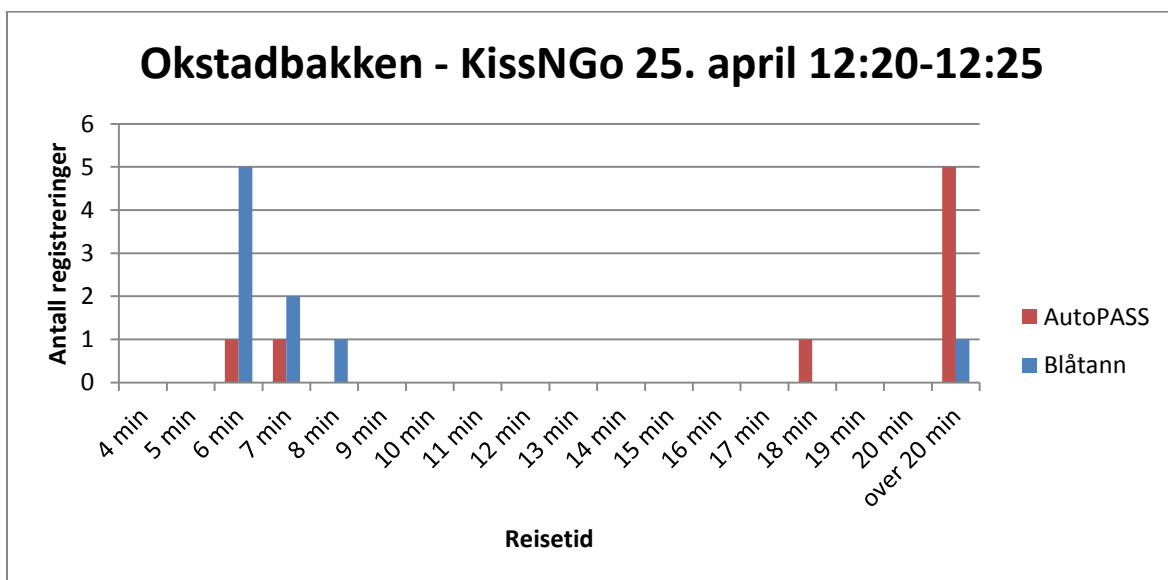
På strekningen Okstadbakken – KissNGo viser analysene svært god overensstemmelse med data fra AutoPASS og blåtann. I for eksempel intervallet 07:55-08:00 er den dominerende reisetiden 12 minutter både for AutoPASS og blåtann. Ser av figur 31 at det registrert 5 kjøretøy med reisetider mellom 6-9 minutter med blåtann. Sannsynligvis er dette kjøretøy, buss eller taxi, som ligger i kollektivfeltet og legger seg over til venstre for å svinge i krysset

etter registreringspunktet. AutoPASS-antennene fanger sannsynligvis ikke opp trafikk i kollektivfeltet. Antall enheter registrert er kun 7 stk., så det også være av ren tilfeldighet.



Figur 31 Reisetider Okstadbakken-KissNGo 25. april 07:55-08:00

Et unntak fra samsvaret mellom AutoPASS og blåtann er intervallet 12:20-12:25. Figur X viser at den dominerende reisetiden for blåtann ligger på 6 minutter, noe som er sannsynlig i denne tidsperioden. Det er registrert få med AutoPASS i intervallet i forhold til blåtann, men dette kan skyldes at antall blåtannenheter per kjøretøy ligger over 1 stk. Reisetiden på ettermiddagen er som regel lik for vanlig kjørefelt og kollektivfelt, så det er nok ingen faktor for intervallet.



Figur 32 Reisetider Okstadbakken - KissNGo 25. april 12:20-12:25

3.2.2 Antall registreringer

Over nesten en ukes tid ble antall reiser per døgn registrert av både AutoPASS og blåtann. Resultatet av det vises i tabell 8 og 9. AutoPASS er en pålitelig kilde til reisetid, og sammenligning med data fra blåtann gir en indikasjon på hvor pålitelig blåtann er til registrering av reisetid.

Tabell 8 Antall registreringer retning nord

	Antall reiser registrert nordover			
	Klett - Okstadbakken		Okstadbakken - KissNGo	
	AutoPASS	BlipTrack	AutoPASS	BlipTrack
tirsdag 23.04	3771	2077	2835	1576
onsdag 24.04	3842	2131	2747	1620
torsdag 25.04	3983	2212	2818	1650
fredag 26.05	3875	2157	2771	1566
lørdag 27.04	2706	1060	2521	1098
søndag 28.09	3964	1512	2225	920

Tabell 9 Antall registreringer retning sør

	Antall reiser registrert sørover			
	KissNGo - Okstadbakken		Okstadbakken - Klett	
	AutoPASS	BlipTrack	AutoPASS	BlipTrack
tirsdag 23.04	1168	1217	3695	1907
onsdag 24.04	1181	1288	3600	1956
torsdag 25.04	1235	1300	4108	2163
fredag 26.05	1221	1250	4552	2193
lørdag 27.04	1171	818	3001	972
søndag 28.09	1094	775	3318	1138

Tabell 10 viser andelen av blåtannreiser i forhold til reiser registrert av AutoPASS. På strekningene Klett – Okstadbakken, Okstadbakken – KissNGo og Okstadbakken – Klett er det stabile tall fra blåtannsystemet, med over 50 % andel i forhold til AutoPASS i ukedagene. I helgen er andelen blåtannreiser lavere på ca. 30-40 %. En strekning skiller seg ut, KissNGo – Okstadbakken, med høyere antall reiser registrert med blåtann enn AutoPASS over alle ukedagene. I helgen faller registreringsandelen i forhold til AutoPASS ned til 70 %.

Tabell 10 Andel reiser blåtann vs. AutoPASS

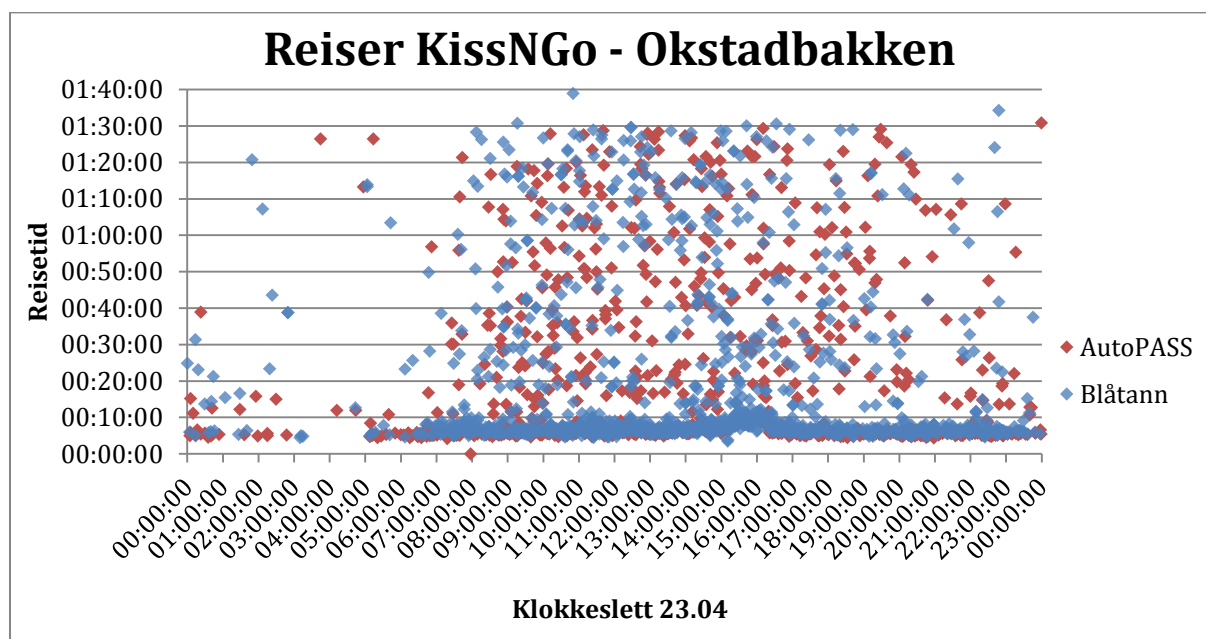
	Andel reiser blåtann vs AutoPASS			
	Klett -	Okstadbakken	KissNGo -	Okstadbakken
	Okstadbakken	- KissNGo	Okstadbakken	- Klett
tirsdag 23.04	55,08 %	55,59 %	104,20 %	51,61 %
onsdag 24.04	55,47 %	58,97 %	109,06 %	54,33 %
torsdag 25.04	55,54 %	58,55 %	105,26 %	52,65 %
fredag 26.05	55,66 %	56,51 %	102,38 %	48,18 %
lørdag 27.04	39,17 %	43,55 %	69,85 %	32,39 %
søndag 28.09	38,14 %	41,35 %	70,84 %	34,30 %

Det er overraskende at mellom KissNGo og Okstadbakken faktisk er høyere antall registrerte reiser med blåtann enn AutoPASS. En høyere andel blåtannregistreringer kan skyldes flere enheter per kjøretøy over akkurat denne strekningen, men at det er den eneste forklaringen virker usannsynlig. En teori her er at AutoPASS registrerer for lavt antall reiser enn hva som er reelt. Sammenligning av strekningen Okstadbakken – Klett begge retninger viser at det er ca. like mange reiser en veg som den andre, både for AutoPASS og blåtann. For strekningen KissNGo – Okstadbakken er det samsvar i antall blåtannregistreringer i begge retninger, men for AutoPASS er det over dobbelt så mange registreringer inn mot Trondheim enn ut fra byen. I registreringsnittet ved Okstadbakken sørover er det tre felt, se figur 33, hvor en antenne som samler in AutoPASS-data skal dekke over alle feltene. Det kan virke som at ikke AutoPASS-antennene ikke får data fra feltet til høyre i sørgående retning noe blåtann klarer. Neste avkjøring, ved Tiller, etter Okstadbakken er stengt på grunn av vegarbeider. Her er det mange som kjører av grunnet mye handelsvirksomhet. Hvis de som til vanlig tar av ved Tiller nå kjører av på Okstadbakken blir det ekstra mye trafikk på høyre felt mellom Kroppanbrua og Okstadbakken som ikke AutoPASS klarer å fange opp. I motsatt retning er det kun to felter med vanlig trafikk, for feltet til høyre er for kollektivtrafikk. Tallene tyder på at AutoPASS-antennen klarer å fange opp begge felt til venstre.



Figur 33 AutoPASS-antenne i Okstadbakken

Figur 34 viser alle registreringer av både AutoPASS og blåtann i løpet av 23. april, en ser at det er samsvar mellom de to datasettene.



Figur 34 Reiser registrert av blåtann og AutoPASS 23. april

På strekningen mellom Klett og KissNGo har både mobile og fastmonterte sensorer registrert data. En sammenligning mellom de to typene sensorene ble gjort i periodene 11.-13. og 25.-27. april, hvor den første perioden er registreringer med mobile sensorer og den andre perioden med fastmonterte sensorer.

Figur 11 og 12 viser tall fra nordgående retning for de nevnte datoene.

Tabell 11 Mobil vs Fastmontert sensor, Klett-Okstadbakken

Klett - Okstadbakken

	Mobil sensor		Fastmontert sensor	
	Dato	Antall	Dato	Antall
Torsdag	11.04	2087	25.04	2212
Fredag	12.04	2162	26.04	2157
Lørdag	13.04	1086	27.04	1060

Tabell 12 Mobil vs Fastmontert sensor, Okstadbakken-KissNGo

Okstadbakken - KissNGo

	Mobil sensor		Fastmontert sensor	
	Dato	Antall	Dato	Antall
Torsdag	11.04	1612	25.04	1650
Fredag	12.04	1724	26.04	1566
Lørdag	13.04	1182	27.04	1098

Tabell 13 og 14 viser tall fra sørgående retning, samme datoer.

Tabell 13 Mobil vs Fastmontert sensor, KissNGo-Okstadbakken

KissNGo - Okstadbakken

	Mobil sensor		Fastmontert sensor	
	Dato	Antall	Dato	Antall
Torsdag	11.04	1138	25.04	1300
Fredag	12.04	1169	26.04	1250
Lørdag	13.04	823	27.04	818

Tabell 14 Mobil vs Fastmontert sensor, Okstadbakken-Klett

Okstadbakken - Klett

	Mobil sensor		Fastmontert sensor	
	Dato	Antall	Dato	Antall
Torsdag	11.04	1846	25.04	2163
Fredag	12.04	2053	26.04	2193
Lørdag	13.04	946	27.04	971

Siden det er gjort registreringer med de to forskjellige sensorene ulike dager kan ikke trafikken i utgangspunktet antas å være lik, men det kan gi en indikasjon på om det er noen forskjell mellom de to. Antall registrerte reiser er veldig likt fra hverandre, med maksimalt et avvik på 300 reiser (Okstadbakken-Klett 11.04/25.04) hvis man sammenligner på tvers av datoene.

3.2.4 KJØREFELTSANALYSE KROPPANBRUA – ØKSTADBAKKEN

Reisetider for de ulike feltene i rushtiden har blitt analysert for to dager, fredag 26. og tirsdag 30. april mellom 06:00 og 09:00. For å skille reisetidene for ulike felt på strekningen Okstadbakken – Kroppanbrua ble strekningene Okstadbakken – Kroppanbrua –

Om kjøringsvegen og Okstadbakken –

Kroppanbrua – KissNGo opprettet i

BlipTrack. Når reiser for disse

strekningene registreres kan man gå tilbake og finne reisetiden bare for

delstrekningen Okstadbakken –

Kroppanbrua. På denne måten ble to

ulike datasett opprettet, en med

reisetider på strekningen

Okstadbakken – Kroppanbrua for

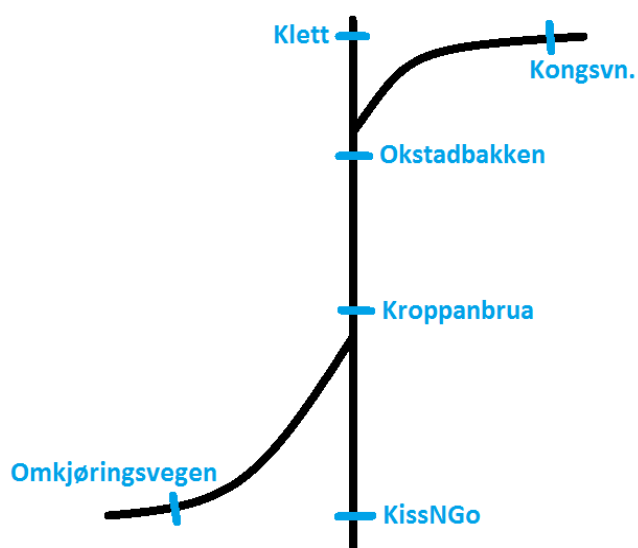
kjøretøy som senere blir registrert ved

KissNGo og en med reisetider på

samme strekning for kjøretøy som

senere blir registrert i

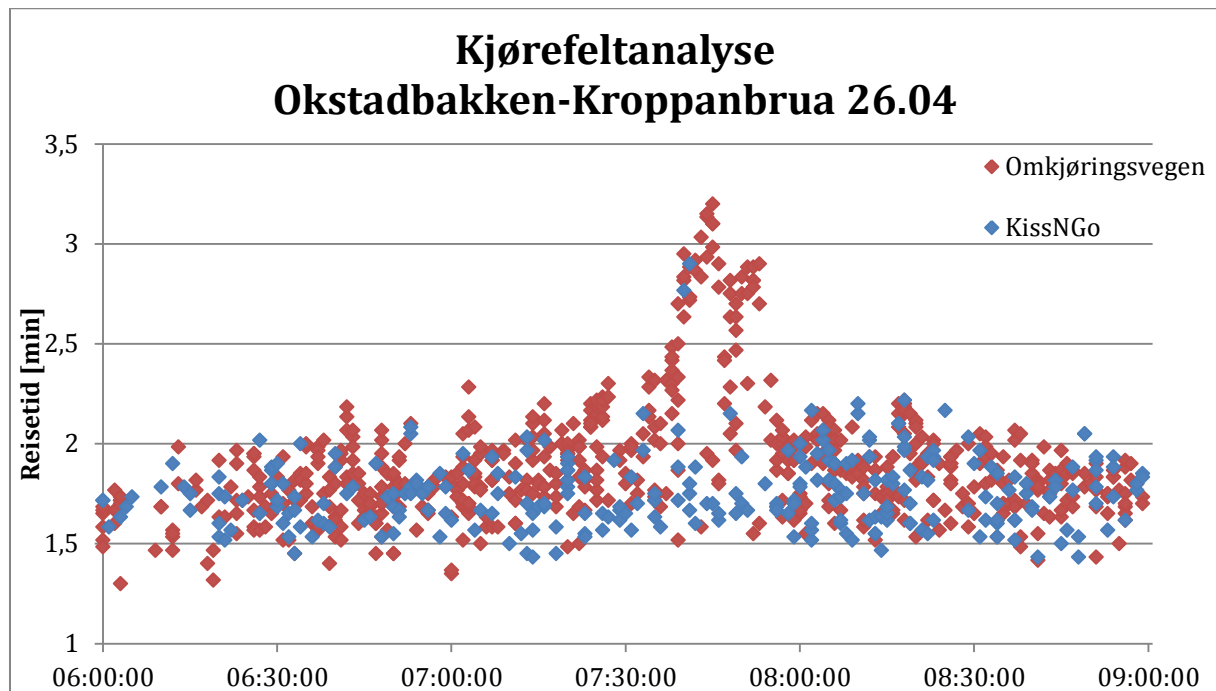
Om kjøringsvegen. Samme prinsipp ble



Figur 35 Forenklet kart over sensorplasseringer

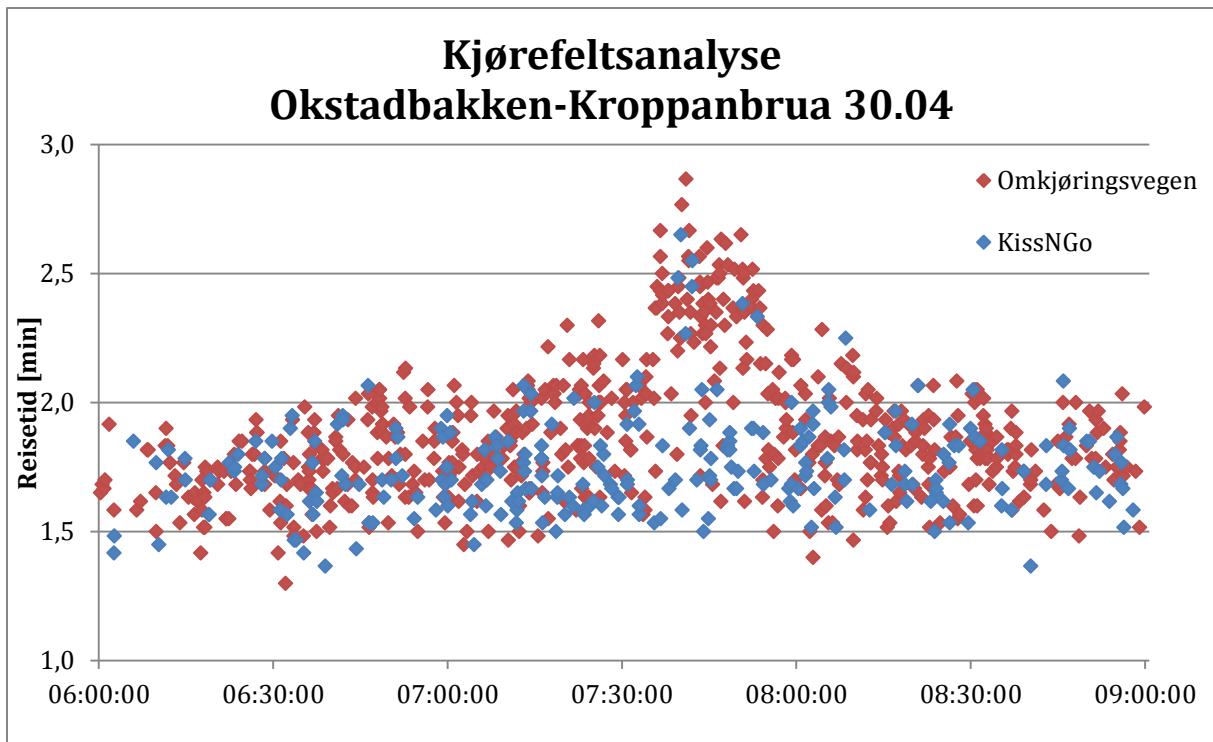
brukt for motsatt retning, Kroppanbrua – Okstadbakken, hvor man skiller mellom kjøretøy som ender opp i Kongsvegen og på Klett. Se figur 35 for forenklet plassering av sensorene.

Figur 36 og 37 viser reisetidsregistreringer for kjøretøy på strekningen Okstadbakken – Kroppanbrua som ender opp i Omkjøringsvegen (røde markeringer) og ved KissNGo (blå). Kjøretøyene som skal til Omkjøringsvegen ligger i høyre felt og de som skal mot KissNGo kan ligge i to felt til høyre. Ser en markant økning i reisetid for kjøretøy som tar av på Omkjøringsvegen rundt 07.40 for både 26. og 30. april, mens de som kjører videre mot KissNGo har nokså konstant reisetid over hele analyseperioden.



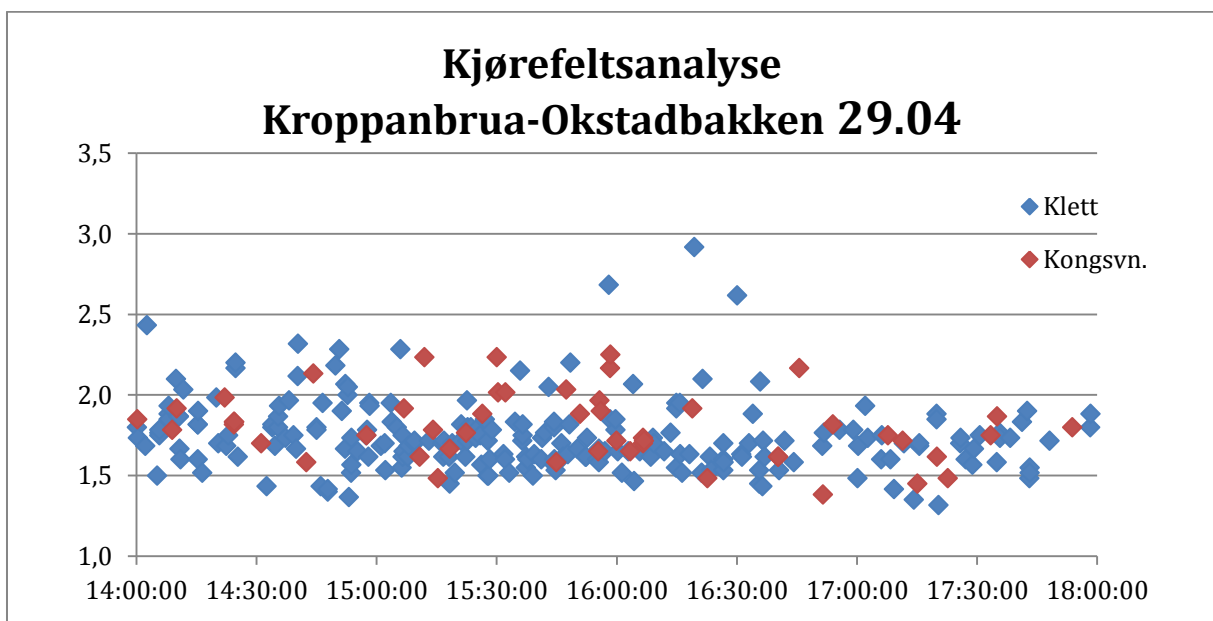
Figur 36 Kjørefeltanalyse Okstadbakken-Kroppanbrua 26. april

Noen få av de reisene som ender opp ved KissNGo får en økning i reisetid i likhet med de som skal på Omkjøringsvegen. Dette kan skyldes at de ombestemmer seg når de ligger i høyre kjørefelt, og tar over til venstre og fortsetter mot KissNGo. Det er i begge figurene tydelig at reisetiden for de i høyre kjørefelt er høyere over en kort periode mellom 07:30 og 08:00.



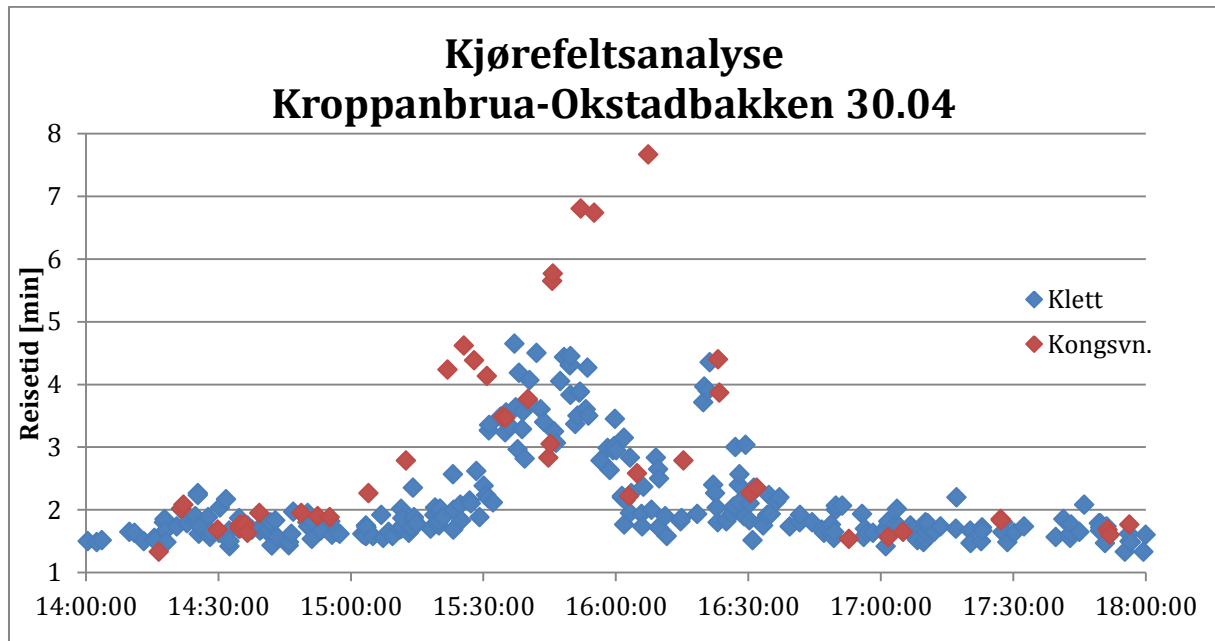
Figur 37 Kjørefeltsanalyse Okstadbakken-Kroppanbrua 30. april

I ettermiddagsrushet og motsatt retning er det vanskeligere å se en klar økning i reisetid for de som ligger i høyre kjørefelt og tar av til Kongsvegen. Det er generelt lite datagrunnlag på strekningen Kroppanbrua – Okstadbakken – Kongsvegen, noe som gjør det vanskelig å konkludere med høyere reisetid på høyre felt også i denne retningen. Figur 38 viser registreringer fra 29. april. Antall registreringer ved Kongsvegen mellom 14:00 og 18:00 er kun 46, mens det er bedre grunnlag for å si noe om reisetiden til kjøretøyene som ender opp på Klett. Observasjoner gjort i området i ettermiddagsrushet har vist at køen er tettere i høyre felt, noe som man ikke kan konkludere med av figur 38.



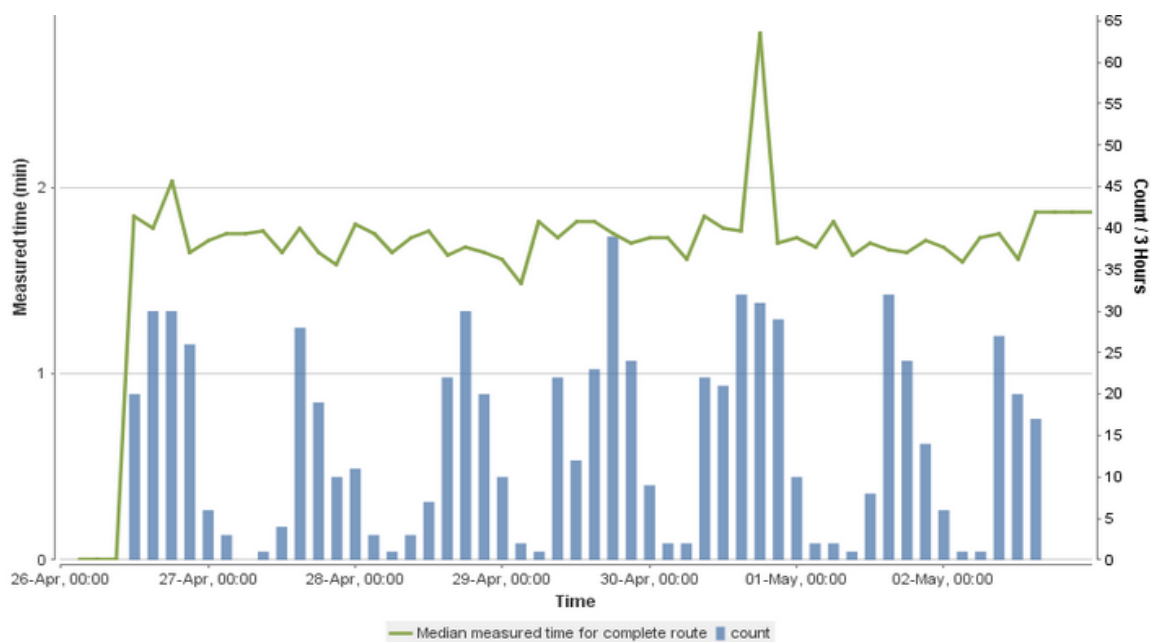
Figur 38 Kjørefeltsanalyse Kroppanbrua-Okstadbakken 29. april

Den 30. april er det mer tydelig at køen bygger seg opp etter kl. 15:00, se figur 39. Dette gjelder i hovedsak for de kjøretøy som ender opp på Klett. Det er også lite datagrunnlag for registreringer i Kongsvegen, også totalt 46 registreringer denne dagen. Av figuren kan det likevel antydes at reisetiden for det høyre feltet mellom Kroppanbrua og Okstadbakken bygger seg opp med registreringene, de røde punktene, og ender opp med en maksimal reisetid på 7-8 minutter rett over kl. 16:00.



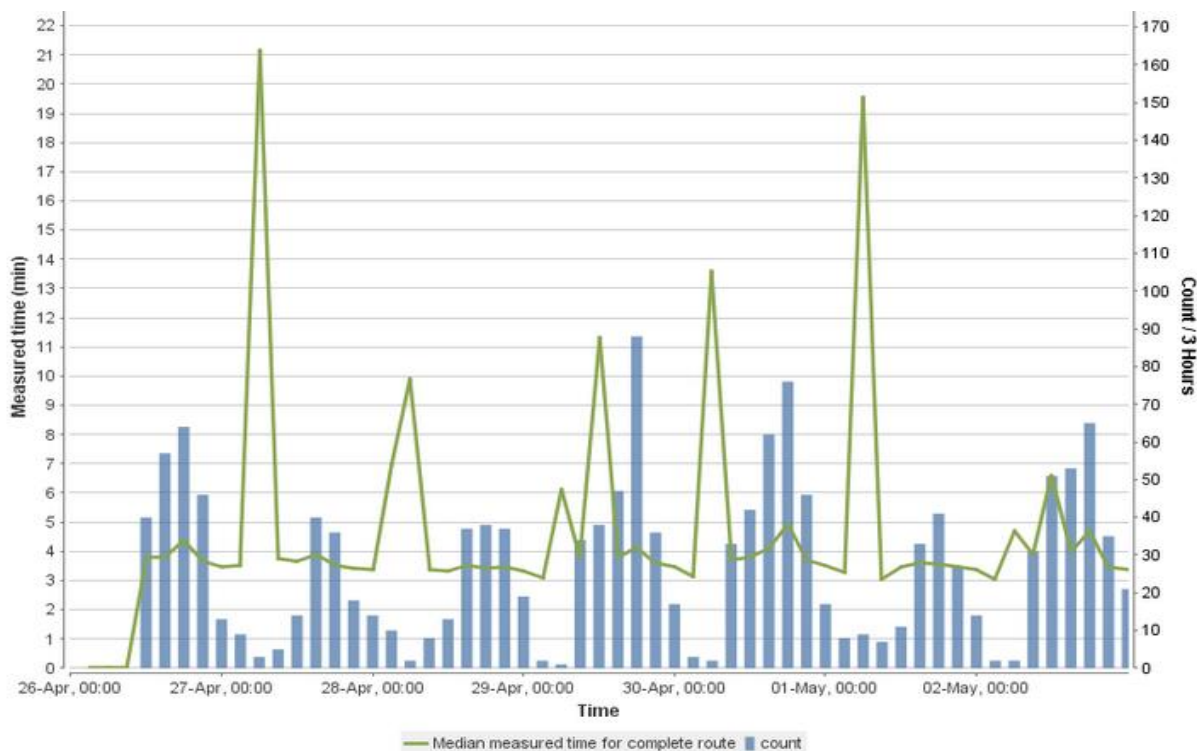
Figur 39 Kjørefeltsanalyse Kroppanbrua-Okstadbakken 30. april

Det har generelt vært lavt antall registreringer ved punktet i Kongsvegen over hele perioden forsøket har pågått. Figur 40 viser antall registreringer av reiser med blåttann på strekningen Kroppanbrua – Okstadbakken – Kongsvegen, hvor det maksimalt er telt opp mot 40 reiser i løpet av tre timer. Spesielt i rushtiden er det mye trafikk på denne strekningen. Om antennevinkling eller sensorplassering kan være årsaken til lavt antall registreringer er vanskelig å si når man ikke har noe sammenligningsgrunnlag.



Figur 40 Antall registreringer av reiser med blåtann på strekningen Kroppanbrua - Okstadbakken - Kongsvegen

Ser man bare på registreringer på strekningen Okstadbakken - Kongsvegen, figur 41, er det heller ikke spesielt mange registreringer, maksimalt opp mot 90 reiser registrert på tre timer, noe som kan tyde på dårlig registreringsevne ved dette punktet. Det er naturlig å tro at det kan være på grunn av dårlig registreringsevne ved Okstadbakken, på grunn av lang distanse fra sensoren, men andel blåtannreiser i forhold til AutoPASS-reiser er høy på andre strekninger hvor Okstadbakken inngår som et registreringspunkt.

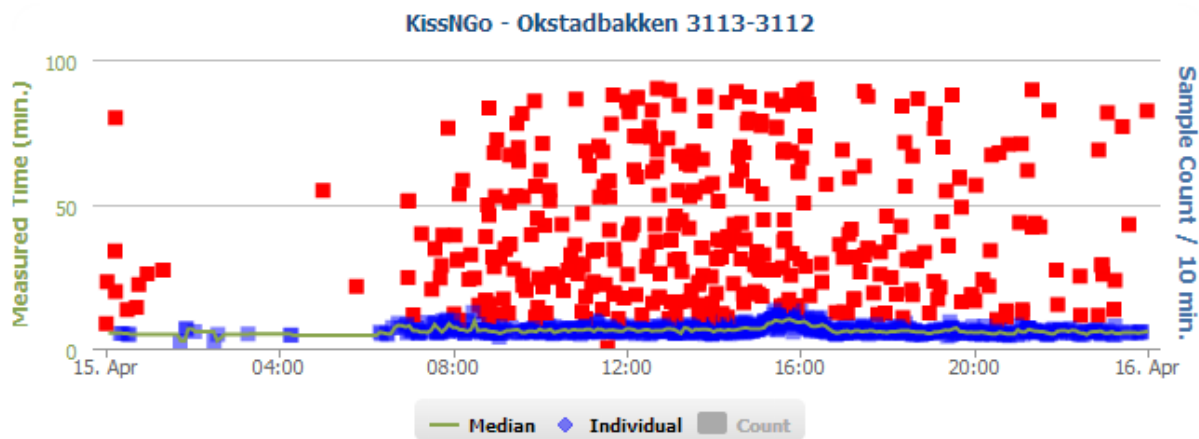


Figur 41 Antall registreringer av reiser med blåtann på strekningen Okstadbakken - Kongsvegen

3.2.5 INTERESSANTE FUNN I BLIPTRACK

Etter utplassering av blåtannsystemet har det vært mulig å observere data direkte i BlipTracks brukergrensesnitt. Det har da dukket opp flere interessante hendelser som har blitt analysert nærmere. Videre i kapittelet blir hendelser som ansees for å være relevant for oppgaven presentert.

15. april ble reiser registrert med blåtann som vist i figur 42. Legger spesielt merke til at en registrering, rundt kl. 11.30, ligger godt under gjennomsnittet. Denne reisen er registrert med en reisetid på 18 sekunder, og mellom KissNGo og Okstadbakken som er umulig. Hvorfor denne reisen i det hele tatt ble registrert av blåtannsystemet er vanskelig å fastslå. Etter korrespondanse med BLIP Systems forteller de at det ved sjeldne tilfeller har vist seg at blåtannenheter har samme MAC-adresse (Ulrik, 2013). En MAC-adresse skal i utgangspunktet være identisk. Når slike reisetidsregistreringer oppstår er det lett å luke de ut, men det oppstår likevel et spørsmål om det kan ligge flere feil av denne typen, bare at de blir «kamouflert» av en mer troverdig reisetid.



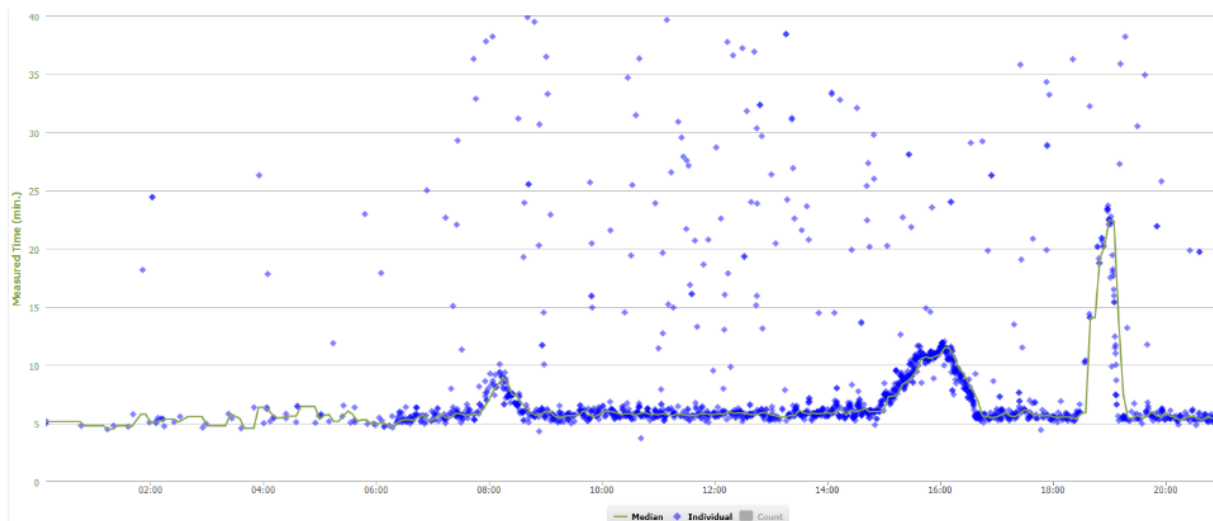
Figur 42 Registreringer av blåtann KissNGo-Okstadbakken 15. april

24. april skjedde det en hendelse på strekningen Okstadbakken – Klett som ble fanget godt opp av BlipTrack. Nettutgaven til Adresseavisen opplyste en halvtime etter hendelsen at et vogntog på veg sørover på E6 mot Klett fikk deler av taket revet av i Storler jernbanebru (Sundberg, 2013). Rett nord for tellepunktet på Klett krysser jernbanen på en bro over E6, vist i figur 43.



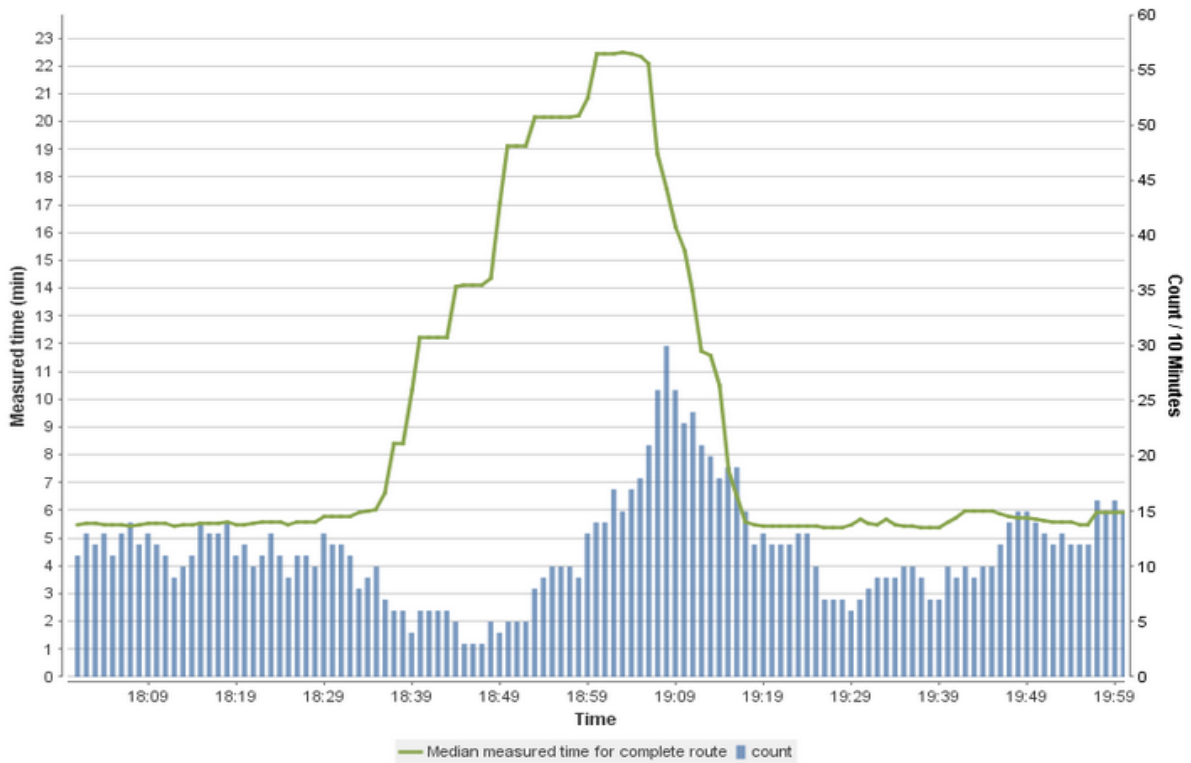
Figur 43 Storler jernbanebru på Klett. Hentet fra Google Maps Street View

Figur 44 viser registreringer på strekningen Okstadbakken-Klett 24. april. Rundt kl. 18:30 vises en betydelig økning i reisetid, fra å være i overkant av 5:30 minutter til og plutselig øke til 22:30 minutter. Antall registrerte blåtannenheter i perioden rett før økning i reisetiden ligger mellom 10- 15 pr. 10 minutter. Denne episoden tyder på at hendelser som fører til økning i reisetid blir fanget opp på en brukbar måte på dagtid hvor det er nok trafikk.



Figur 44 registreringer Okstadbakken-Klett 24. april

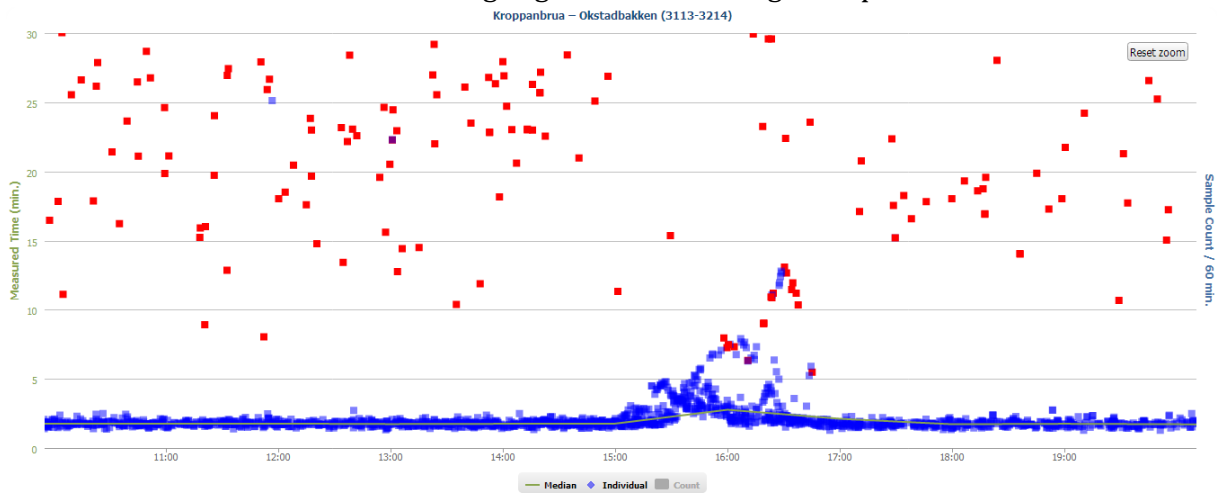
Figur 45 viser hvordan reisetiden drastisk øker når en hendelse som stopper trafikken oppstår. Rett etter hendelsen, som skjedde rundt 18:30, går antall registreringer per 10 minutter nedover, og øker igjen når problemet på vegen er løst. Siden hendelsen skjedde rundt 18:30 ser man av figuren at det vil være en forsinkelse i systemet før reisetiden begynner å øke



Figur 45 Reisetid og antall registreringer Okstadbakken-Klett 24. april

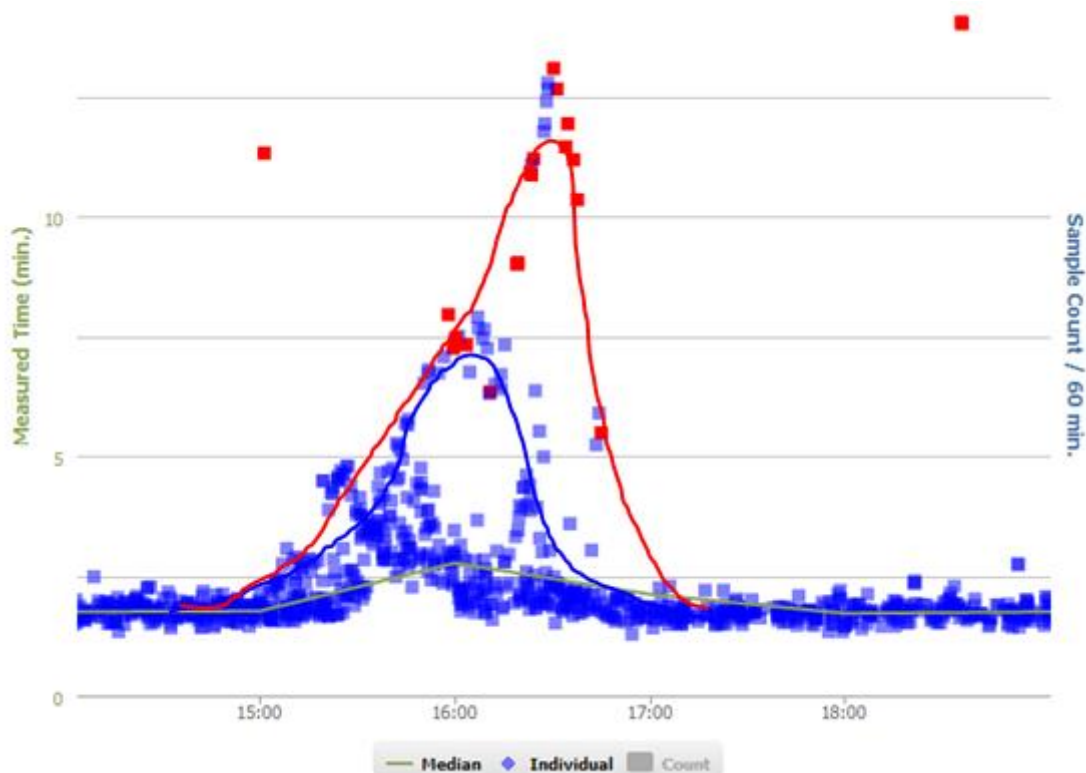
Med denne hendelsen kan det virke som BlipTrack klarer å fange opp situasjoner som stopper eller forsinker trafikken. Hendelser fanges ikke opp før litt i etterkant av når den faktisk oppstod, siden det tar litt tid før de første kjøretøyene etter en hendelse passerer Klett, og tiden på strekningen Okstadbakken – Klett registreres av systemet. Ta den nevnte hendelsen som eksempel, etter at vogntoget satte seg fast ble ikke sørgående biler registrert ved Klett på en tid, siden de ble stående i kø bak vogntoget.

Figur 46 viser data fra tirsdag 30. april på strekningen Kroppanbrua - Okstadbakken. Noe litt underlig er to registrerte reisetider, ved ca. kl. 12.00 og 13.00, som ikke har blitt filtrert ut slik som reisetidene markert med rødt. Reisetidene er på ca. 25 minutter. Hva som skyldes dette er ikke godt å si når man ikke i detalj vet hvordan filtreringen av data foregår. Uansett kan man konkludere med at filtreringsalgoritmen ikke fungerer optimalt.



Figur 46 Registreringer Kroppanbrua-Okstadbakken 30. april

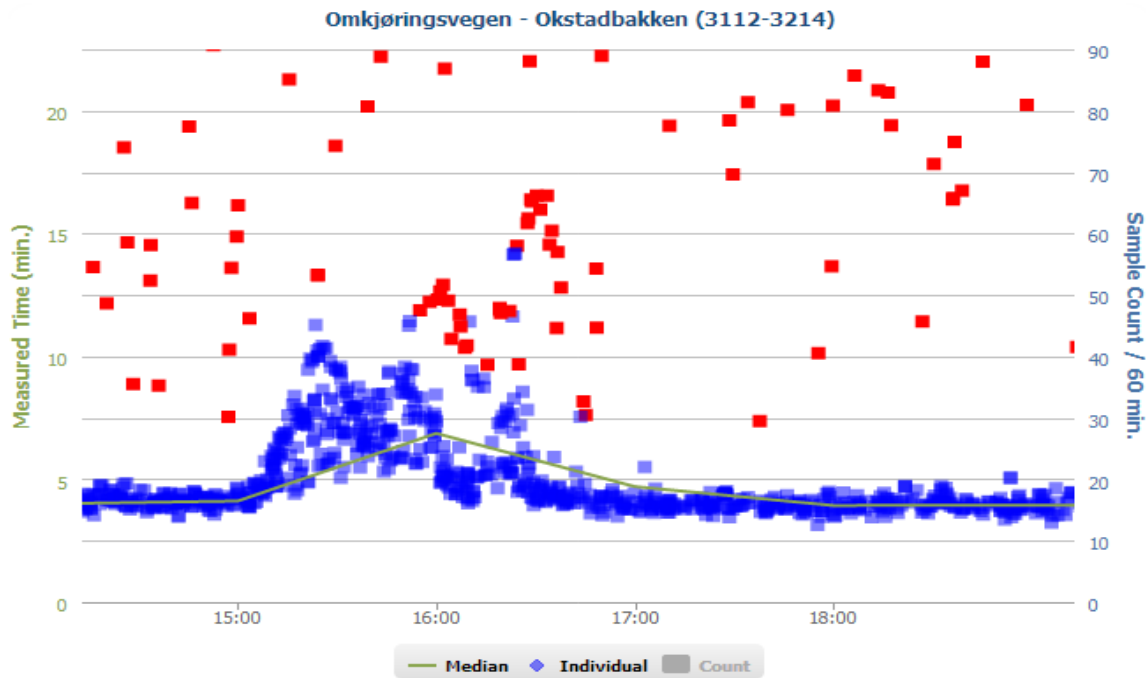
Ser man nærmere på et utsnitt mellom 15.00 og 17.00 samme dag, figur 47, viser algoritmen seg nok en gang og ikke være helt pålitelig. Reisetidsregistreringene på over 10 minutter har nok en sammenheng med forskjellen i reisetid for de ulike kjørefeltene mellom Kroppanbrua og Okstadbakken. Rød og blå graf i figuren er ment for å vise hvordan registreringene muligens følger kødannelsen.



Figur 47 Registreringer Kroppanbrua-Okstadbakken 30. april

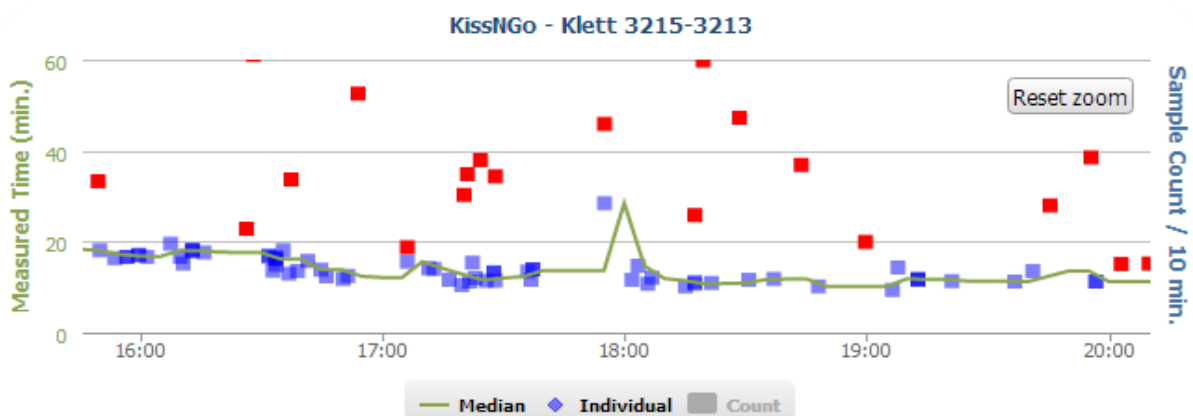
Det er også merkelig at flere av reisetidene som er filtrert ut ligger under flere reisetider som ikke har blitt filtrert ut. Dette er i en periode hvor det registreres i overkant av 200 enheter pr. time.

Samme ble observert på strekningen Omkjøringsvegen – Okstadbakken 30. april, vist i figur 48. Her er det sannsynligvis ulik reisetid for kjøretøyene som skal til høyre etter registreringspunktet i Okstadbakken og de som fortsetter rett frem, som presentert tidligere i kapittelet.



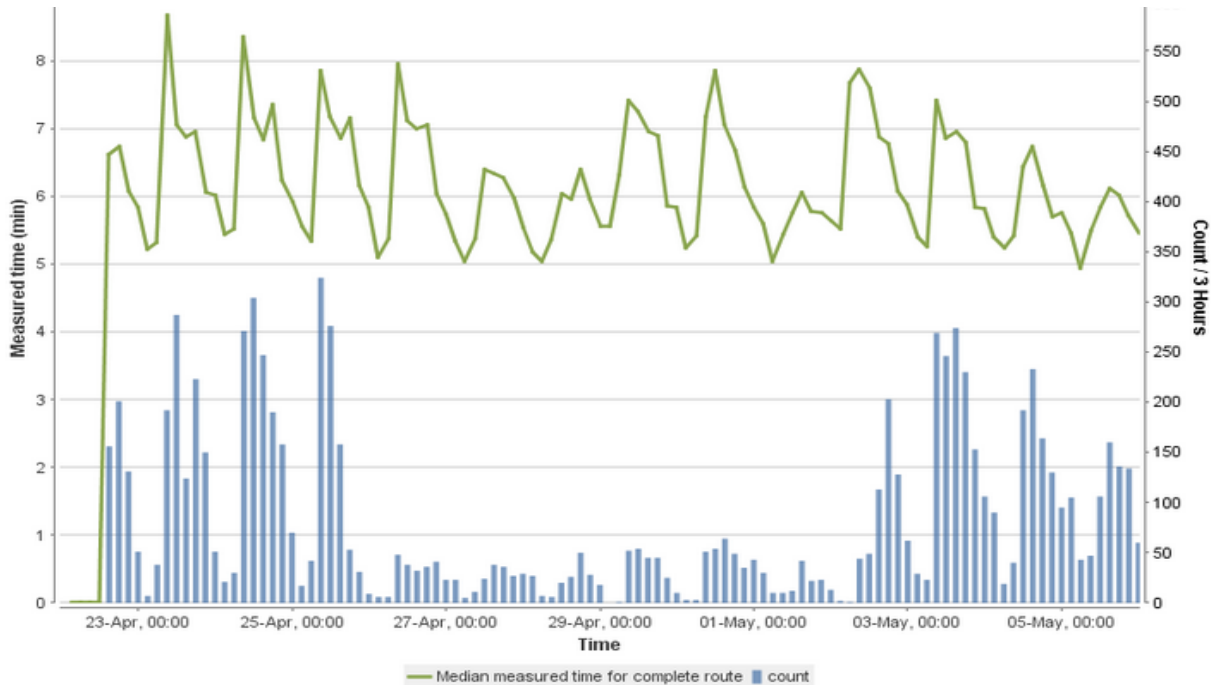
Figur 48 Registreringer Omkjøringsvegen-Okstadbakken 30. april

Rett før klokken 18:00 23. april er det få blåttregistreringer på strekningen KissNGo-Klett, se figur 49. BlipTracks algoritme for beregning av reisetid viser seg sannsynligvis å slå dårlig ut i tidsperioden rundt 18.00, siden reisetiden hopper opp fra ca. 14 til 28 minutter. Selv om det er mulig at en hendelse i trafikken har forårsaket dette er det overveiende sannsynlig at det skyldes for få registreringer, slik at medianen beregnes ut fra feil populasjon.



Figur 49 Registreringer KissNGo-Klett 23. april

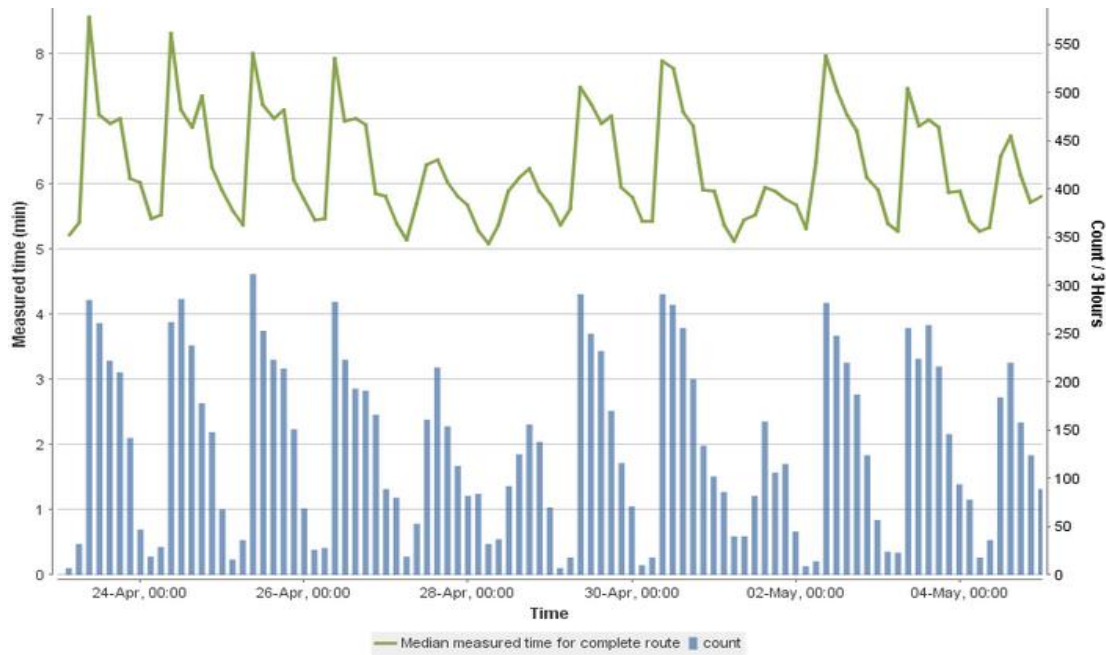
Antall registreringer gjort av blåttann blir svært lavt for begge retninger mellom Okstadbakken og KissNGo mellom 26. april og 3. mai. I figur 50 er antall registreringer vist for perioden 23.04-05.05 for strekningen Okstadbakken – KissNGo. Siden 1. mai er en helligdag kan man forvente avvik i antall reiser i forhold til normalen, men det kan ikke forklare nesten en uke med lavt antall registreringer av blåttannenheter på strekningen.



Figur 50 Antall registreringer Okstadbakken-KissNGo 26. april-3. mai med Direct Peak

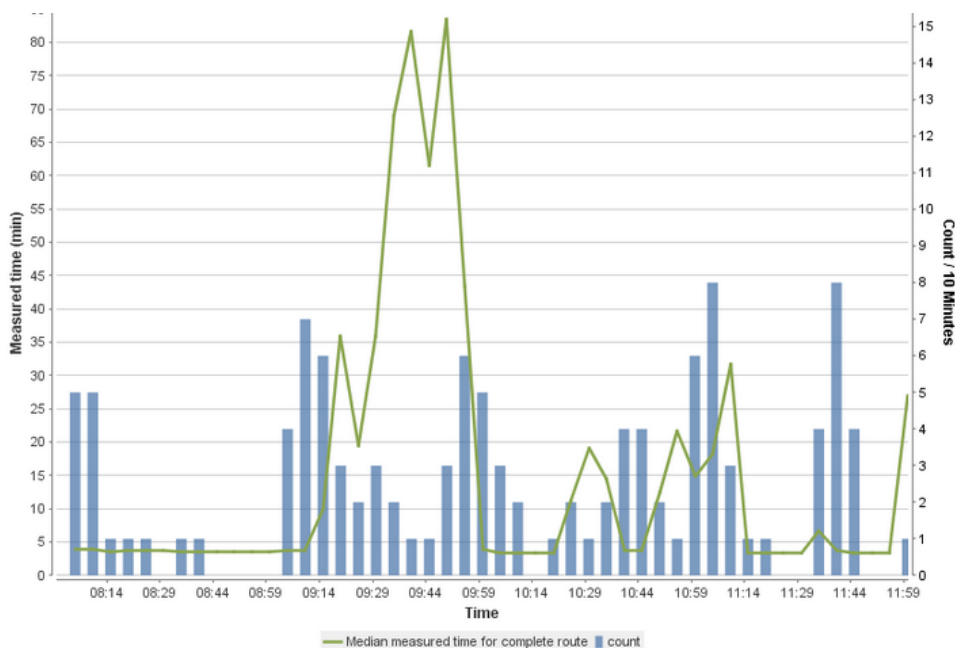
Etter korrespondanse med BLIP Systems ble det konstatert at de hadde gjort en feil i rutenes konfigurasjon etter at de mobile enhetene ble flyttet og de fastmonterte kom på plass. BlipTracks filtreringsmotor har en funksjon som heter «Direct Peak». Det vil si at kun reiser som går direkte mellom to sensorer inkluderes, og kjøretøy som blir oppdaget ved andre sensorer i mellom de to som reisetiden beregnes mellom filtreres fra. De dagene hvor antall reisetider registrert i figur 50 er lave er i den tiden hvor de mobile sensorene ble tilkoblet, i Omkjøringsvegen, Kroppanbrua og Kongsvegen. Mellom Okstadbakken og KissNGo er Kroppanbrua hvor en mobil enhet ble plassert. Når BlipTrack kun hadde fått opp ruter på strekningen Klett – Okstadbakken – KissNGo var det riktig å benytte «Direct Peak». Når registreringer ble gjort på strekningen Oksatdbakken – KissNGo etter plassering av sensor ved Kroppanbrua med funksjonen «Direct Peak» er det ikke overraskende at så mange reiser ble luket på grunn av at det også ble gjenkjent ved Kroppanbrua.

Etter at rådata fra 26.04-03.05 ble filtrert på nytt uten funksjonen «Direct Peak» ble resultatene som vist i figur 51. Antall registreringer etter filtrering ser mer lik normalen, med litt lavere antall 27. og 28 april siden det er en helg.



Figur 51 Antall registreringer Okstadbakken-KissNGo 26. april-3. mai uten Direct Peak

En annen situasjon observert i BlipTrack 2. mai er vist i figur 52. Reisetid på strekningen Okstadbakken – Kongsvegen. Reisetiden gjør en markant økning fra ca. 4 minutter til plutselig å bli over 80 minutter. Det er fysisk umulig at reisetiden kan øke så mye over så kort tid, altså er det nødt til å være en feil i BlipTracks filtreringsalgoritme for reisetid. En mulighet er at det fanges opp en form for rundtur. Adresseavisen kunne fortelle om en hendelse rett etter økning i reisetid ble observert i BlipTrack, en lastebil sjåfør mistet en container i Oksatdbakken (Bergli, 2013). Hendelsen kan allikevel ikke forårsaket så høy forsinkelse. Dette tilfellet er med på å svekke påliteligheten til BlipTrack som system for beregning av reisetid.



Figur 52 Antall registreringer Okstadbakken-Kongsvegen 2. mai

KAPITTEL 4 – DRØFTING AV RESULTATER

Kapittelet inneholder en drøfting av de resultatene som har blitt analysert og diskutert i forrige kapittel.

Erfaringer fra tidligere tester

Tidligere i oppgaven ble resultater fra ulike tester gjennomført i både Norge og til utenlands presentert. Alle konkluderer hovedsakelig med at systemet fungerer bra på dagtid, men dårligere om natten på grunn av lav mengde trafikk. Testen som viser til dårligst resultater er utført i 2009 i Washington og er den av testene som går lengst tilbake i tid. Av dette kan man anta at blåtannsystemer har blitt utviklet og forbedret med årene.

Flere av studiene tok for seg posisjonering og valg av antenner. Gjennomgående er desto lengre rekkevidde antennen har, jo høyere antall registreringer oppnås det. En rundtstrålende antenne gir et mer nøyaktig reisetidsestimat enn retningsspesifikke til tross for et større detekteringsområde. BlipTrack inneholder hele tre antenner, to retningsspesifikke og en rundtstrålende, noe som i teorien skal gi en høy detekteringsgrad av forbipasserende antenner. BlipTrack har vist seg å gi høye registreringstall på dagtid, men som ved de andre testene er det lite grunnlag på nattestid.

Blåtannsensorene har store detekteringsområder, og enheter kan registreres flere ganger ved samme sensor, og det kan være vanskelig å bestemme akkurat det tidspunktet enheten passerer sensoren. I testen fra Washington ble den første registreringen sensoren gjorde bestemt som passeringstidspunkt, men i andre tester fra Danmark har den detekteringen med sterkest signal blitt benyttet som passeringstidspunkt. Det viser seg at å velge detekteringen med sterkest signal har gitt best resultater, noe som også har blitt gjort i den gjennomførte testen.

Reisetider

Testen utført i Trondheim i 2011 viste at på strekningen Okstadbakken – KissNGo at reisetidene registrert med blåtann i perioder var meget lavere enn med AutoPASS. Dette ble undersøkt for strekningen Klett – Okstadbakken i denne oppgaven, hvor det ikke var en synlig tendens. Altså kan det de lavere reisetidene skyldes kollektivfeltet som finnes på strekningen Okstadbakken – KissNGo. Sammenligning av resultatene fra de to testene i Trondheim viser at den første testen utført i 2011 har høyere antall registreringer både for blåtann og AutoPASS hvert tidsintervall. Testene er utført ulike tidspunkter, men det er allikevel et sammenligningsgrunnlag. Det som er mest oppsiktsvekkende er at antall registreringer av AutoPASS-antennene til tider er mye lavere denne gangen, enn i 2011. Noen intervaller er antallet registreringer med AutoPASS halvparten så lavt. Hva som skyldes dette er vanskelig å spekulere i. Antall blåtannregistreringer gjort av BlipTrack og Swarco viser seg å være veldig likt.

Studerer man resultatene fra testen tilknyttet denne oppgaven separat er det gjennomgående veldig godt samsvar mellom registreringer gjort av blåtann og AutoPASS. I de aller fleste intervallene havner tyngdepunktet i likt reisetidsintervall på ett minutt.

Antall registreringer

Den største utfordringen ved bruk av blåtann som grunnlag for reisetid er å få innhentet nok data. Lite data fører til reisetidsberegninger med stor usikkerhet, og for at et system skal benyttes kreves det høy pålitelighet til reisetidene som beregnes. Reisetidsandeler fra testen gjort i denne oppgaven har vist seg å være på ca. 50 % sammenlignet med data fra AutoPASS-systemet. AutoPASS-systemet er et pålitelig system med høy registreringsandel. Man antar at rundt 90 % av bilparken i testområdet har en AutoPASS-brikke. En andel av kjøretøyene innehar flere blåtannenheter, dermed kan man ende opp med færre registrerte turer av enkeltkjøretøy. Blåtannsystemets resultater er under normal til mye trafikk på lik linje med andre systemer som AutoPASS og nummerplategjenkjenning, og kan sies å gi tilstrekkelige data om reisetid i sanntid.

I perioder med lite trafikk gir blåtannsystemet mindre pålitelige resultater. På nattestid er det få registreringer per beregningsintervall, og systemet blir mer følsomt for en registrering utenfor normalen. Om natten kan det antas at reisetiden på en strekning er lik normal reisetid uten kø, men når det først oppstår en hendelse er det viktig at systemet er kapabelt til å fange det opp selv med få registreringer.

Kjørefeltsanalyse

Kjørefeltene på strekningen Okstadbakken – Kroppanbrua har vist at de kan ha ulik reisetid ved høyt trafikkvolum. AutoPASS-systemet skiller ikke på reisetid kjørefeltene seg mellom, og reisetiden beregnes som tyngdepunktet av alle reisetider uavhengig kjørefelt. I Rushtiden kan reisetiden som beregnes være misvisende. Skal man ta av til høyre langs strekningen KissNGO – Okstadbakken – Klett vil det kunne ta lengre tid enn hva som beregnes. Flere kjøretøy vil passere i de venstre kjørefeltene om det er mindre kø der, og tyngdepunktet i aktuelt tidsintervall vil bestå av reiser gjennomført i de venstre kjørefeltene.

Interessante funn i BlipTrack

Når en hendelse oppstår i trafikken er det viktig at det blir fanget opp av systemet for beregning av reisetid. En hendelse ved Klett i april viste at BlipTrack klarte å fange det opp på en god måte. En svakhet ved beregning på strekning mellom to registreringspunkter er at hendelsen ikke kan fanges opp før en av bilene som kom etter hendelsen inntraff passerer sluttpunktet. Oppfattelse av en hendelse kan fort ta litt tid, og gi en forsinkelse i informasjon. Om natten med lite trafikk vil slike hendelser være vanskelig å fange fort opp.

Flere situasjoner som oppstod i BlipTrack viser at det finnes feil i algoritmen som benyttes. Hovedfokus for blåtannsystemer bør være utvikling av algoritmene som benyttes i beregningen. I utgangspunktet er MAC-adressene unike, men denne testen har avslørt at det ikke er helt tilfelle. Det viser seg at det er mulig å sette MAC-adressen vilkårlig om man har kunnskap om det. Dette har ikke vært et problem i testen, men om det er mulig å endre MAC-adresser er det mulig at det kan bli et problem i fremtiden.

Plassering av sensor

I motsetning til systemer som fanger opp kjøretøy i ett punkt har blåtann et detekteringsområde som er mye større. Leverandører av blåtannsystemer til reisetidsmåling hevder normalt høy registreringssevne, men det kan være en annen i praksis. Blåtannantennenes spesifikasjoner og plassering spiller en stor rolle for

detekteringsområdet. BlipTracks sensor består av tre antenner, to retningsbestemte og en rundtstrålende antenne, med en påstått rekkevidde på flere hundre meter som skal sikre registrering av enheter. Sensoren plassert i Kongsvegen viste seg å ha lavt antall registreringer, noe som kan skyldes plassering av sensor og vinkling av antennene. Kongsvegen består i tillegg kun av en to-feltsveg noe som skulle tilsi høyt antall registreringer. Observasjoner viser også til lange køer i Kongsvegen i rushtiden. Det gir lav hastighet på vegen og som øker muligheten for registrering av blåtannenheter i kjøretøyene. Om det lave antall reisetidsregistreringene skyldes plassering og vinkling av antenner kan derimot ikke bevises på manglende sammenligningsgrunnlag med troverdige trafikkdata. En antagelse var at de mobile sensorene gav dårligere resultat enn de fastmonterte. Etter sammenligning av data fra de to sensorene er det vanskelig å påstå det, da resultatene var svært like.

Det er vanskelig å si om de valgte plasseringene av sensorene og antennes vinkling er den mest optimale for detektering av blåtannenheter. I ettertid av de gjennomførte testene hadde det vært interessant å teste en annen sensor i Kongsvegen for å se om den hadde samlet inn flere registreringer. Det kan stilles spørsmål om de fastmonterte er bedre til å fange opp blåtannenheter enn de mobile på grunn av at det festes høyere over vegbanen og er koblet til en sikrere strømkilde. Rekkevidden til sensorene har vist seg og være tilstrekkelig, siden det var et godt antall registreringer gjort i sørgående felter i Okstadbakken selv om blåtannsensoren er plassert til siden for nordgående retning.

Algoritme for beregning av reisetid

Algoritmen som brukes til filtrering av registrerte reisetider kan sies å være like viktig som selve datainnsamlingsystemet. Det er mange kjøretøy som stopper i løpet av en strekning som reisetid måles på, og som dermed ikke er reelle for strekningen i aktuelt tidsrom. Reisetidsalgoritmen for AutoPASS ser på et tidsintervall t og finner det minuttet hovedtyngden av alle registrerte reiser er innenfor. Dette minuttet presenteres som strekningens reisetid i tidsintervall t . En evaluering av algoritmen av utvikler SINTEF konkluderte med at algoritmen fungerte tilfredsstillende når datamengden er høy nok. I intervall med liten trafikk, eksempelvis om natten, er det vanskelig å si om de er representative for aktuelt tidsintervall. Noen justeringer ble gjort som følge av denne observasjonen, at dersom det er registrert to eller færre kjøretøy i et intervall, og gjennomsnittlig reisetid i tidsintervallet er større enn 1,5 ganger reisetiden i forrige intervall, så forkastes denne reisetiden og reisetiden i aktuelt tidsintervall settes lik reisetiden i forrige tidsintervall. BLIP Systems algoritme baseres på medianen i tidsintervallet det beregnes over, noe som krever en viss mengde data for at det skal gi gode estimater. I noen tilfeller viser det seg at den imidlertid ikke fungerer helt optimalt, jf. kapittel 4.2.5.

Reisetidsalgoritmen brukt i AutoPASS-systemet er basert på tyngdepunkt i aktuelt tidsintervall og blåtann-systemet baseres på medianen i aktuelt tidsintervall. Hvorvidt en av metodene er bedre enn den andre har ikke blitt evaluert i denne oppgaven. Ved høye nok antall reisetidsregistreringer vil beregnet reisetid for et intervall være såpass like at det sannsynligvis ikke ville gi noe utslag ved å runde av til nærmeste minutt. Ved lave reisetidsregistreringer derimot kan det gi større forskjell i beregnet reisetid med de to systemene.

En videreutvikling av algoritmen laget for AutoPASS-systemet kunne være å gjøre tidsintervallene reisetiden beregnes over dynamisk. Altså at tidsintervallene justerer seg etter trafikkmengden. I rushtiden kan den være kort, slik at den raskt fanger opp kødannelse og eventuelle hendelser som oppstår. Om natten og andre tider på døgnet hvor trafikken er mindre kan tidsintervallet være større, slik at man før en representativ andel registreringer.

KAPITTEL 5 – KONKLUSJON OG VIDERE ARBEID

Blåtann er en reell utfordrer til andre metoder for innsamling av trafikkdata, spesielt med tanke på reisetid. Blåtannsystemet er en svært kostnadseffektiv måte å samle inn trafikkdata på sammenlignet med for eksempel AutoPASS-systemet og nummerplategjenkjenning. Lav investerings- og driftskostnad samt evne til å hente inn store antall datamengder gjør innsamling av trafikkdata med blåtann veldig attraktivt. Ofte er det slik at jo høyere pris man betaler, desto bedre produkt får man. Det er ikke alle sammenhenger man har behov for det beste, og trenger derfor ikke å betale i for det heller. I motsetning til andre systemer som må monteres i overkant av vegbanen er blåtannsystemet svært enkelt å sette opp og montering kan stort sett foregå uten å hindre trafikk på veien. Systemet krever heller ingen kompetanse ved oppføring, og med krav om kun en strømkilde og internettilkobling er det raskt å igangsette.

Denne oppgaven kan i hovedsak konkludere med at blåtannsystemet fungerer tilfredsstillende ved normal til høy trafikk, og ikke tilfredsstillende til tider på dagen hvor det er lite til svært lite trafikk. Sammenligning med forrige test i Trondheim fra 2011 viser at systemet fra Swarco og BlipTrack gir forholdsvis like resultater. BlipTrack enkle håndtering og presentasjon av innhentet data i sanntid gjør det enklere å analysere data.

Blåtann er ideell for innsamling av reisetidsdata siden hver enhet har sin unike MAC-adresse, og man kan da koble kjøretøys passeringer ved ulike registreringspunkt. Alle enheter som er slått på og synlig i kjøretøy, som mobiltelefoner, navigeringsutstyr, handsfree og lignende, kan fanges opp av en sensor uten involvering av bruker av enheten. I tillegg er systemet enkelt å sette opp, det kreves ingen kompetanse ved oppføring. Ingen andre systemer for reisetidsregistrering er like kostnadseffektivt som blåtannsystemet hvis man ser på både investerings-, drifts- og vedlikeholdskostnader.

Et krav på registrering av hver 20. reise er nok for at et reisetidssystem skal kunne beregne reisetid på gitt strekning. Dette gjelder hovedsakelig i de perioder det kommer nok kjøretøy slik at det ikke vil ta for lang tid mellom hver 20. reise. Om natten blir dette som sagt et problem og tidsintervallet det beregnes over blir ofte for kort.

Flere hendelser har oppstått i BlipTrack som viser at reisetiden beregnet ikke er helt til å stole på. Det kan også ha forekommet flere slike hendelser som ikke har blitt fanget opp. Sensorene fra BlipTrack har høye nok registreringer til at det kan benyttes til reisetidsberegning, men det kan virke som at filtreringsalgoritmen er den som svikter i de hendelsene som er fanget opp.

Reisetidsalgoritmen til BlipTrack baserer seg på medianen i beregningsintervallet. AutoPASS-algoritmen baserer seg på tyngdepunktet i intervallet, noe som krever at antall registreringer må være høyt nok. Fordelen med bruk av både median og tyngdepunkt er at de er stabile overfor ekstreme variasjoner, for eksempel kjøretøy som stopper undervegs og bruker mye lengre tid på å gjennomføre strekningen. Ved store datamengder vil det være liten forskjell på reisetid beregnet på basis av tyngdepunkt og median.

Videreutvikling av reisetidsalgoritmer er en viktig jobb for at blåttann som grunnlag for reisetid, for øvrig alle andre systemer også, kan brukes. Underveis under hele testingen og perioden med analysing av data ble kontakten mellom BlipTracks kundestøtte holdt. Flere av situasjonene oppdaget underveis ble rettet opp i da det viste seg at det var en feil i algoritmen benyttet i beregningene. Det er viktig å gi utviklere god tilbakemelding på systemet etter bruk, slik at de har mulighet til å rette opp i eventuelle feil. Et feilfritt system i fremtiden er totalt avhengig av at brukere gir sine tilbakemeldinger.

AutoPASS-algoritmen virker bra på data innhentet fra AutoPASS-antennene. En videre vurdering av tyngdepunktsmetoden i forhold til bruk av medianen i reisetidsberegninger ville være interessant. Testing av AutoPASS-algoritmen på et utvalg av data innhentet av blåttannsensorene og sammenlignet dette med de reisetider algoritmen i BlipTrack vil man bedre kunne se forskjellen på de ulike metodene.

Noe det burde sees nærmere på i fremtiden er betydningen av sensorens plassering og antennes vinkling. Det kunne også være en ide å teste en annen mobil sensor ved registreringspunktet i Kongsvegen, for å se om sensoren i seg selv kan være grunnen til lave registreringstall.

For en tid tilbake trodde mange innen fagområdet ITS at reisetidsmåling med posisjonering av GSM var det nye store, men det viste seg å være et for avansert system til å bli en suksess. Så hvorfor skal man tro at det er blåttann som har kommet for å bli? Tiden vil vise, men blåttann som system for reisetidsregistrering er enkelt i bruk, og resultatene har blitt bedre etter år med testing av ulike blåttannsystemer. Både antennene som benyttes og filtreringsalgoritmene blir stadig utviklet, som også fører til bedre resultater.

BIBLIOGRAFI

- Araghi, B. N., Christensen, L. T., Krishnan, R., & Lahrmann, H. (2012). *Application of Bluetooth Technology for Mode Specific Travel Time Estimation on Arterial Roads: Potentials and Challenges*. Trafikdage på Aalborg Universitet 2012.
- Araghi, B. N., Olesen, J. H., Krishnan, R., Christensen, L. T., & Lahrmann, H. (2012). *Reliability of Bluetooth Technology for Travel Time Estimation*.
- Bergli, Y. (2013). *Adressa*. Hentet fra Mistet container i Okstadbakken:
<http://www.adressa.no/nyheter/trondheim/article7497951.ece>
- BLIP Systems. (2013). *Airport*. Hentet fra Real-Time Passenger Tracking & Queue Measurement: <http://www.bliptrack.com/airport/area-of-operations/>
- BLIP Systems. (2013). *BlipTrack 5.0 Traffic User's Guide*. BLIP Ststems.
- BLIP Systems. (2013). *BlipTrack Travel Times Background*.
- Bluetooth SIG, Inc. (2013). *Bluetooth Basics*. Hentet fra A Look at the Basics of Bluetooth Wireless Technology: <http://www.bluetooth.com/Pages/Basics.aspx>
- Eriksson, M. (2012). *Reisetid med blåtann-teknologi*. Vegdirektoratet ITS-Seksjonen.
- Fornyings-, Administrasjons- og Kirke departementet. (2004). *Arbeidslivslovutvalget*. Hentet fra EUs personverndirektiv:
<http://www.regjeringen.no/nb/dep/fad/dok/nouer/2004/nou-2004-5/18/3/4.html?id=385160>
- Haugen, T. (2013). Samtale.
- Huseby, R. B., & Haug, O. (2012). *Beregning av reisetid ved hjelp av blåtannteknologi*. Norsk Regnesentral.
- Levin, T. (2013). Samtale.
- Malinkovsky, Y., Wu, Y.-J., Wang, Y., & Lee, U.-K. (2009). *Field Experiments on Bluetooth-based Travel Time Data Collection*.
- Ramsdal, R. (2013). *Intelligent trafikk*. Hentet fra Teknisk Ukeblad:
<http://www.tu.no/bygg/2013/03/06/styrer-trafikklys-med-bilistenes-bluetooth>
- Raza, M. (2013). Samtale.
- Raza, M., & Egemalm, Å. (2012). *Travel Time Estimation based on Bluetooth Sensors: Results from a Comparative Field Test*. Danske Vejdirektorat.
- Raza, M., & Egemalm, Å. (2012). *Travel Time Estimation on Bluetooth Sensors: Results from a Comparative Field Test*. Department of Intelligent Transportation Systems, Danish Road Directorate.

- Samferdselsdepartementet. (2013). *Nasjonal Transportplan 2014-2023 Meld. St. 26*.
- Sintonen, H. (2012). *Bluetooth Based Travel Time Estimation*. Finnish Transport Agency.
- Statens Vegvesen. (2011). *ITS på veg*.
- Sundberg, C. Ø. (2013). *Adressa*. Hentet fra Fikk taket revet av i jernbaneundergangen:
<http://www.adressa.no/nyheter/trondheim/article7457767.ece>
- Ulrik, S. (2013). Samtale med BLIP Systems Support.
- Wahl, R., & Haugen, T. (2005). *DynamIT - Systembeskrivelse og evaluering*. SINTEF Teknologi og Samfunn.
- Wahl, R., Flø, M., Haugen, T., Bang, B., & Lillestøl, P. L. (2003). *Dynamisk transportinformasjon - Kunnskapsstatus*. SINTEF Bygg og miljø.
- Wikipedia. (2013). *Wikipedia*. Hentet fra Received signal strength indication:
http://en.wikipedia.org/wiki/Received_signal_strength_indication

VEDLEGG

Vedlegg A - Oppgavetekst

Vedlegg B - Reisetider på Strekningen Klett - Okstadbakken og Okstadbakken - KissNGo

VEDLEGG A



MASTEROPPGAVE
VÅREN 2013
for

Silje Rogn Aune

Reisetidsregistrering med blåtanntenkologi

Travel time registration with bluetooth technology

Bakgrunn / Problemstilling

I Norge har vi gjennom flere prosjekt utviklet og testet metoder og algoritmer for registrering av strekningsdata. Mye av utviklingen har fokusert på reisetidsregistrering. Basert på erfaringer fra de ulike testprosjektene har Statens Vegvesen nå utviklet et komplett system for å beregne og presentere reisetid (www.reisetider.no).

Systemet kalles «Reisetidssystemet». I dag er datainnsamlingen basert på AutoPASS brikker, men systemet er designet for å kunne beregne/estimere reisetid fra både snitt- og strekningsdata fra forskjellige teknologier og sensorer. Data presenteres som gjennomsnittlig reisetid med en tidsoppløsning på 5 minutt.

Foreløpig omfatter systemet noen delstrekninger på innfartsveger i Trondheim og Oslo, men det skal etter planen utvides til de fleste større norske byer. I denne utvidelesen er det også aktuelt å registrere reisetider i sentrumsområder, i tillegg til de trafikkerte innfartsårene. De algoritmene vi har utviklet er stort sett basert på erfaringer og data fra landeveg og motorveg. Dette gir nye utfordringer når systemet også skal tas i bruk sentrumsområder hvor det er en større andel kryss. Spesielt kan signalregulerte kryss påvirke reisetiden betydelig uten at det nødvendigvis er trafikkavhengig forsinkelse på strekningen.

I Trondheim er systemet etablert på E6 på strekningen fra Klett til Studentersamfundet. På samme strekningen er det også montert sensorer for registrering av reisetid med blåtann. Blåtann er ikke like presis som AutoPASS i forhold til registrering av enkeltkjøretøy, men en langt billigere teknologi som er høyaktuell å benytte i fremtidig utbygging av Reisetidssystemet. Presisjonsnivået gir imidlertid andre utfordringer i algoritmene enn ved bruk av brikker. Andelen kjøretøy med blåtann er også en faktor som Statens vegvesen ønsker mer kunnskap om.

Oppgaven

Kandidaten skal i denne oppgaven vurdere blåtann som teknologi for reisetidsregistreringer, og bruke teknologien på en utvalgt strekning i Trondheim. Kandidaten skal spesielt se på blåtannsystem fra det danske firmaet BLIP Systems. Arbeidet vil være en del av Statens vegvesen sitt arbeid med reisetidsregistrering i etatsprogrammet SMITS.

Oppgaven kan deles i tre deler:

I den første delen skal kandidaten gjennomføre et litteraturstudium for å se på erfaringer nasjonalt og internasjonalt. I litteraturstudiet skal det legges hovedvekt på to forhold:

1. Metoder og algoritmer for å registrere reisetidsdata
2. Erfaringer med systemer basert på blåtann

I del to av oppgaven skal kandidaten gjøre seg kjent med systemet fra BLIP, og gi en beskrivelse av de mulighetene som ligger i dette systemet.

I den tredje delen skal kandidaten vurdere løsningen fra BLIP Systems - både selve løsningen og kvalitet og omfang på data. Kandidaten skal foreta sammenligning mot data fra AutoPASS, samt gjøre egne supplerende registreringer ved behov. I denne delen skal kandidaten også benytte data fra BLIP for å analysere fremkommeligheten på deler hovedvegnettet sør for Trondheim. Det skal vurderes om løsningen fra BLIP med mobile enheter fungerer, og det skal demonstreres hvordan løsningen kan benyttes til avviklingsanalyser.

Kandidaten skal analysere og presentere innsamlede data og vurdere blåtann som alternativ sensor for reisetidsregistreringer

Vekten på de ulike delene i oppgaven vurderes av kandidaten i samarbeid med faglærer og veileder.

Generelt om oppgaveinnhold og presentasjon

Oppgaveteksten er ment som en ramme for kandidatens arbeid. Justeringer vil kunne skje underveis. Eventuelle justeringer må skje i samråd med veileder og faglærer ved instituttet samt med ekstern samarbeidspartner.

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) legges ved som Vedlegg 1.
- 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/ ekstern 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 godkjenning fra NTNU (og ekstern samarbeidspartner der dette er aktuelt). Instituttet har rett til å bruke resultatene av arbeidet til undervisnings- og forskningsformål som om

det var utført av en ansatt. Ved bruk ut over dette, som utgivelse og annen økonomisk utnyttelse, må det inngås særskilt avtale mellom NTNU og kandidaten.

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

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

Helse, miljø og sikkerhet (HMS):

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

Dersom studenten i arbeidet med masteroppgaven skal delta i feltarbeid, tokt, befarings, feltkurs eller ekskursionsjoner, 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 14. januar 2013

Besvarelsen leveres senest ved registrering i DAIM innen 10. juni 2013 kl 1500.

Faglærer ved instituttet: Førstelektor Torbjørn Haugen, Int. for Bygg, anlegg og transport, NTNU

Veileder (eller kontaktperson) hos ekstern samarbeidspartner: Ane D. Storsæter og Jorunn Levy Riddervold hos Statens vegvesen Vegdirektoratet, avdeling Trafikksikkerhet, miljø og teknologi (TMT), seksjon ITS.

Institutt for bygg, anlegg og transport, NTNU

Dato: 30.01.2013

Underskrift

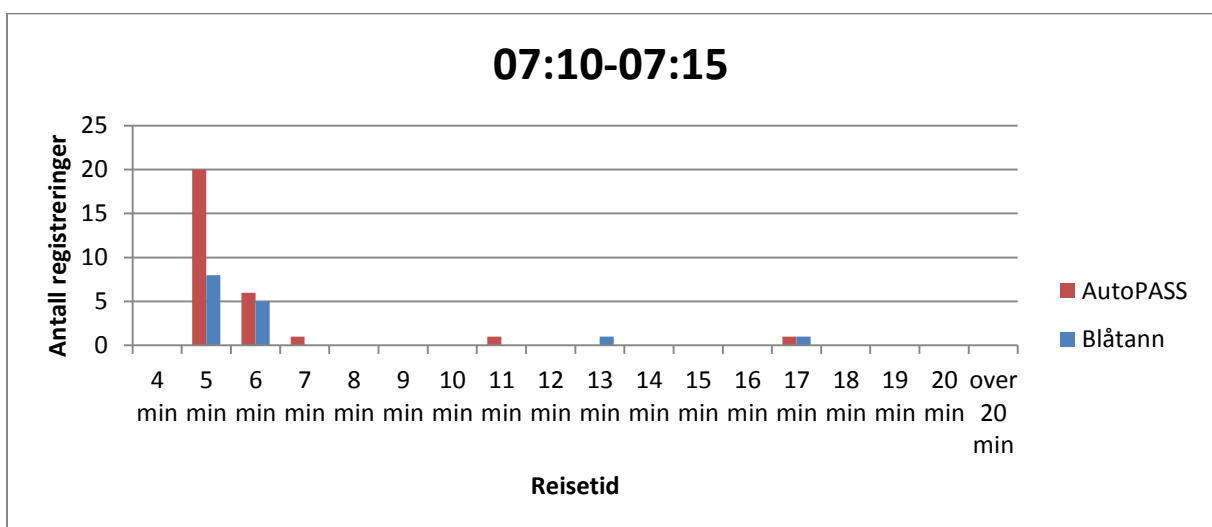
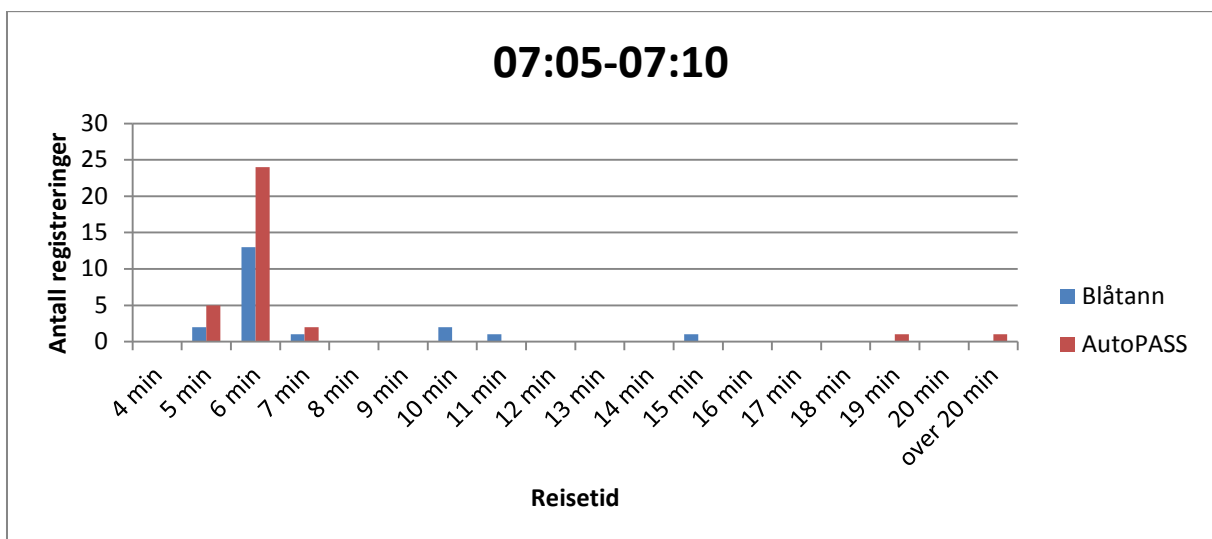
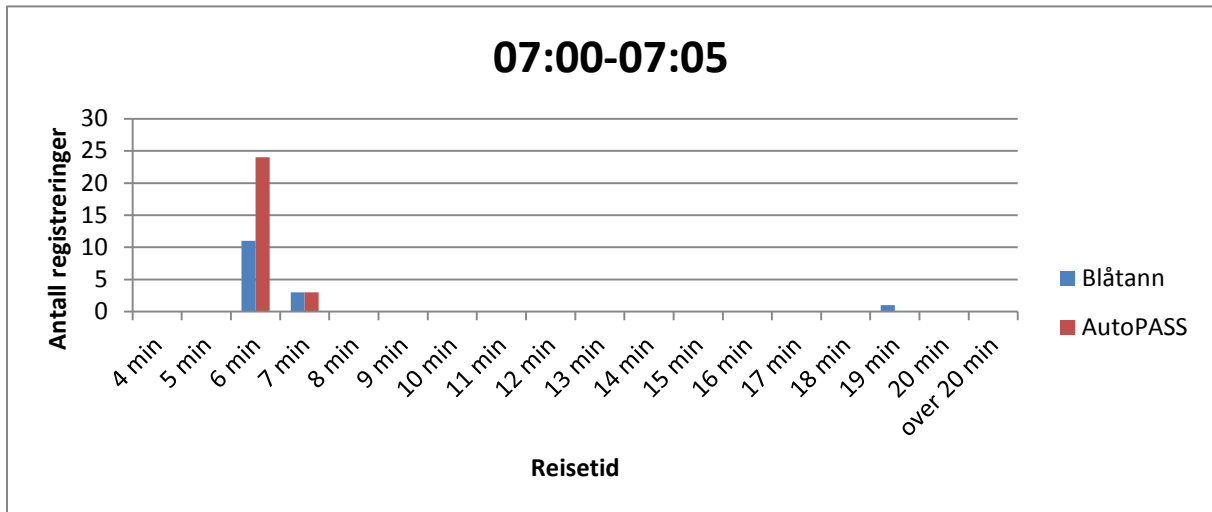
(sign)

Faglærer

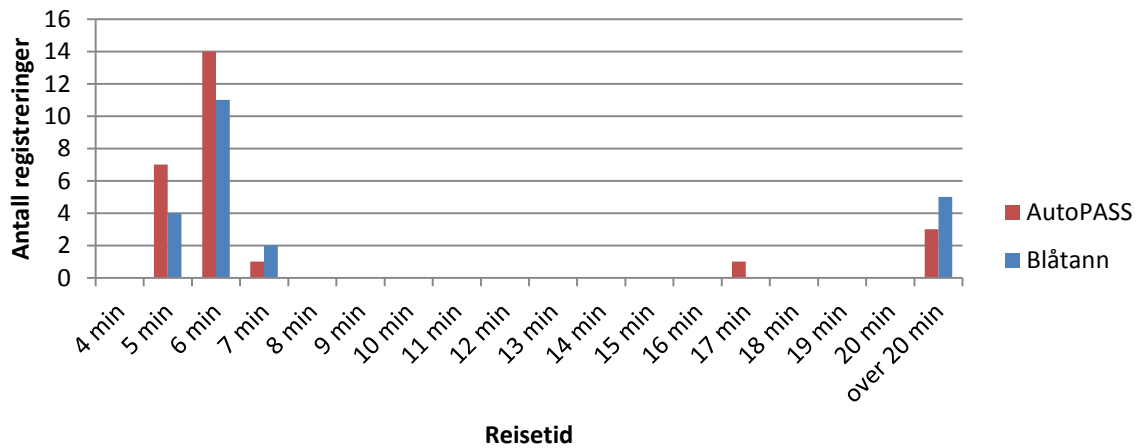
Institutt for bygg, anlegg og transport

VEDLEGG B

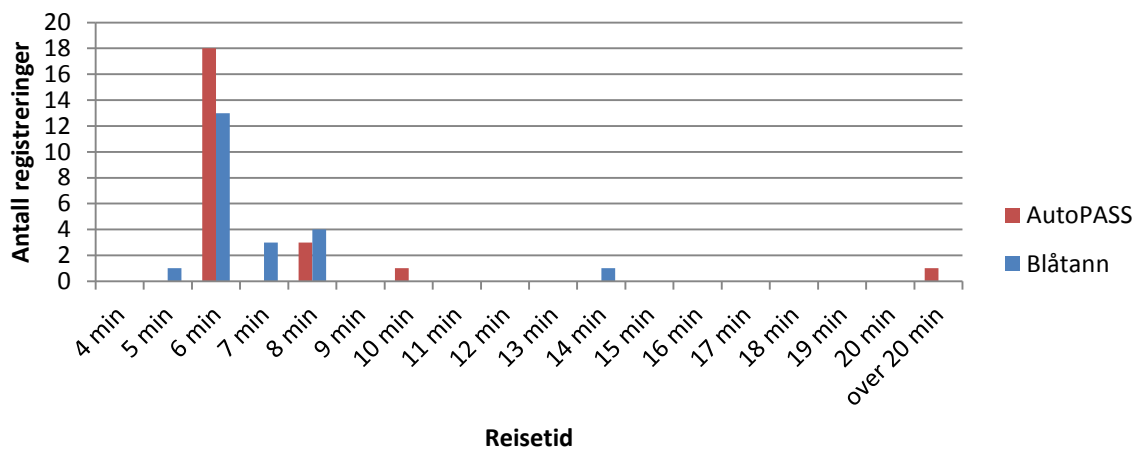
Klett - Okstadbakken 07:00-08:00



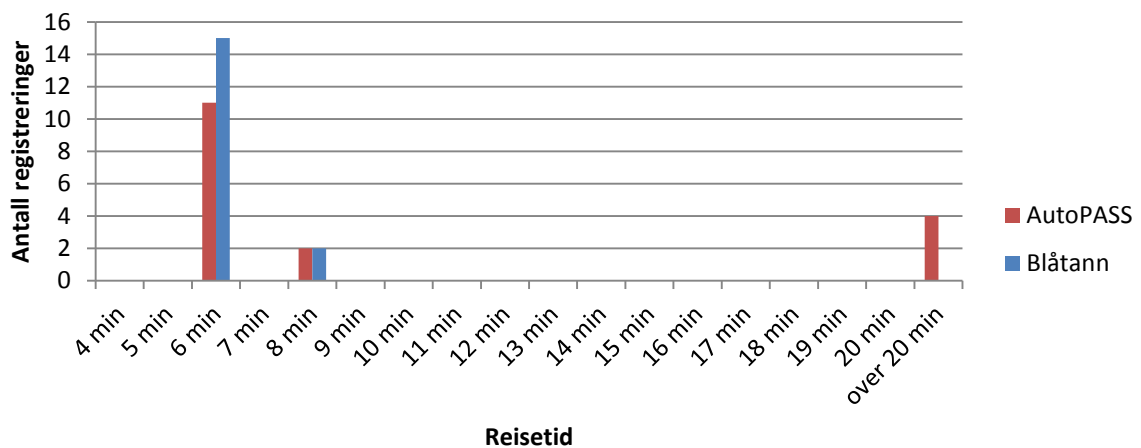
07:15-07:20



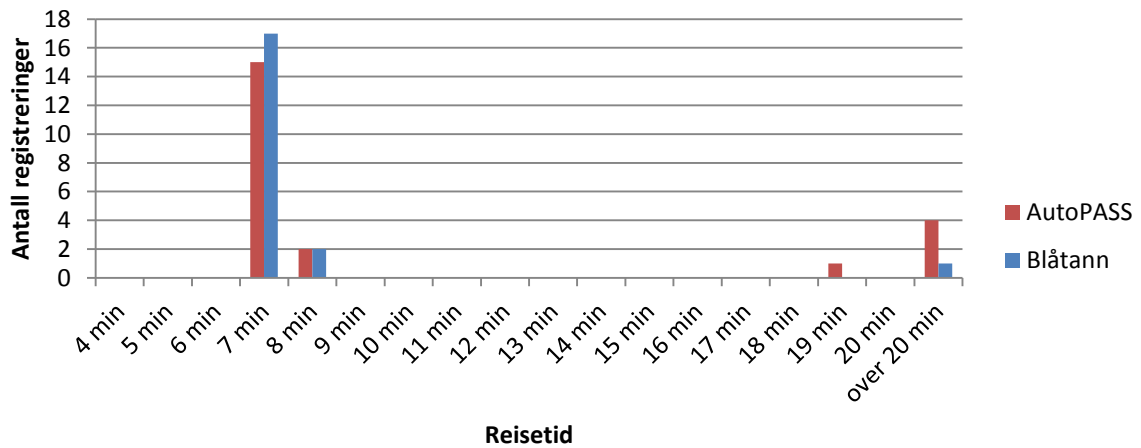
07:20-07:25



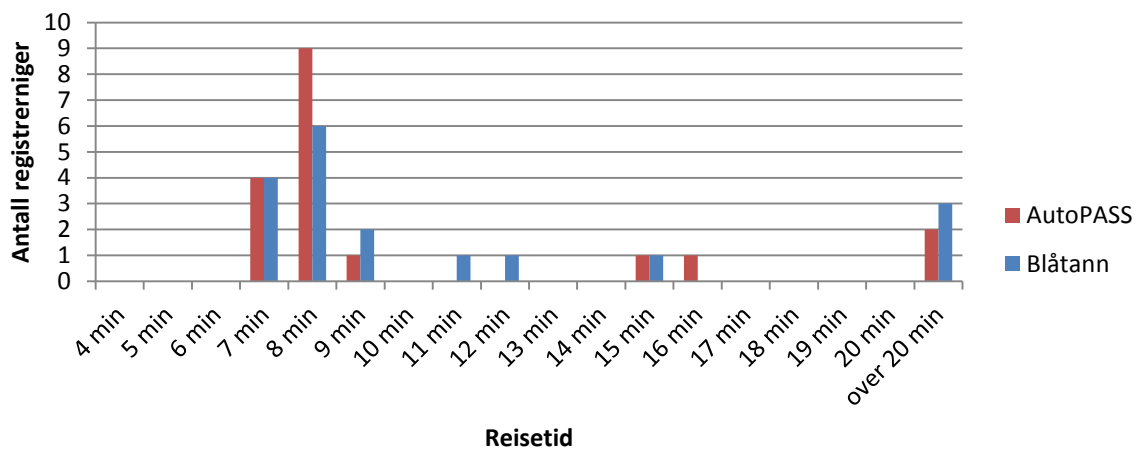
07:25-07:30



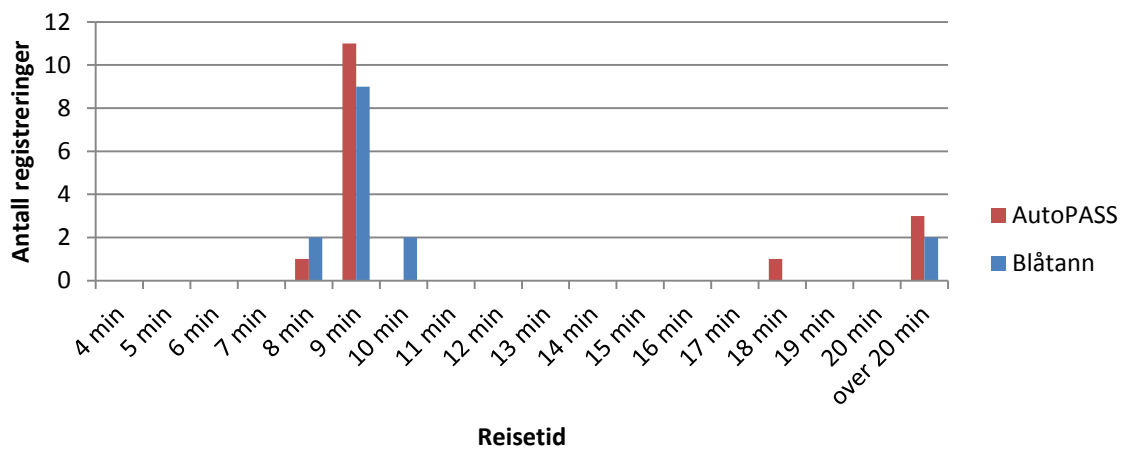
07:30-07:35



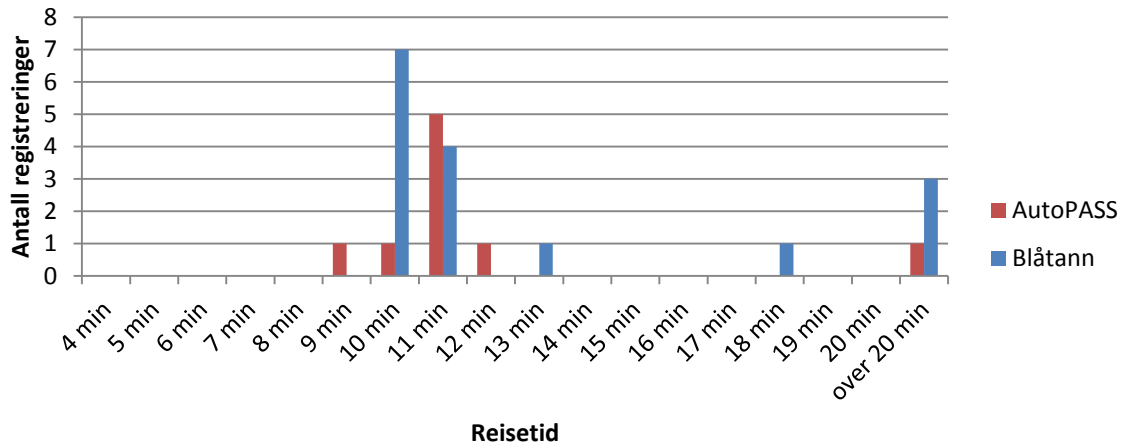
07:35-07:40



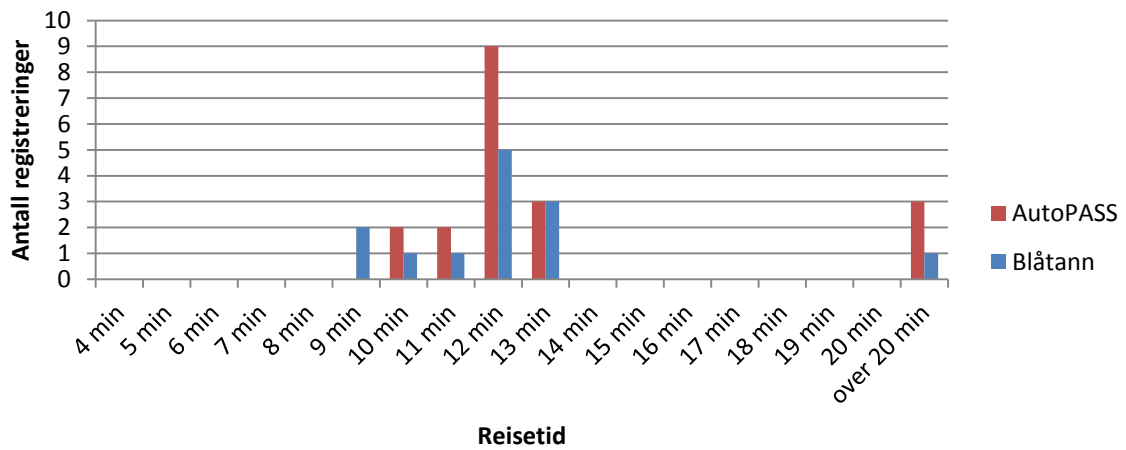
07:40-07:45



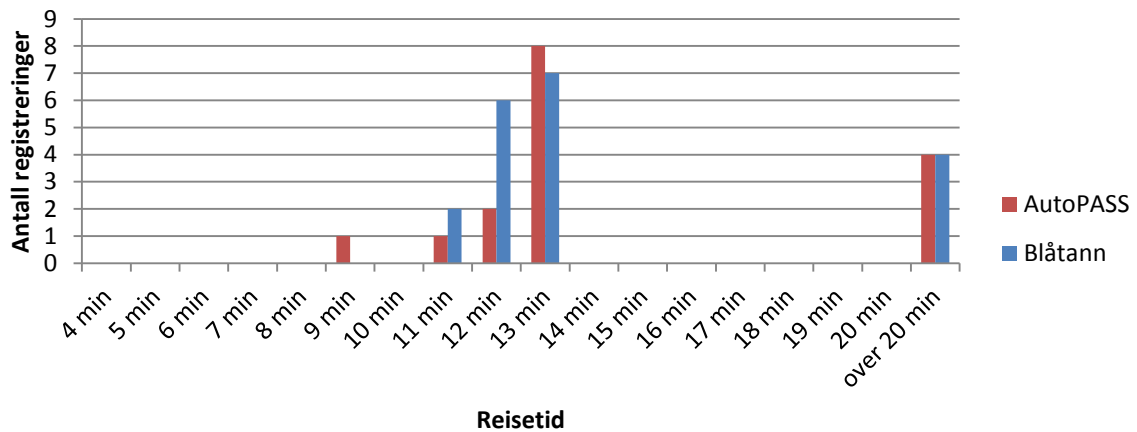
07:45-07:50



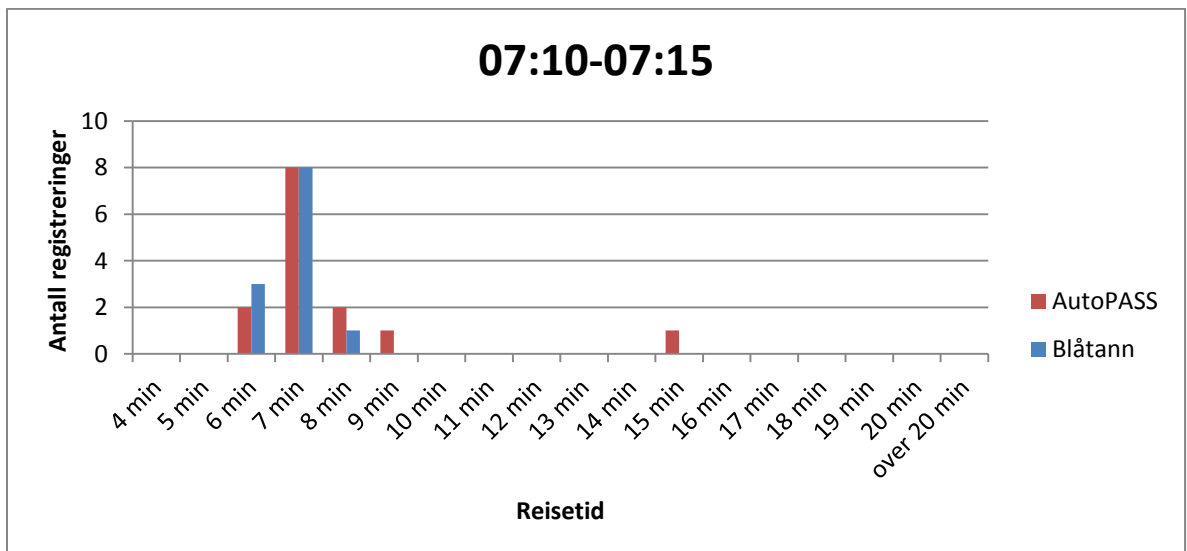
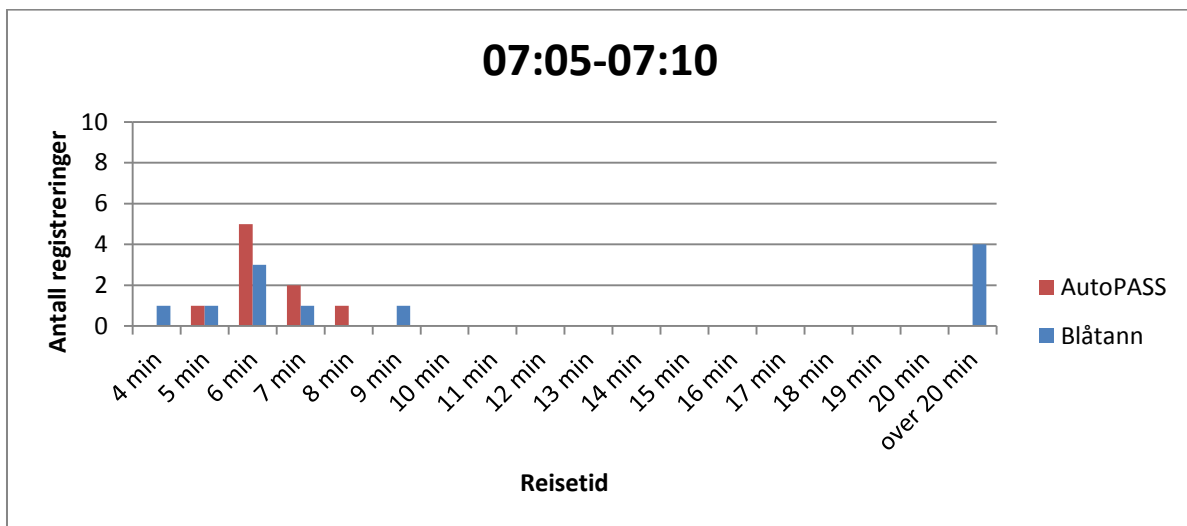
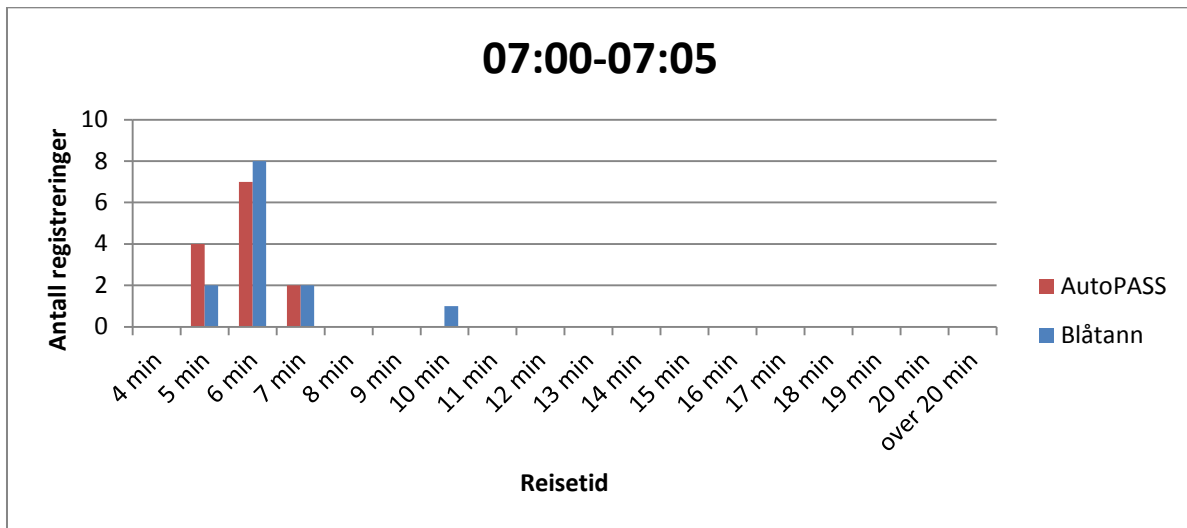
07:50-07:55



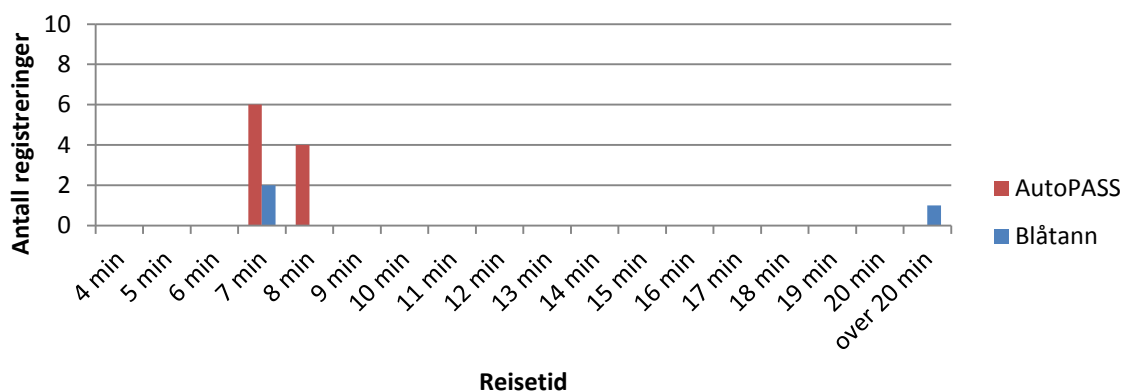
07:55-08:00



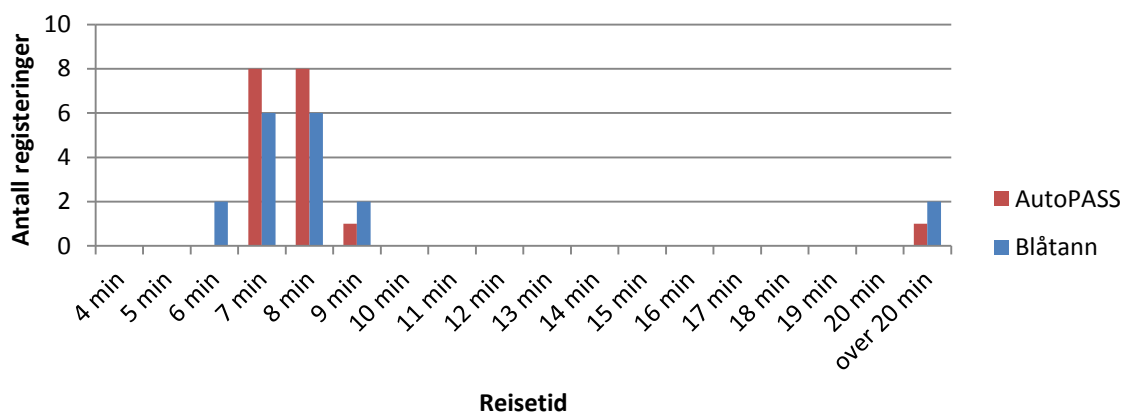
Okstadbakken - KissNGo 07:00-08:00



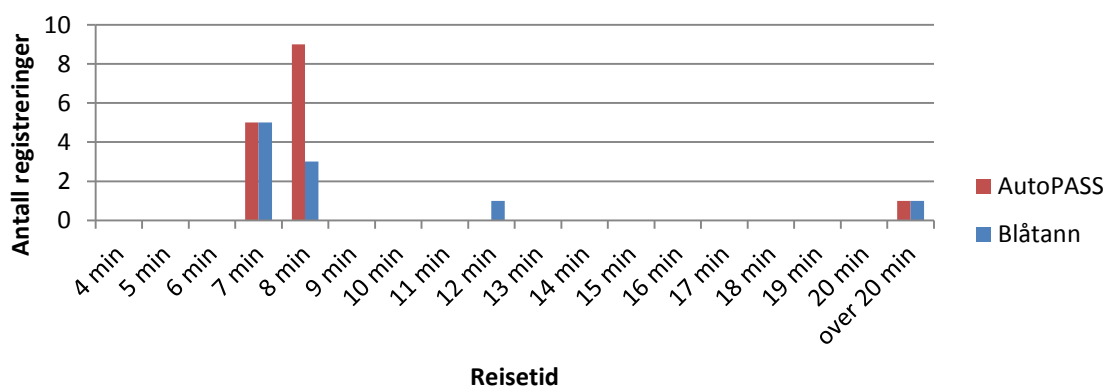
07:15-07:20



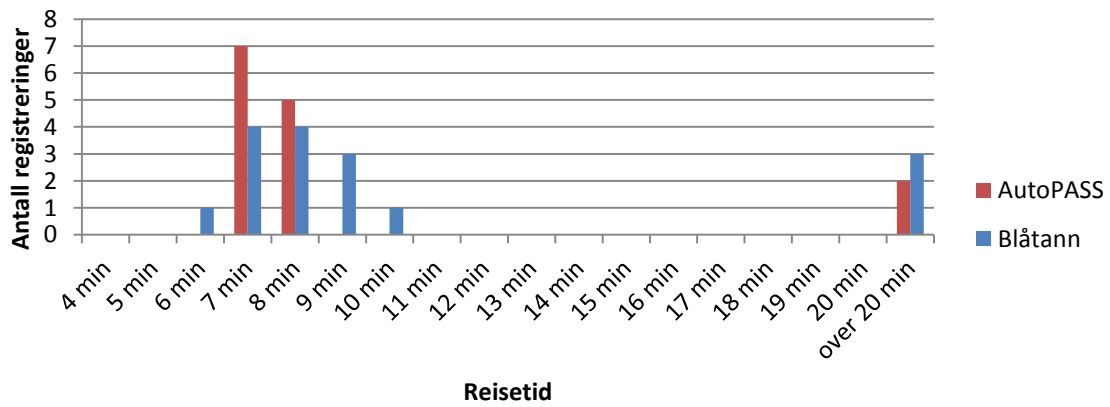
07:20-07:25



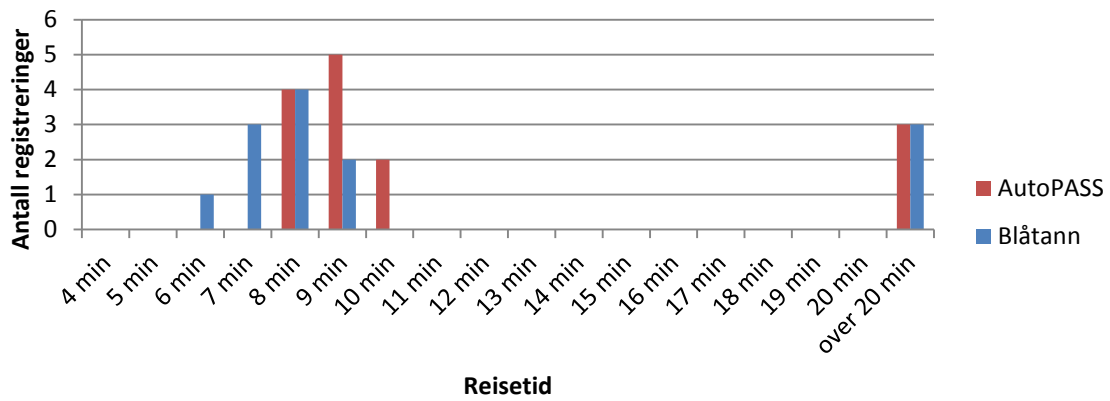
07:25-07:30



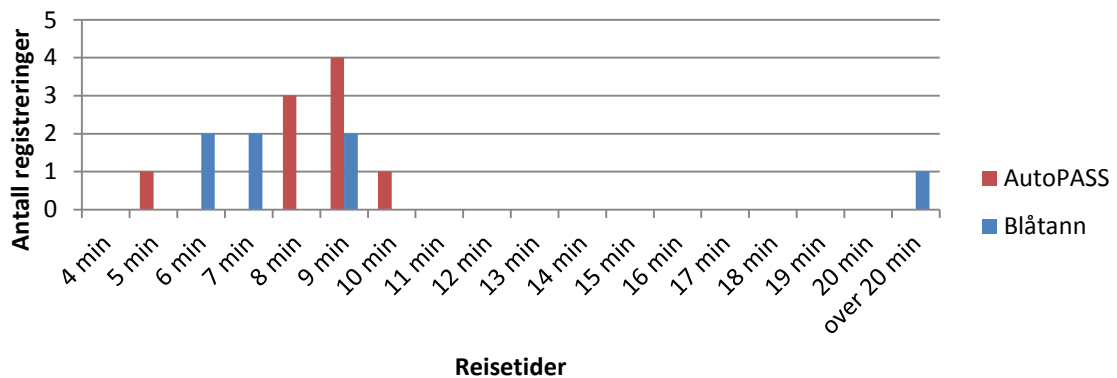
07:30-07:35



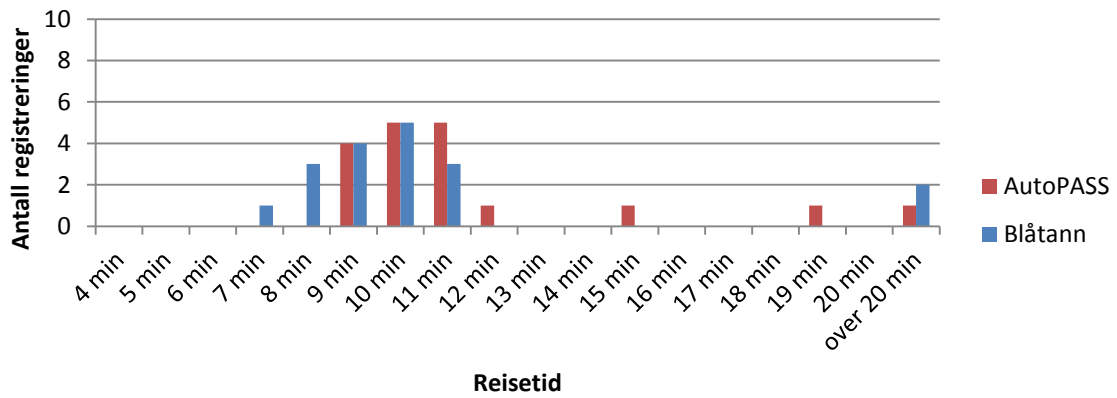
07:35-07:40



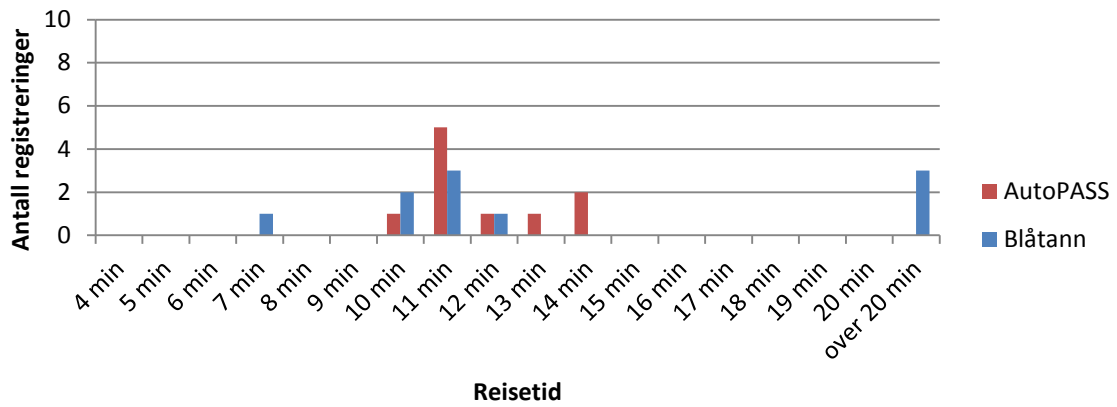
07:40-07:45



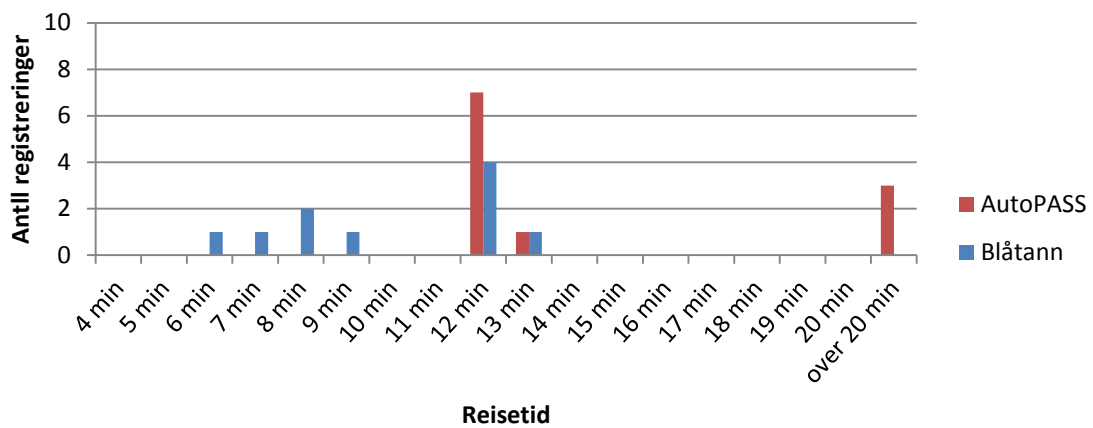
07:45-07:50



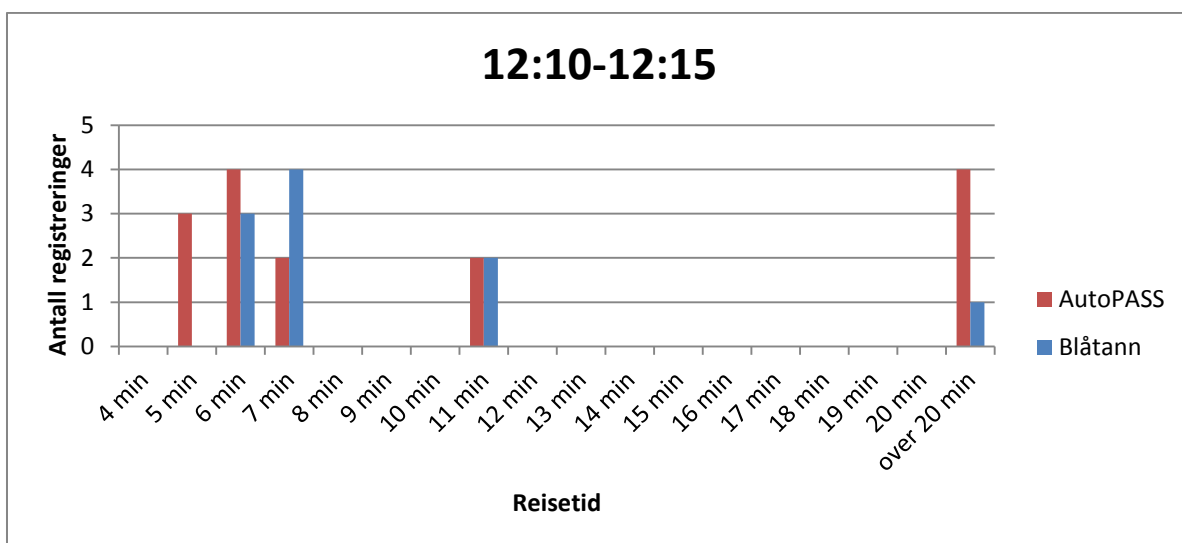
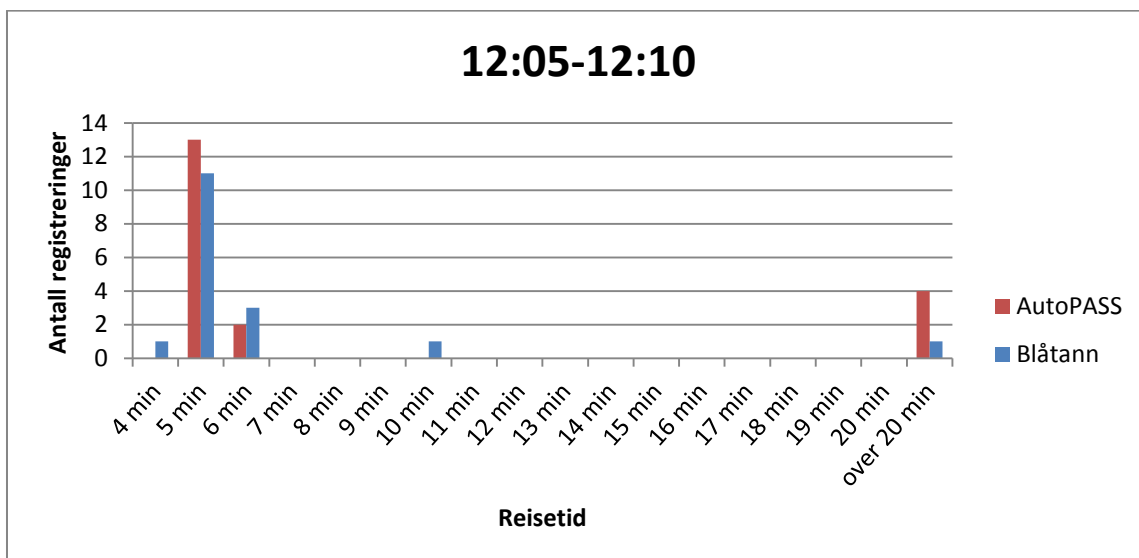
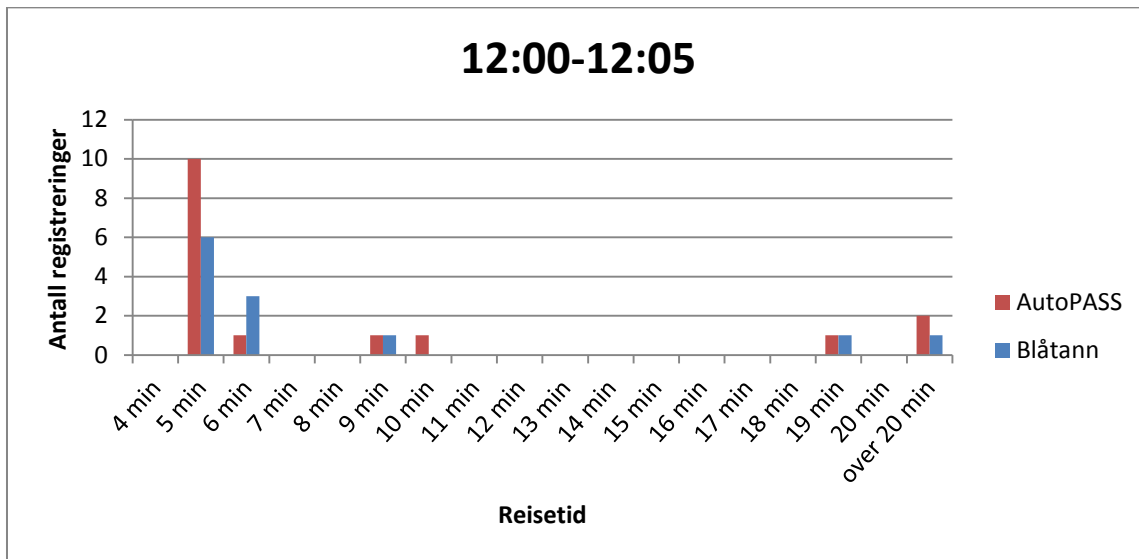
07:50-07:55



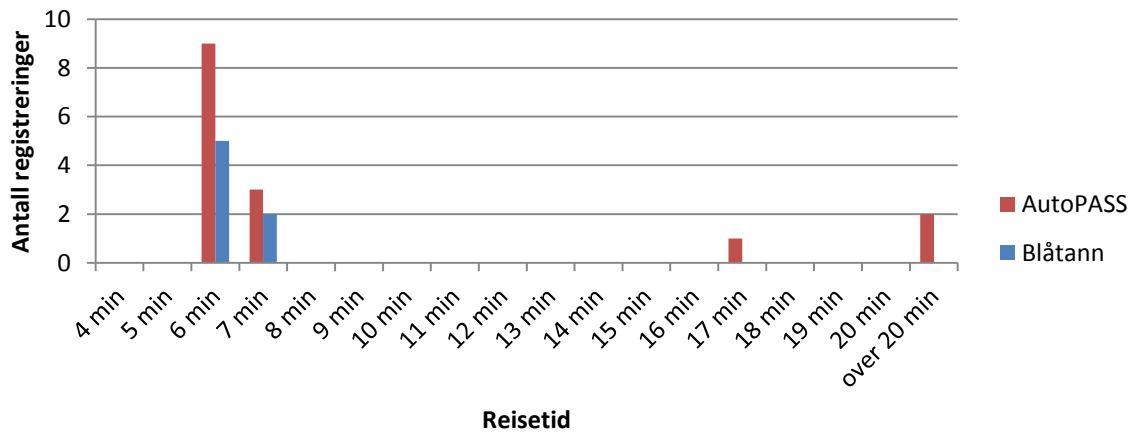
07:55-08:00



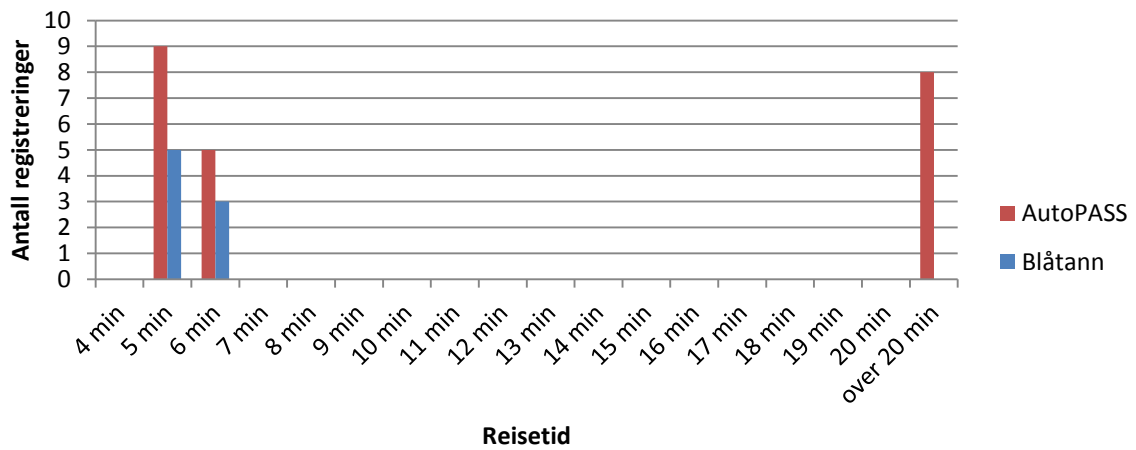
Klett - Okstadbakken 12:00-13:00



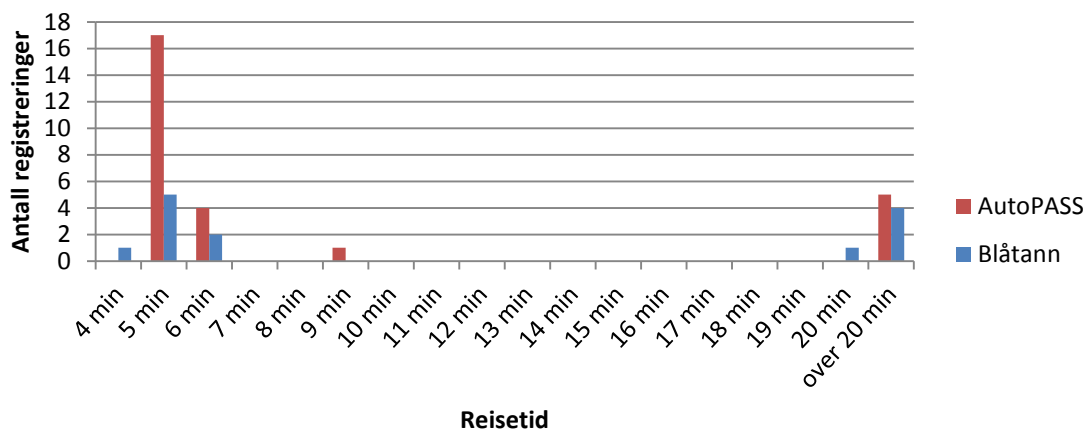
12:15-12:20

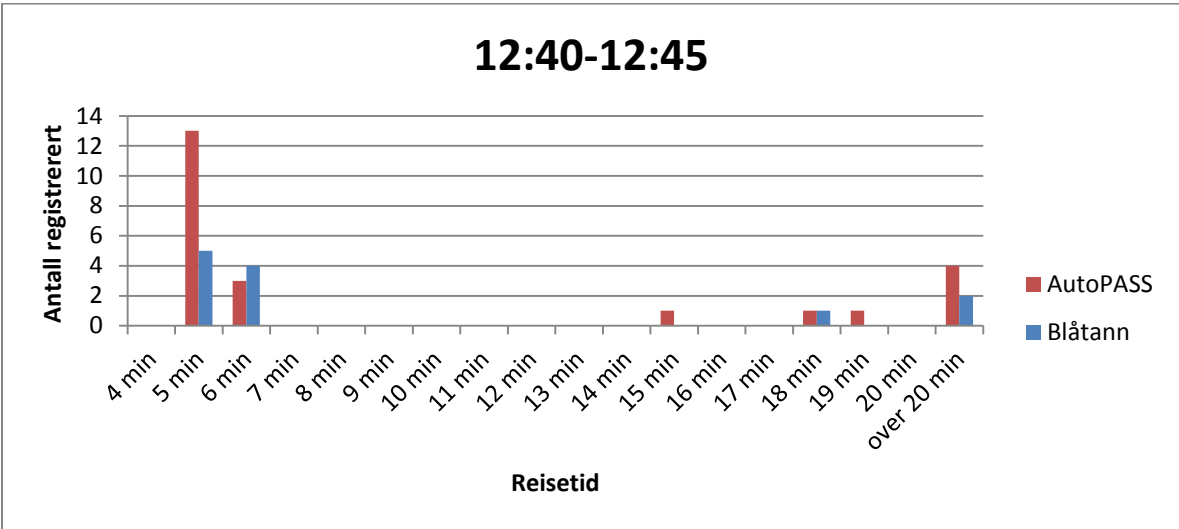
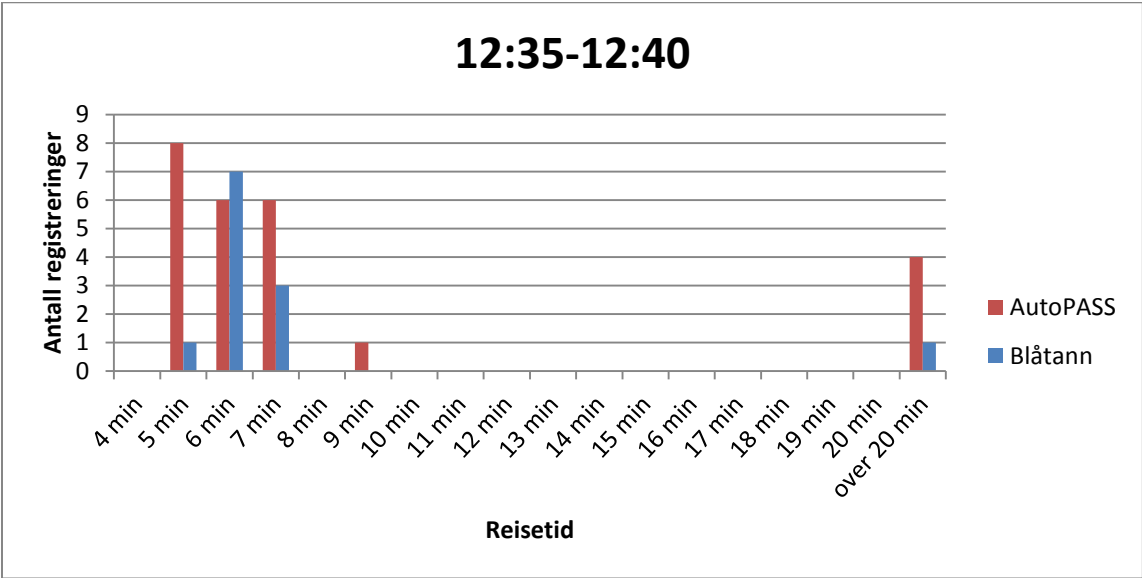
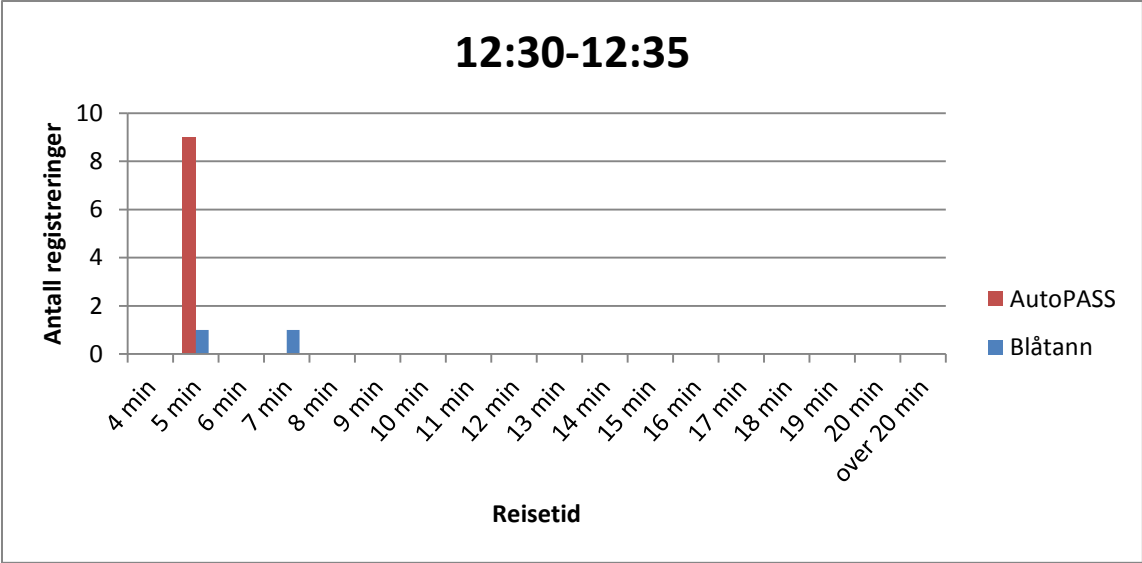


12:20-12:25

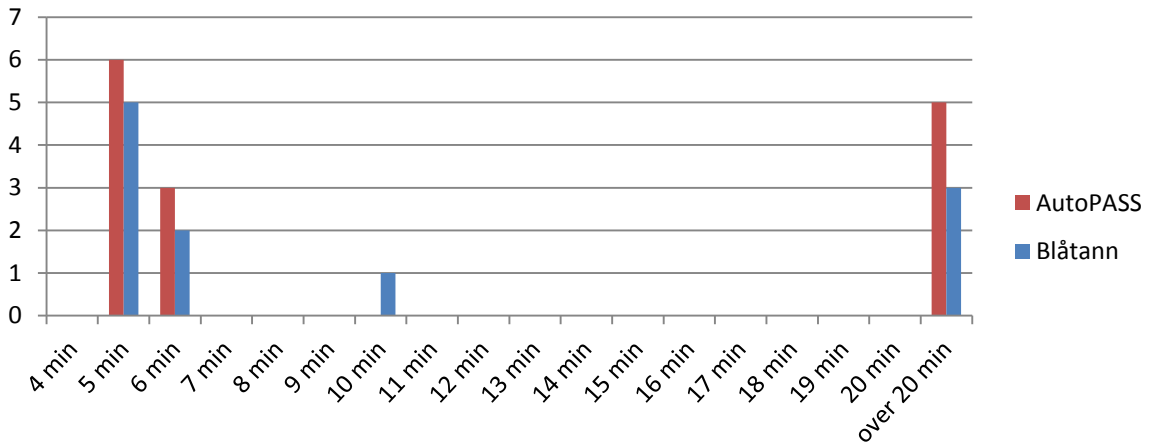


12:25-12:30

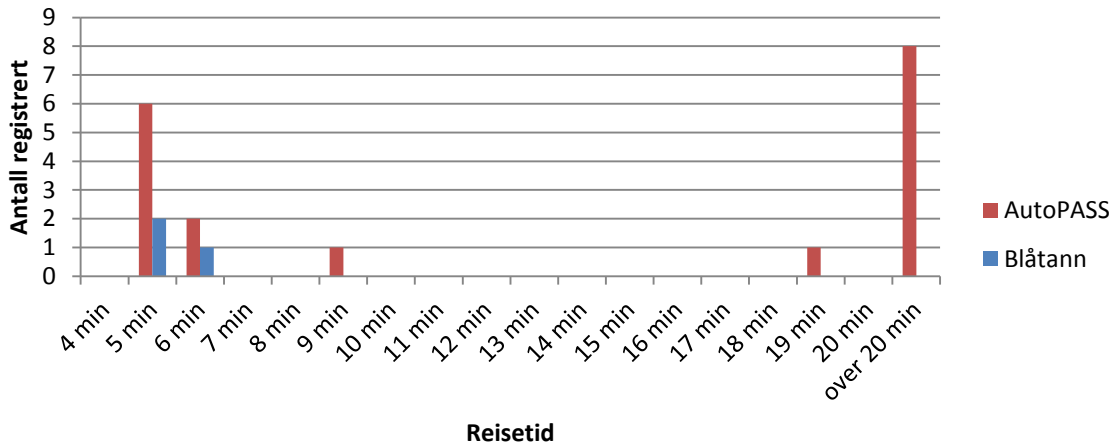




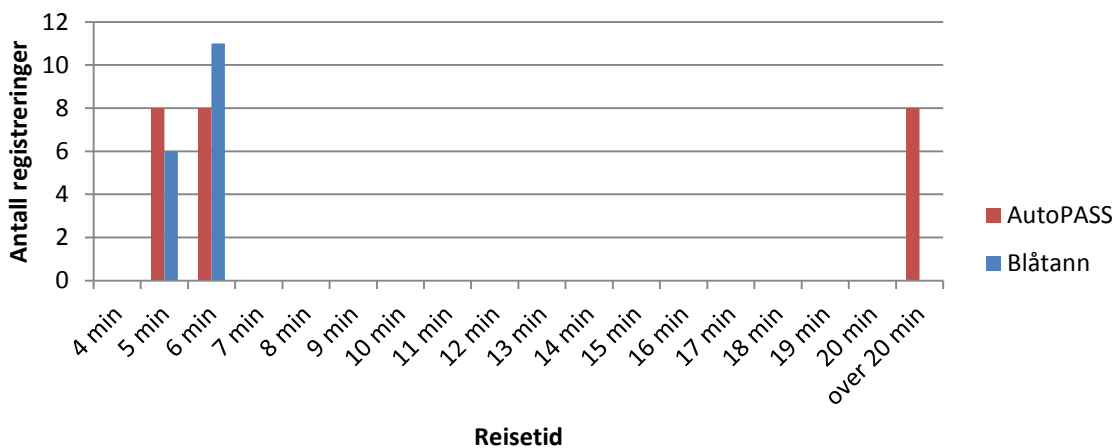
12:45-12:50



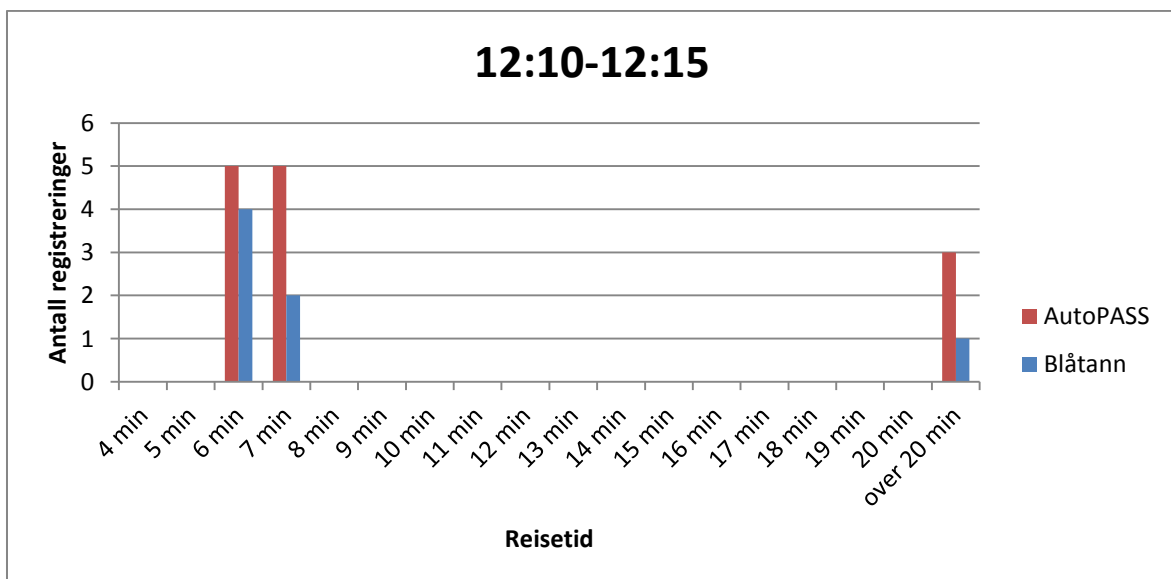
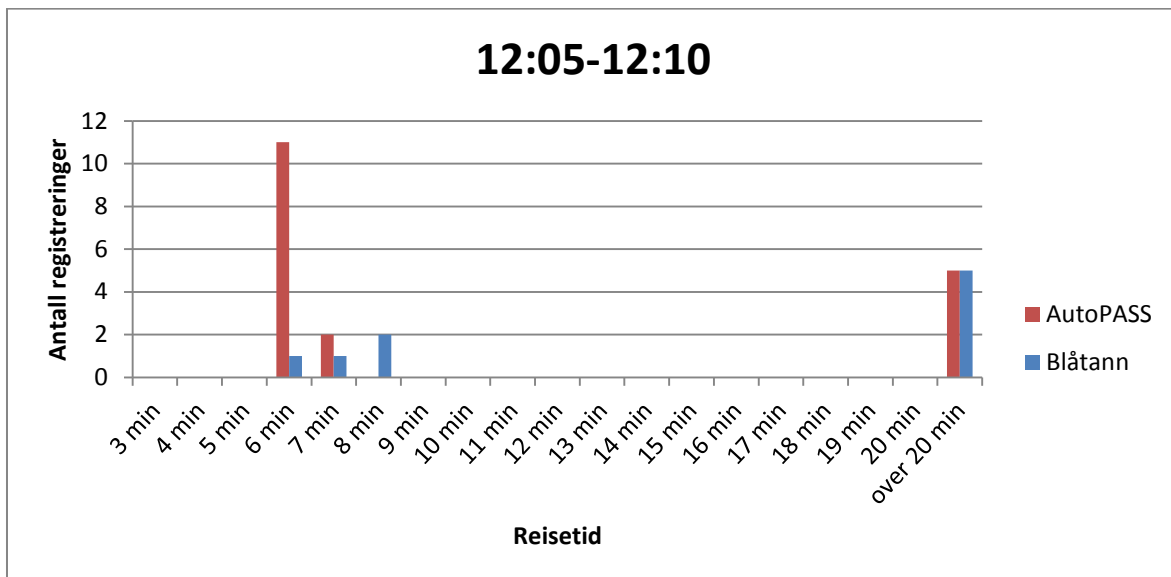
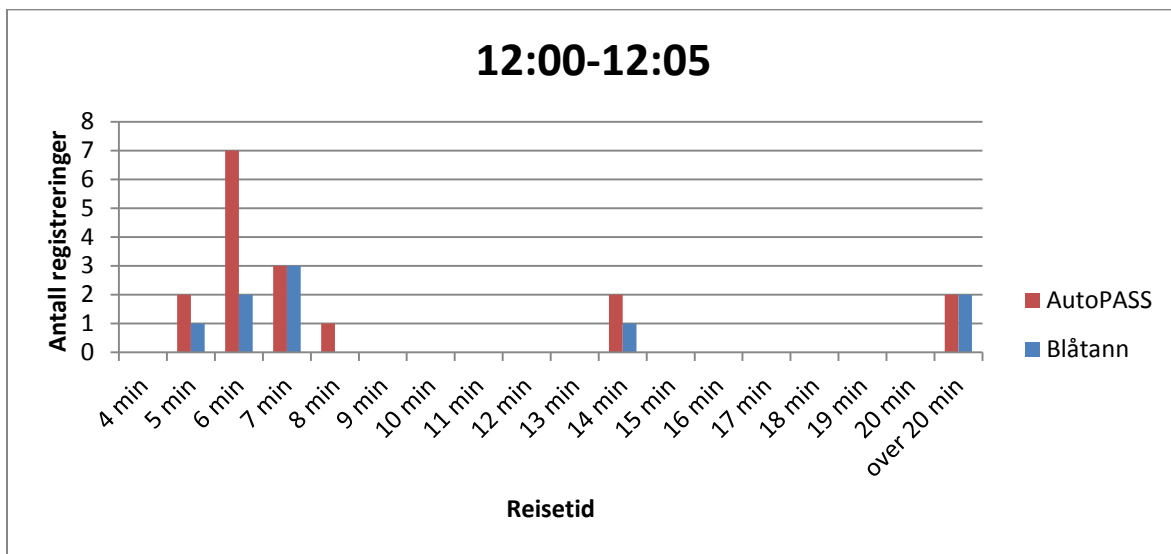
12:50-12:55



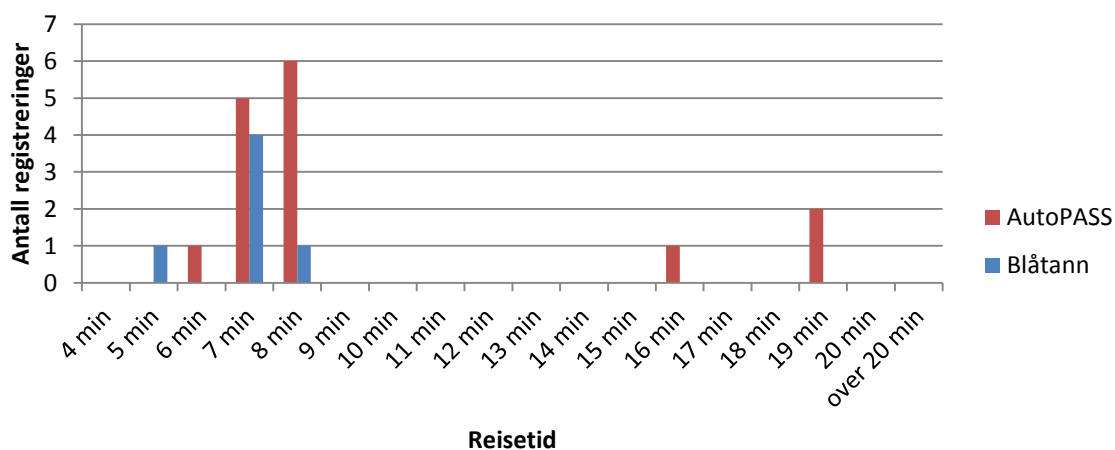
12:55-13:00



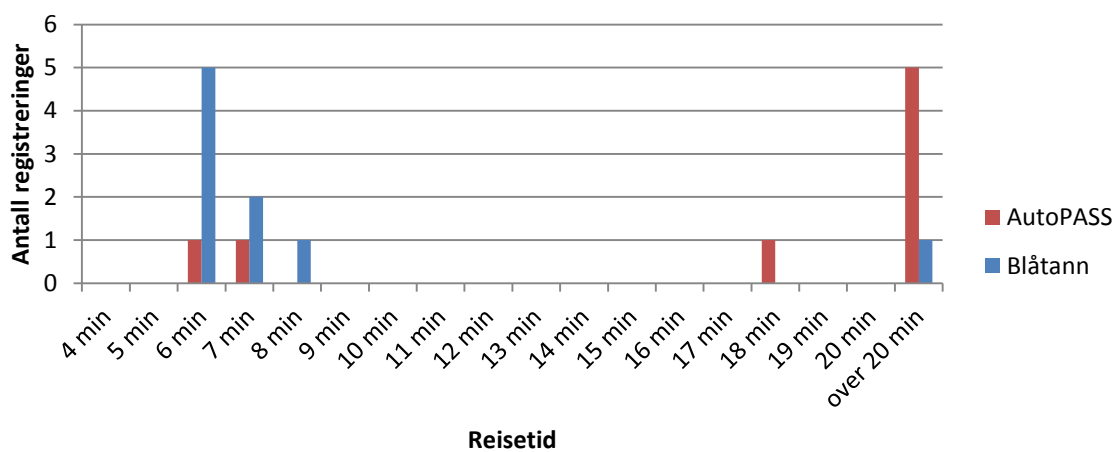
Okstadbakken - KissNGo 12:00-13:00



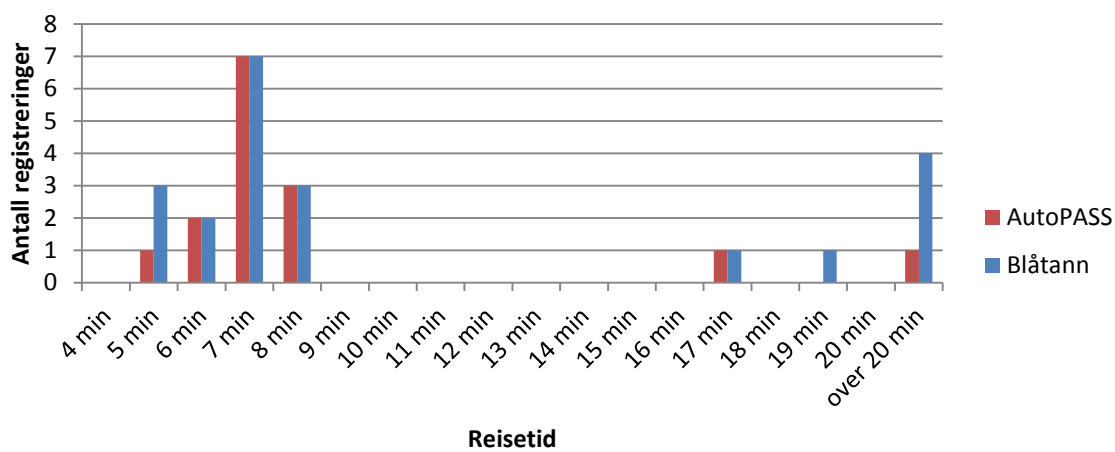
12:15-12:20



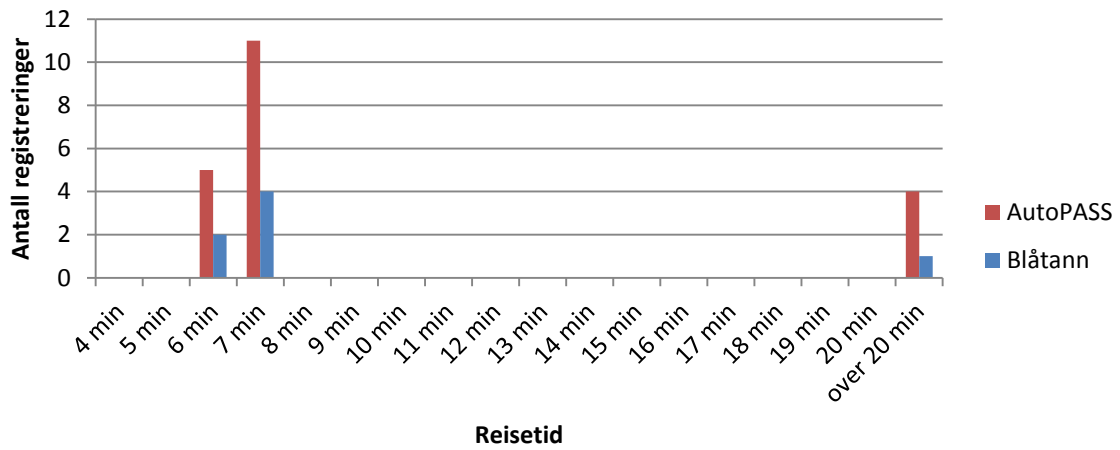
12:20-12:25



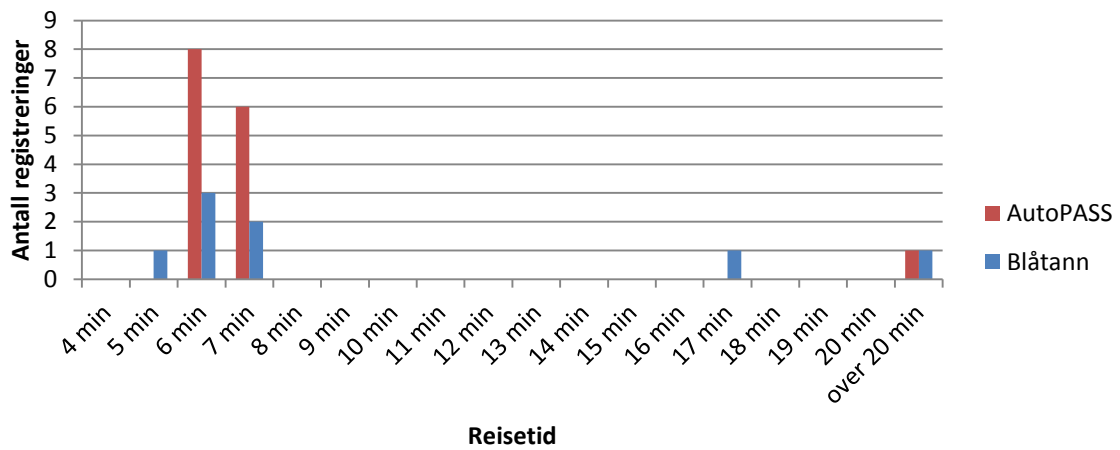
12:25-12:30



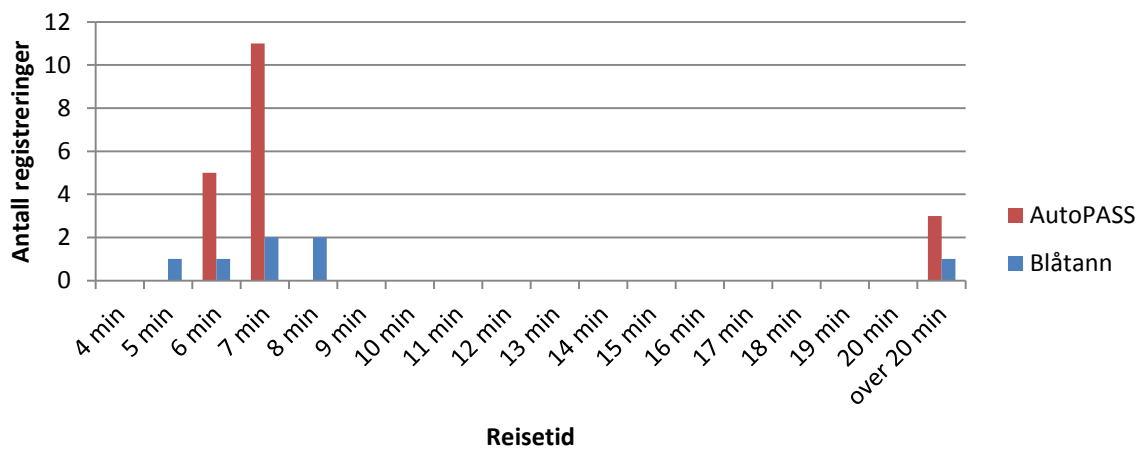
12:30-12:35



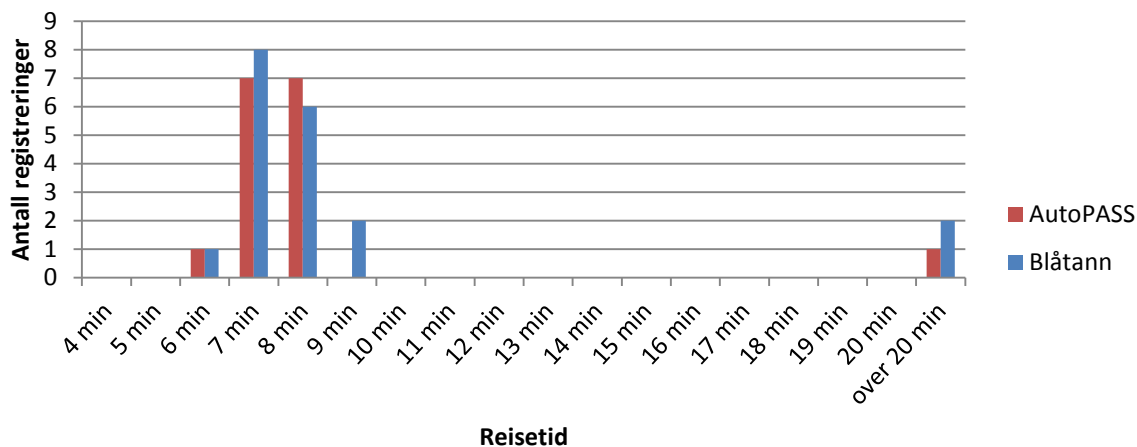
12:35-12:40



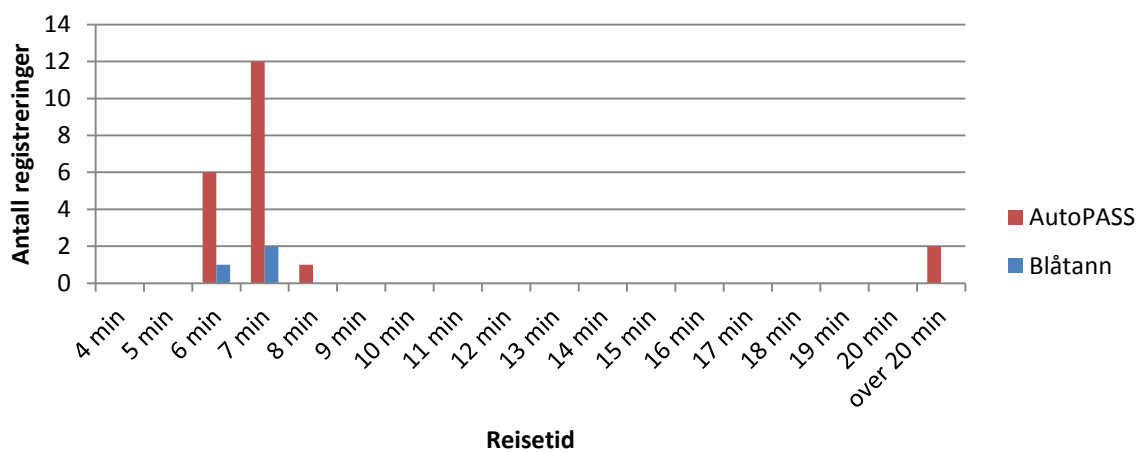
12:40-12:45



12:45-12:50



12:50-12:55



12:55-13:00

