

Trængselsopgørelse for busser

- samt vurdering af fremkommeligheds forbedrende tiltag



Bilagsrapport

Afgangsprojekt for:
Jens Kristian Duhn og Jens Kresten Nørgaard Madsen
Vej- og Trafikteknik, Aalborg Universitet

Indholdsfortegnelse

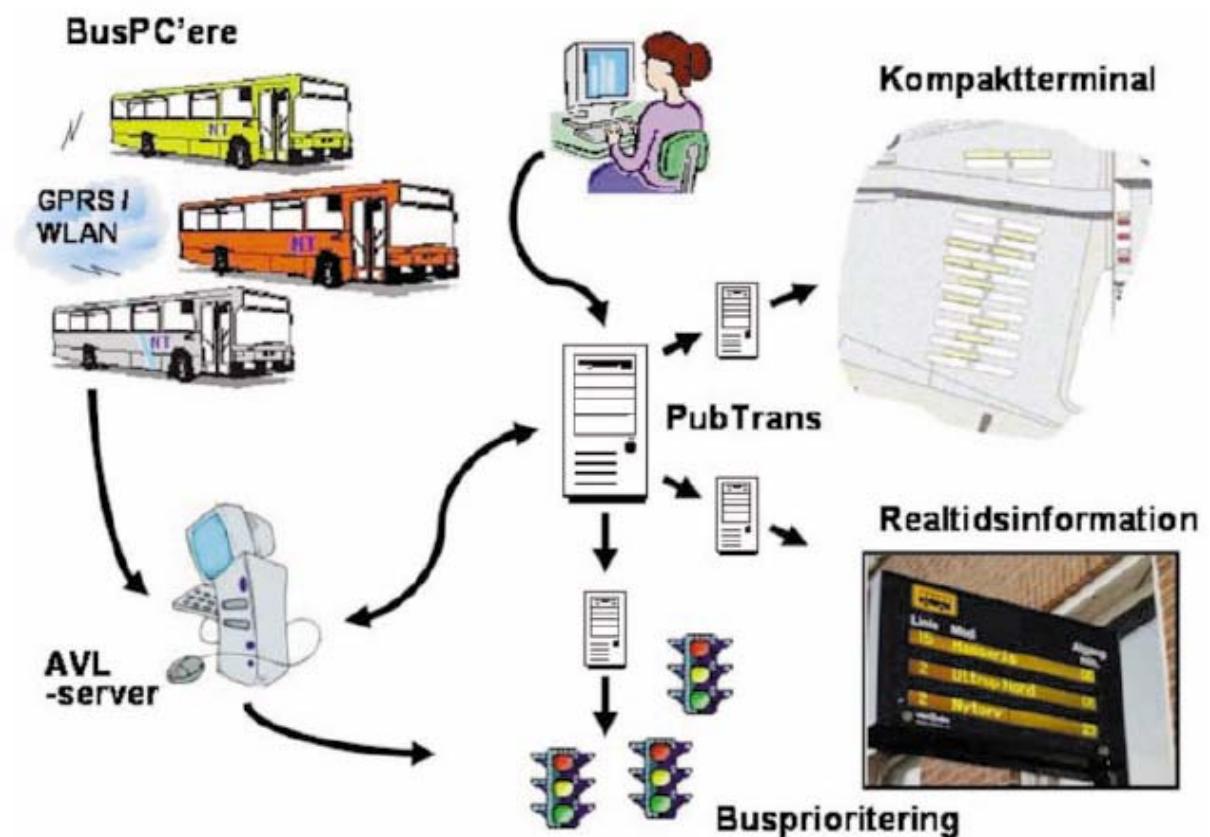
1	GPS registrering	3
2	Døgnvariation af rejsetider	7
3	Beregning af forsinkelser.....	9
4	Kontrol af spidstimer.....	19
5	Beregnings manual	21
6	Passagertælling.....	27
7	Bestemmelse af trafiktal i 2008	33
8	Samfundsøkonomiske begreber	35
9	Fremskrivningen af trafik	39
10	Eksterne effekter	45
11	Trafiksimulering	47
12	Samfundsøkonomiske beregninger.....	63



1 GPS registrering

I dette bilag gennemgås det hvordan det data der anvendes til at bestemme forsinkelserne for busserne er registreret.

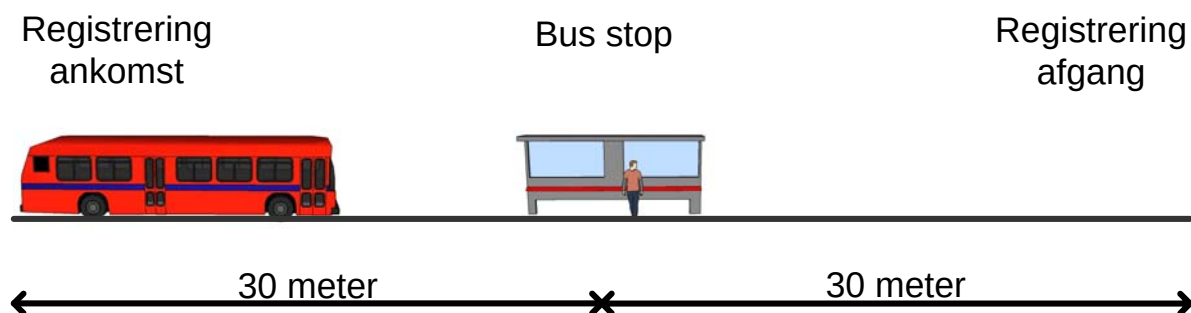
I forbindelse med omlægningen af den kollektive trafik i Aalborg, blev der indført et IT-system til at sammenkoble planlagt og udført trafik, i forbindelse med blandt andet busprioritering og realtidsinformation. Det centrale i IT-systemet er en driftsdatabase kaldet PubTrans, jf. figur 1.1.



Figur 1.1: IT-system for den kollektive trafik i Aalborg [Dansk Vejtidsskrift 2004, p. 1]

I alle metrobusser i Aalborg sidder der en GPS logger, som løbende registrerer hvorhenne bussen er på ruten. Da en løbende registrering af tidspunkt og position for busserne langs hele ruten vil medføre en meget stor datamængde, bliver disse registreringer kun gemt i forbindelse med stoppestederne. Det vil sige, at der registreres tidspunkter når bussen ankommer til et stoppested, og når den forlader dette igen. Dette gøres i praksis ved, at der omkring hvert stoppested er en bufferzone på 30 meter, og når bussen kører ind i denne zone sker der en registrering af ankomsttid, jf. figur 1.2. I samme GPS logning registreres afgangstidspunktet fra stoppestedet ligeledes 30 meter efter stoppestedet, jf. figur 1.2. Hvis

bussen ikke stopper ved stoppestedet, registreres der samme tid ved både ankomst og afgang, således det heraf er muligt at se, at bussen er kørt forbi uden at stoppe.

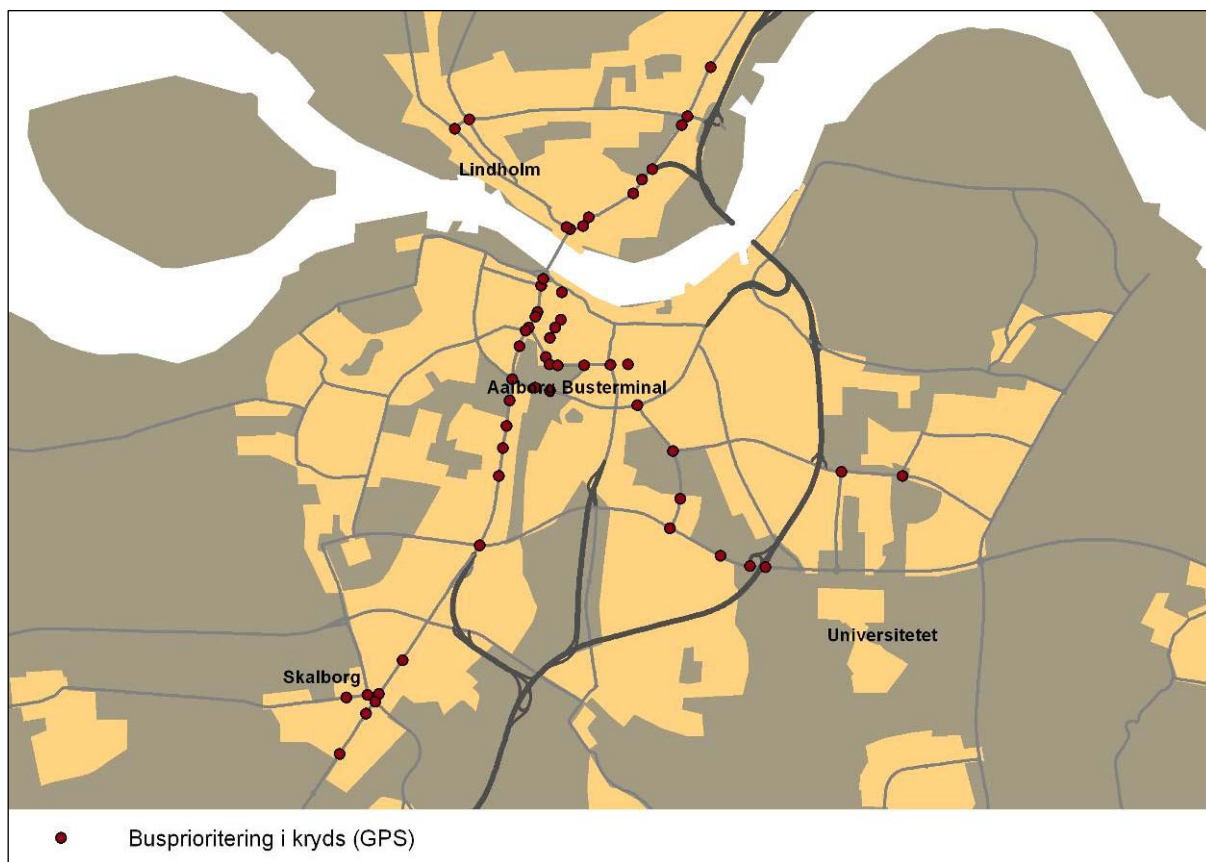


Figur 1.2: Princip for logging af GPS data

I GPS registreringen lagres der et id nummer, hvorudfra det er muligt at bestemme hvilket stoppested registreringen er sket ved. Desuden lagres der bl.a. oplysninger om hvilken buslinie registreringen er sket på, samt ankomst- og afgangstid efter køreplanen. GPS registreringerne overføres via mobiltelefoneteknologi i busserne (GPRS) gennem en AVL (Automatic Vehicle Location) computer til PubTrans databasen, der sender oplysningerne videre til relevante systemer, jf. figur 1.1.

GPS logningerne gemmes i PubTrans databasen flere år efter logningen er sket, og kan derfor anvendes til senere brug, for eksempel til en analyse af trængselsproblemer for busserne, som det er tilfældet i dette projekt. De loggede data kan importeres i et databasebehandlingsprogram, som for eksempel Microsoft Access. Her er det derefter muligt at foretage forskellige dataudtræk efter hvad der ønskes, for eksempel registreringer for en bestemt dato, rute, retning osv. Udtrækket kan også være en kombination af disse, så der udtrækkes data for en bestemt rute, i en bestemt retning, på en bestemt dato. Da PubTrans systemet er baseret på en fælles Europæisk standard, kaldet Transmodel, er det principielt samme metode der anvendes ved GPS i busdriften i hele EU [Dansk Vejtidsskrift 2004, pp. 1-2]

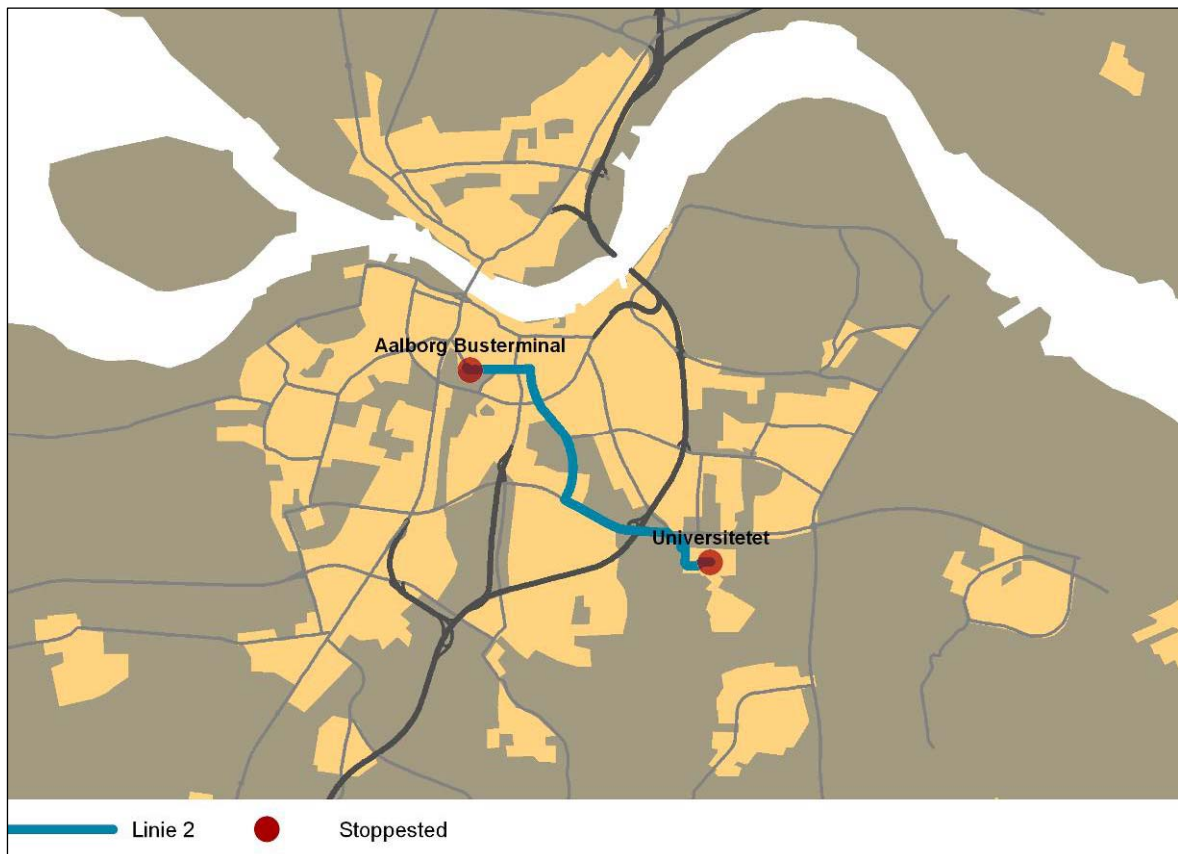
Som beskrevet i afsnit 4.5 i hovedrapporten anvendes IT systemet også til busprioritering i signalregulerede kryds, hvis en bus bliver forsinket. Busprioriteringen er implementeret i stort set alle overordnede kryds på metrobuslinierne, jf. figur 1.3.



Figur 1.3: Signalregulerede kryds i Aalborg med busprioritering

2 Døgnvariation af rejsetider

For at bestemme variationen af rejsetiderne med bus i Aalborg over en hverdag, er en udvalgt strækning betragtet. Der er taget udgangspunkt i Metrobus 2 mellem Busterminalen ved John F. Kennedys plads og Universitetet ved Kroghstræde, jf. figur 2.1. Denne strækning er valgt, da det er den mest passagertunge del af Metrobus linie 2, hvilken er den største buslinie i Aalborg jf. kapitel 4.1 i hovedrapporten. Samtidig forløber bussen på denne del af ruten også gennem flere forskellige typer af byområder, fra det tætte byområde nær Busterminalen, til de store trafikveje med meget varierende trafikmængder over døgnet. Strækningen anses således for at udgøre et repræsentativt udsnit af hele metrobusnettet, således at variation af rejsetider på det øvrige metrobusnet antages at være lig med variationen der findes på denne delstrækning.



Figur 2.1: Strækning på Metrobus 2 til bestemmelse af variation i rejsetid

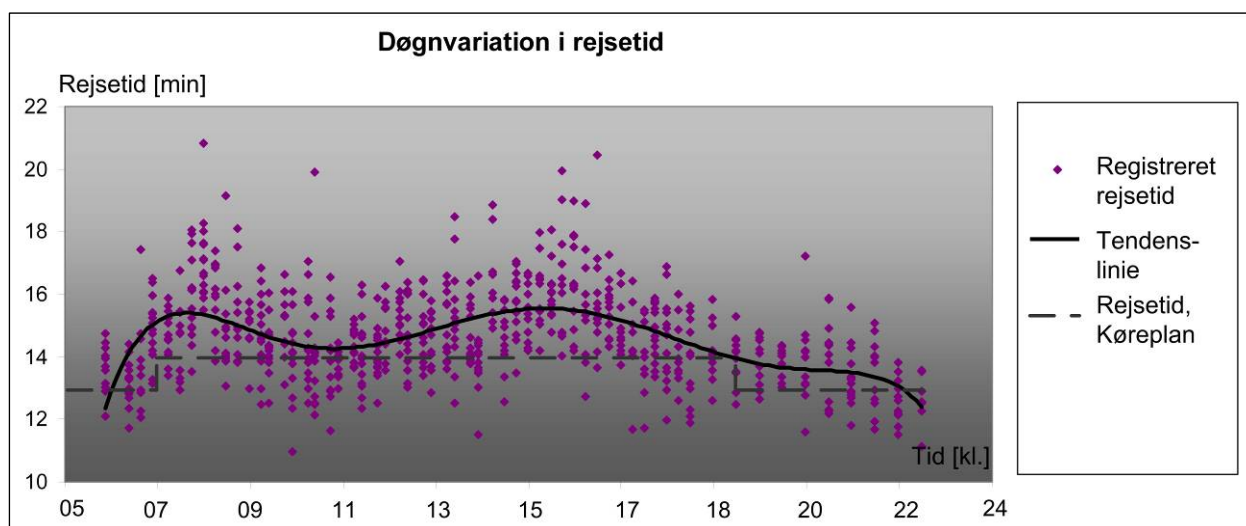
Rejsetider for busserne er bestemt ud fra GPS-data, der er indsamlet i januar måned 2008. Da det er ønsket at bestemme variationen af rejsetiderne på en hverdag, er data fra weekendtrafikken sorteret fra. Desuden er tællinger fra mandage og fredage undladt, da trafikken på især fredage kan være noget anderledes med hensyn til variation og størrelse

end de øvrige hverdage [Vejdirektoratet 2004, p. 31]. Derfor er GPS-data fra hverdagene tirsdag til torsdag anvendt. Dette giver sammenlagt data fra 14 hverdage, hvilket giver et grundlag på 840 busture.

Rejsetider mellem Busterminalen og Universitetet er opgivet i køreplanen til:

- 13 min udenfor spidstime
- 14 min i spidstime

Det er interessant at undersøge om de aktuelle rejsetider på strækningen varierer markant fra dette over døgnet, da det vil give en indikation af perioder med trængsel og fri fremkommelighed på strækningen. De registrerede rejsetider på strækningen, er illustreret som en funktion af tid over døgnet, jf. figur 2.2:



Figur 2.2: Variation i rejsetid fra Busterminalen til Universitetet over døgnet

Det fremgår at der er en del spredning i rejsetiderne på alle tidspunkter af døgnet, jf. figur 2.2, men dataet giver alligevel et billede af en variation af rejsetiderne over døgnet. Tidligt om morgenen samt om aftenen ligger de fleste rejsetider omkring 13 minutter, som angivet i køreplanen. Det fremgår af tendenslinien på figuren, at der er to spidsperioder i rejsetiderne, en om morgenen og en om eftermiddagen. De største rejsetider findes om morgen, hvor rejsetiden stiger markant omkring kl. 7, for at falde igen ved 8-9 tiden. Om eftermiddagen er stigningen mindre markant, med de største rejsetider mellem kl. 15 og 16. I spidsperioderne ligger en stor del af rejsetiderne over de 14 minutter som angivet i køreplanen. Det fremgår desuden af figuren, at rejsetiderne er mere spredte i spidstimerne, med flere rejsetider markant over rejsetiden i køreplanen, hvilket er problematisk med hensyn til regulariteten og pålideligheden i busdriften.

3 Beregning af forsinkelser

I dette bilag gennemgås det hvordan forsinkelserne for busserne er beregnet. Selve beregningen er foretaget i en række regneark, som er vedlagt på DVD'en.

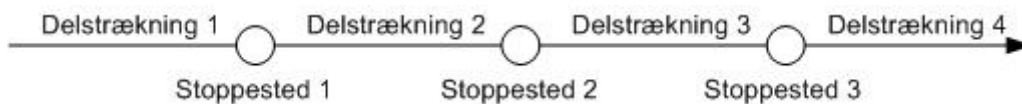
Der er beregnet forsinkelser for i alt fire forskellige ruter, dvs. for hver retning af Metrobus 1 og 2. Som angivet i bilag 2, betragtes der i beregningen data fra de to metrobuslinier for tirsdage-torsdage i januar måned 2008, da det erfaringsmæssigt er her, at der er mest trafik på vejene, samt flest brugere af den kollektive trafik [Vejdirektoratet 2004, p. 31] og [Jensen 2007, p. 36].

Indledende kortlægges rejsetiderne for hver af de fire ruter i perioden hvor der kan antages fri fremkommelighed for busserne, og disse tider bruges som referencetider for rejsetiderne på de øvrige tidspunkter. I bilag 2, blev det kortlagt at rejsetiden i gennemsnit over hele måneden er kortest i tidsrummet fra kl. 22.00 - 23.00, hvorfor der for denne periode antages fri fremkommelighed. Ligeledes blev det kortlagt, at rejsetiderne i gennemsnit er længst i perioden fra kl. 07.00 - 08.00 samt 15.00 - 16.00, hvorfor disse perioder betragtes som henholdsvis morgen- og eftermiddagsspidstimerne.

For at beregne forsinkelserne i morgen- og eftermiddagsspidstimerne i forhold til perioden med fri fremkommelighed, beregnes der en gennemsnitsrejsetid mellem alle stoppestederne for hver af de tre perioder for de fire ruter. Desuden beregnes gennemsnits stoptiden ved hvert enkelt stoppested. Beregningen af disse tider er foretaget i en række regneark, der er dannet ud fra udtræk i databasen med GPS-data. Disse er alle vedlagt på DVD'en.

I datasættet er der for hvert stoppested angivet ankomst- og afgangstidspunkt for hver bus. Ud fra disse tider, er det således muligt at regne tiden bussen bruger ved stoppet, som forskellen mellem afgangs- og ankomsttidspunktet, samt hvor lang tid bussen er om at køre en strækning mellem to stoppesteder, givet ved forskellen mellem ankomsttidspunktet til et stoppested og afgangstidspunktet fra det forrige stoppested. Disse tider er regnet for alle registreringer i udtrækket fra datasættet.

Da der i dataudtrækket er angivet et stoppesteds ID for hvert enkelt stoppested, er det muligt at tilknytte disse rejsetider til en række geografiske kort. For at illustrere forsinkelserne på hele rutenettet, er dette inddelt i delstrækninger, mellem hvert enkelt stoppested, som er givet det samme ID som stoppestederne. Dette ID er bagudrettet, dvs. forsinkelsen på en strækning er angivet ud fra den forsinkelse der er registreret ved det stoppested hvor strækningen ender, jf. figur 3.1.



Figur 3.1: Princip for inddeling i delstrækninger

For at vurdere hvor spredt de enkelte gennemsnitstider for strækningerne og ved stoppene er, er varians og spredning ligeledes beregnet for hver gennemsnitstid. Beregningen af disse parametre sker under forudsætningen af at data er normalfordelt, da det gælder, at hvis antallet af observationer i et datasæt er mere end 30, kan disse antages normalfordelt [Bech 2000, p. 13]. Variansen kan således regnes ud fra følgende:

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} \quad (3.1)$$

Spredningen er givet ved kvadratroden af variansen:

$$s = \sqrt{s^2} \quad (3.2)$$

Disse beregninger er ligeledes udført for hvert stoppested i regnearkene, både for køretider og stoptider.

3.1 Resultater

I det følgende er resultaterne af beregningerne af trængslen vist.

Tabel 3.1: Linie 1 mod nord, morgenspidstid (7.00-8.00)

Stoppested	Køretid [min]	Standardafvigelse	Trængselsniveau
Hobrovej v/ Dyrskuevej	—	—	—
Skalborg v/Stationsmestervej	0,92	1,13	0,76
Skalborg v/Storkøb	1,80	2,21	0,79
Mariendals Mølle	1,66	3,41	0,83
Hobrovej v/Firkløvervej	0,90	1,18	1,18
Hobrovej v/Provstejorden	1,02	1,24	0,99
Hobrovej v/ Skipperen	0,76	1,22	0,98
Hobrovej v/ Sygehus Syd	1,00	1,20	0,87
Aalborg Busterminal	2,90	5,71	0,82
Boulevarden	1,74	0,83	0,81
Nytorv	1,48	2,78	0,92
Borgergade	0,76	0,50	0,86
Østerbrogade	2,41	1,36	0,91
Østergade v/Zieglersvej	0,96	0,30	0,94
Østergade v/Lerumbakken	1,02	0,42	0,80
Hjørringvej v/P.Larsensvej	0,95	0,31	0,94
Hjørringvej v/Ø. Fælledvej	3,09	1,05	0,74
Hjørringvej v/Brixlund	0,65	0,20	1,00
Bouet	0,41	0,25	0,98
Hjørringvej v/ Bouet	1,21	0,71	0,79
Hjørringvej v/ Rundkørsel Bouet	1,25	0,75	0,56
Loftbrovej v/Kvickly Xtra	1,00	1,11	0,82

Tabel 3.2: Linie 1 mod nord, eftermiddagsspidstid (15.00-16.00)

Stoppested	Køretid [min]	Standardafvigelse	Trængselsniveau
Hobrovej v/ Dyrskuevej	—	—	—
Skalborg v/Stationsmestervej	0,96	1,12	0,74
Skalborg v/Storkøb	2,05	2,48	0,69
Mariendals Mølle	1,71	3,59	0,81
Hobrovej v/Firkløvervej	1,00	1,26	1,07
Hobrovej v/Provstejorden	0,92	1,08	1,09
Hobrovej v/ Skipperen	0,76	1,15	0,99
Hobrovej v/ Sygehus Syd	1,06	1,28	0,82
Aalborg Busterminal	4,09	8,08	0,58
Boulevarden	1,81	0,87	0,78
Nytorv	1,30	2,13	1,05
Borgergade	0,69	0,38	0,94
Østerbrogade	2,74	1,32	0,80
Østergade v/Zieglersvej	0,92	0,75	0,98
Østergade v/Lerumbakken	0,98	0,55	0,83
Hjørringvej v/P.Larsensvej	0,91	0,43	0,98
Hjørringvej v/Ø. Fælledvej	3,06	1,49	0,75
Hjørringvej v/Brixlund	0,64	0,30	1,02
Bouet	0,34	0,33	1,17
Hjørringvej v/ Bouet	0,94	0,80	1,03
Hjørringvej v/ Rundkørsel Bouet	1,10	0,85	0,63
Loftbrovej v/Kvickly Xtra	1,05	1,00	0,79

Tabel 3.3: Linie 1 mod syd, morgenspidstid (7.00-8.00)

Stoppested	Køretid [min]	Standardafvigelse	Trængselsniveau
Loftbrovej v/Kvickly Xtra	—	—	—
Hjørringvej v/ Rundkørsel Bouet	1,13	0,54	0,62
Hjørringvej v/ Bouet	1,11	0,39	0,90
Hjørringvej v/Brixlund	1,19	0,42	0,90
Hjørringvej v/Ø. Fælledvej	1,00	0,41	0,75
Hjørringvej v/Nr. Uttrup Skole	0,59	0,66	0,87
Nr. Uttrupvej v/Hjørringvej	1,12	0,53	0,65
Hjørringvej v/P.Larsensvej	0,49	0,17	0,91
Østergade v/Lerumbakken	1,09	0,39	0,89
Østergade v/Zieglersvej	0,85	0,33	0,78
Østerbrogade	1,12	0,41	0,95
Borgergade	3,64	1,79	0,56
Nytorv	0,79	1,47	1,10
Boulevarden	1,43	0,64	0,93
Aalborg Busterminal	2,04	2,25	0,90
Hobrovej v/ Sygehus Syd	3,61	1,52	0,75
Hobrovej v/ Skipperen	1,30	0,49	0,82
Hobrovej v/Provstejorden	0,52	0,56	1,06
Hobrovej v/Firkløvervej	1,00	0,37	1,05
Mariendals Mølle	1,00	1,18	0,92
Skalborg v/Storkøb	1,58	0,45	0,73
Skalborg v/Stationsmestervej	1,81	0,61	0,88
Hobrovej v/ Dyrskuevej	0,52	0,17	0,95

Tabel 3.4: Linie 1 mod syd, eftermiddagsspidstid (15.00-16.00)

Stoppested	Køretid [min]	Standardafvigelse	Trængselsniveau
Loftbrovej v/Kvickly Xtra	—	—	—
Hjørringvej v/ Rundkørsel Bouet	1,33	0,84	0,53
Hjørringvej v/ Bouet	1,09	0,51	0,91
Hjørringvej v/Brixlund	1,28	0,63	0,84
Hjørringvej v/Ø. Fælledvej	1,23	0,78	0,61
Hjørringvej v/Nr. Uttrup Skole	0,52	0,63	1,00
Nr. Uttrupvej v/Hjørringvej	1,00	0,60	0,72
Hjørringvej v/P.Larsensvej	0,47	0,23	0,96
Østergade v/Lerumbakken	0,98	0,49	0,98
Østergade v/Zieglersvej	0,80	0,43	0,83
Østerbrogade	1,13	0,56	0,94
Borgergade	3,52	1,87	0,58
Nytorv	0,68	1,34	1,27
Boulevarden	1,33	0,68	1,00
Aalborg Busterminal	2,05	2,52	0,90
Hobrovej v/ Sygehus Syd	3,01	1,52	0,89
Hobrovej v/ Skipperen	1,35	0,72	0,79
Hobrovej v/Provstejorden	0,56	0,75	0,98
Hobrovej v/Firkløvervej	1,10	0,64	0,95
Mariendals Mølle	1,25	1,62	0,74
Skalborg v/Storkøb	1,69	1,68	0,69
Skalborg v/Stationsmestervej	2,72	1,44	0,59
Hobrovej v/ Dyrskuevej	0,53	0,28	0,94

Tabel 3.5: Linie 2 mod nord, morgenspidstid (7.00-8.00)

Stoppested	Køretid [min]	Standardafvigelse	Trængselsniveau
AAU Busterminal	—	—	—
Bertil Ohlins Vej v/ Frederiks Bajers Vej	1,21	0,78	0,81
Bertil Ohlins Vej v/ Mejrupstien	1,00	1,24	0,78
Bertil Ohlins Vej v / Gjellerupstien	1,00	0,68	0,94
AAU - Kantinen	0,41	0,18	1,08
Pontoppidanstræde	0,76	0,33	1,26
Gigantium	1,11	0,49	1,29
Th. Shv/Scoresbyv	1,92	1,26	0,79
Sohngårdsholmsvej v/ Aalborghus Gym.	1,43	2,35	0,78
Sohngårdsholmsvej v/ Magisterparken	0,69	0,82	0,83
Sohngårdsholmsvej v/ Humlebakken	1,01	1,20	0,89
Bornholmsgade v/ Østre Allé	1,10	1,31	0,92
Bornholmsgade v/ Færøgade	0,85	1,09	1,07
Jyllandsgade v/ Politistationen	0,80	1,01	0,87
JF Kennedys Plads	1,14	1,34	0,92
Boulevarden	1,68	0,72	0,92
Nytorv	1,25	2,03	0,91
Borgergade	0,89	0,39	1,13
Vesterbrogade	2,56	1,10	0,88
Rundkørsel v. Slagteri	0,65	0,34	1,01
Thistedvej v. Stationsvej	1,37	0,83	0,77
Lindholm v/Viaduktvej	3,22	1,74	0,74

Tabel 3.6: Linie 2 mod nord, eftermiddagsspidstid (15.00-16.00)

Stoppested	Køretid [min]	Standardafvigelse	Trængselsniveau
AAU Busterminal	—	—	—
Bertil Ohlins Vej v/ Frederiks Bajers Vej	1,25	1,14	0,79
Bertil Ohlins Vej v/ Mejrupstien	1,35	1,64	0,58
Bertil Ohlins Vej v / Gjellerupstien	0,86	0,54	1,08
AAU - Kantinen	0,40	0,14	1,12
Pontoppidanstræde	0,74	0,28	1,28
Gigantium	1,06	0,37	1,36
Th. Shv/Scoresbyv	1,85	1,02	0,82
Sohngårdsholmsvej v/ Aalborghus Gym.	1,35	2,17	0,83
Sohngårdsholmsvej v/ Magisterparken	0,66	0,78	0,86
Sohngårdsholmsvej v/ Humlebakken	1,05	1,24	0,86
Bornholmsgade v/ Østre Allé	1,18	1,41	0,86
Bornholmsgade v/ Færøgade	0,85	1,12	1,08
Jyllandsgade v/ Politistationen	0,78	1,03	0,89
JF Kennedys Plads	1,26	1,65	0,83
Boulevarden	1,74	0,73	0,89
Nytorv	1,20	1,90	0,95
Borgergade	0,90	0,43	1,12
Vesterbrogade	3,34	2,39	0,68
Rundkørsel v. Slagteri	0,64	0,34	1,02
Thistedvej v. Stationsvej	1,62	1,05	0,65
Lindholm v/Viaduktvej	2,60	1,17	0,92

Tabel 3.7: Linie 2 mod syd, morgenspidstime (7.00-8.00)

Stoppested	Køretid [min]	Standardafvigelse	Trængselsniveau
Lindholm v/Viaduktvej	—	—	—
Thistedvej v. Stationsvej	3,97	1,05	0,20
Rundkørsel v. Slagteri	1,11	1,53	0,71
Vesterbrogade	0,74	0,40	1,38
Borgergade	3,06	1,48	0,60
Nytorv	0,82	1,35	1,15
Boulevarden	1,23	0,62	0,95
JF Kennedys Plads	1,68	2,08	0,94
Jyllandsgade v/ Politistationen	0,73	0,27	1,04
Bornholmsgade v/ Færøgade	2,33	0,93	0,76
Bornholmsgade v/ Østre Allé	0,85	0,27	0,95
Sohngårdsholmsvej v/ Humlebakken	1,31	0,51	0,85
Sohngårdsholmsvej v/ Magisterparken	0,91	0,43	0,89
Sohngårdsholmsvej v/ Aalborghus Gym.	1,25	0,51	0,88
Th. Shv/Scoresbyv	0,88	0,31	0,95
Gigantium	1,97	0,78	0,66
Pontoppidanstræde	1,23	0,36	0,97
AAU - Kantinen	0,77	0,23	0,95
Bertil Ohlins Vej v / Gjellerupstien	0,39	0,13	1,00
Bertil Ohlins Vej v/ Frederiks Bayers Vej	0,68	0,23	1,05
Bertil Ohlins Vej v/ Mejrupstien	0,61	0,21	0,87
AAU Busterminal	0,50	0,16	1,13

Tabel 3.8: Linie 2 mod syd, eftermiddagsspidstid (15.00-16.00)

Stoppested	Køretid [min]	Standardafvigelse	Trængselsniveau
Lindholm v/Viaduktvej	—	—	—
Thistedvej v. Stationsvej	3,98	1,67	0,20
Rundkørsel v. Slagteri	0,80	1,18	0,98
Vesterbrogade	0,74	0,50	1,39
Borgergade	2,86	1,53	0,64
Nytorv	0,81	1,45	1,16
Boulevarden	1,15	0,58	1,01
JF Kennedys Plads	1,88	2,55	0,84
Jyllandsgade v/ Politistationen	0,77	0,46	0,99
Bornholmsgade v/ Færøgade	2,77	1,62	0,64
Bornholmsgade v/ Østre Allé	0,78	0,42	1,03
Sohngårdsholmsvej v/ Humlebakken	1,24	0,66	0,90
Sohngårdsholmsvej v/ Magisterparken	0,88	0,59	0,93
Sohngårdsholmsvej v/ Aalborghus Gym.	1,40	0,79	0,79
Th. Shv/Scoresbyv	0,87	0,45	0,96
Gigantium	1,84	0,90	0,71
Pontoppidanstræde	1,22	0,57	0,99
AAU - Kantinen	0,74	0,35	1,00
Bertil Ohlins Vej v / Gjellerupstien	0,37	0,18	1,04
Bertil Ohlins Vej v/ Frederiks Bajers Vej	0,66	0,42	1,10
Bertil Ohlins Vej v/ Mejrupstien	0,56	0,27	0,95
AAU Busterminal	0,48	0,23	1,17

4 Kontrol af spidstimer

Da identifikationen af de anvendte spidstimer er sket ud fra en døgnvariationen for en delstrækning, vil det i det følgende blive undersøgt om det rent faktisk er de rigtige spidsperioder der er anvendt, og hvorvidt det er disse der giver den største trængsel for hele metrobusnettet, samt om det med rimelig sikkerhed er muligt at udpege spidsperioderne for hele busnettet ud fra en døgnvariation på delstrækningen fra Busterminalen til Universitetet. For at kontrollere dette, gennemføres der en række nye beregninger af trængslen på de to buslinier.

Der gennemføres i det følgende to nye beregninger, hvor spidstimerne forskydes en halv time, samt en beregning hvor spidstimerne udvides til to timer. Denne analyse skal bidrage til at validere resultaterne fundet i den oprindelige trængselsanalyse for spidsperioder af én times varighed. For at dokumentere at det er de rigtige spidsperioder der er udpeget, skal trængslen der findes i de nye beregninger overordnet set være mindre end trængslen fundet i den oprindelige analyse. Samtidig skal resultaterne ikke afvige for meget fra resultaterne i den oprindelige trængselsanalyse, da det må antages at der også er store trafikmængder på vejnettet i de øvrige perioder. Samtidig kan en stor afvigelse også være et udtryk for at tilfældige hændelser har haft indflydelse på resultaterne i trængselsanalysen. De nye beregninger med de forskudte spidstimer anvender således en morgenspidstime fra kl. 7.30 – 8.30 og en eftermiddagsspidstime fra kl. 15.30 til 16.30. I beregningen med to timers spidsperioder betragtes tidsrummet fra kl. 7.00-9.00 som morgenspidstime og eftermiddagsspidstimen er fra kl. 15.00-17.00.

Beregningerne følger beregningsgangen for trængselsanalysen, hvor eneste forskel er at inputdata er for andre perioder. Beregningerne for de nye spidsperioder er ligeledes vedlagt som regneark på DVD'en. For de udpegede lokaliteter i afsnit 6.2 i hovedrapporten, er der i tabel 4.1 angivet de største trængselsniveauer for de tre beregninger.

Tabel 4.1: Sammenligning af trængselsniveauer mellem de to beregninger

Stoppested	Største trængsels-niveau 1 time	Største trængsels-niveau forskudt spidstime	Største trængsels-niveau 2 timer
Hobrovej v. Skalborg Bakke	0,59	0,59	0,59
Hobrovej v. Mariendals Mølle	0,74	0,75	0,78
Hobrovej v. Østre Allé	0,58	0,64	0,67
Busterminalen	0,58	0,64	0,79
Limfjordsbroen	0,56	0,55	0,63
Hjørringvej v. Forbindelsesvejen	0,61	0,66	0,69
Hjørringvej v. Bouet	0,53	0,66	0,50
Jyllandsgade/Karolinelundsvej	0,64	0,67	0,68
Sohngårdsholmsvej	0,79	0,74	0,80
Th. Sauers Vej/Universitetsboule.	0,66	0,56	0,62
Bertil Ohlins Vej v. Frederik B. Vej	0,79	0,67	0,79
Gennemsnit	0,64	0,65	0,69

Af tabellen fremgår det, at trængselsniveauerne gennemsnitlig er mindre i en times perioderne, og der er derved større trængsel i disse perioder. For perioderne hvor spidstimerne er forskudt er det gennemsnitlige trængselsniveau stort set identisk med trængslen i de oprindelige perioder. For både de forskudte spidsperioder samt perioderne af to timers varighed er der enkelte steder faktisk større trængsel end den oprindelige beregning.

Det kan således konkluderes at trængslen er meget ens for de tre beregninger, men med en tendens til at være størst i de oprindeligt udpegede spidsperioder. Fastsættelsen af spidsperioderne ud fra den før kortlagte døgnvariation på strækningen fra Busterminalen til Universitet er således korrekt. At resultaterne med de forskellige spidsperioder er så ens, viser også at der ikke har været tilfældige hændelser som har haft afgørende indflydelse på resultaterne af trængselsanalysen.

5 Beregnings manual

I dette bilag gennemgås den standardiserede metode til hvordan beregning af forsinkelse, trængsel, standardafvigelse med mere er gennemført, således det er muligt at gentage beregningerne med andre data.

Beregningerne af bussernes forsinkelser er foretaget i en kombination af Microsoft Access og Excel, og resultatet illustreres i GIS, jf. figur 5.1.

Access

Som inputdata til beregningen, kræves positionslogninger med GPS fra busserne fra PubTrans databasen. Disse data eksporteres til Access.

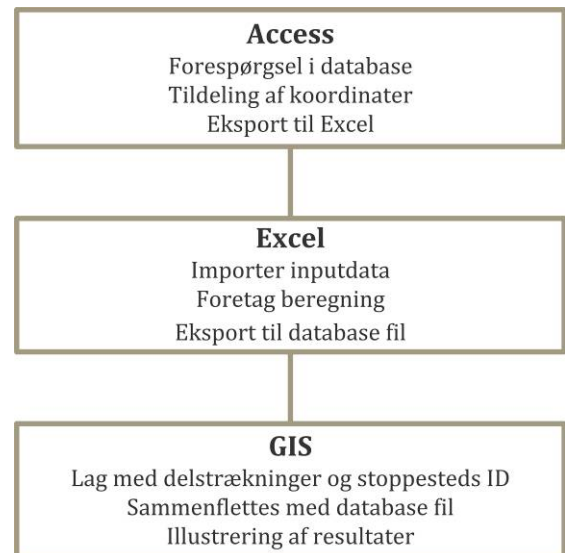
Data i Access er samlet i to tabeller, en indeholdende alle GPS logningerne fra metrobusserne og en indeholdende information om de forskellige stoppesteder:

- GPS logninger (dbo_httpsDatedCall)
- Stoppestedsinformation (dbo_doiStopPoint)

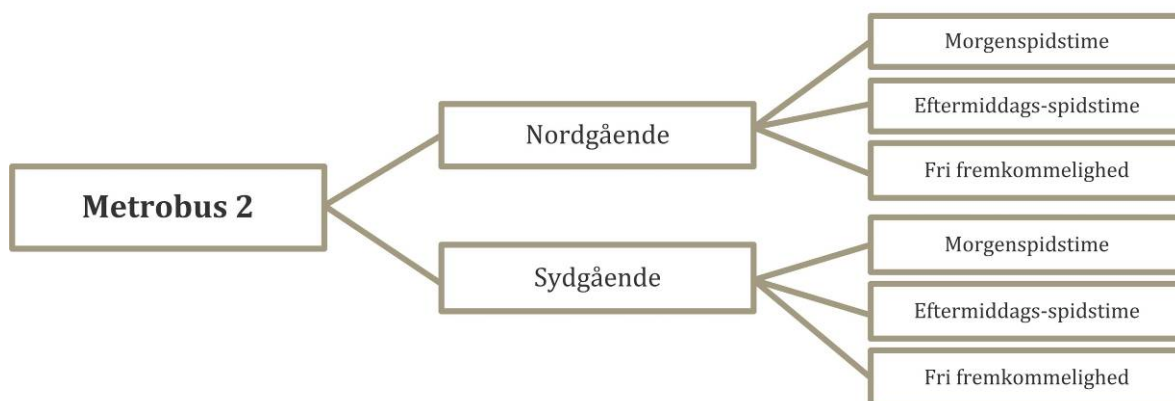
Tabellerne kan kædes sammen ved hjælp af stoppesteds id, hvilket er navngivet henholdsvis IsAtStopPointGid og Gid.

GPS logningerne indeholder ingen geografiske data, hvilket er nødvendigt for senere at kunne illustrere de beregnede trængselsniveauer som punkter i GIS. Hvis dette ønskes er det nødvendigt at tildele de forskellige stoppesteds id'er et X og Y koordinat. Til dette formål er der udarbejdet to lag i GIS med koordinater på stoppestederne i henholdsvis syd og nordgående retning, hvilket importeres i Access som databaser. Disse er desuden vedlagt på DVD navngivet stoppested.

For at opdele Access databasen på metrobuslinie, tidspunkt samt retning, laves der 6 forespørgsler for hver metrobuslinie, det vil sige 12 forespørgsler i alt. Princippet for opdelingen af forespørgsler for Metrobus 2 fremgår af figur 5.2:



Figur 5.1: Arbejdsgang ved bestemmelse af trængsel



Figur 5.2: Princip for forespørgsler i Access

For at sikre, at der kun er relevant data i forespørgslerne, laves der en række kriterier i følgende attributter, således det kun er de ønskede datoer, buslinier og tider der medtages:

- Dato (IsDatedOnDayDate)
- Buslinie (LineDesignation)
- Tid fra køreplan (EarliestDepartureDateTime)

Dernæst laves der en sammenkædning med databasen med geografisk information ud fra stoppestedsnumre, hvor X og Y koordinater tilføjes forespørgslen. Det er vigtigt at være opmærksom på at der er forskel på placeringen af stoppested i nord og sydgående retning, således disse har to forskellige sæt koordinater.

For at det udvalgte data kan anvendes til senere beregninger skal det sorteres. Det sorteres stigende i følgende rækkefølge:

1. Dato (IsDatedOnDayDate)
2. Tur nr. (ServiceJourneyGid)
3. Afgangstid ifølge køreplan (EarliestDepartureDateTime).

De videre beregninger i udtrækket udføres i Excel. For at programmet kan udføre beregningerne er det vigtigt at udtrækket indeholder følgende søjler i den nævnte rækkefølge:

1. Id (Gid)
2. Dato (IsDatedOnDayDate)
3. Tur nr. (ServiceJourneyGis)
4. Køreplan tid (EarliestDepartureDateTime)
5. Afgang fra stoppested (ActualDepartureDateTime)
6. Ankomst til stoppested (ActualArrivalDateTime)
7. Navn (Name)
8. Stoppestedsnummer (Stopnr)

9. X-Koordinat (POINT_X)
10. Y-Koordinat (POINT_Y)
11. Buslinie (LineDesignation)

For videre beregninger i datasættet eksporteres den færdige forespørgsel til Excel.

Excel

Ud fra de forskellige udtræk skal der foretages beregninger af rejsetider mellem de enkelte stop, samt tider ved de enkelte stop. Måden dette gøres på er, at der på DVD'en er vedlagt en række skabeloner i form af Excel ark. Der findes to forskellige skabeloner, en for perioder med fri fremkommelighed og en for spidstimerne. Forskellen ligger i, at der i beregningerne for spidstimerne skal henvises til resultaterne for fri fremkommelighed for at kunne beregne et trængselsniveau. Det er således vigtigt at der først beregnes tider for perioden med fri fremkommelighed. På DVD'en ligger en mappe der hedder "GPS". I denne ligger Excel skabelonerne, og for at disse virker med de rigtige henvisninger, skal mappen "GPS" kopieres til computerens C-drev.

For at beregne tiderne ved fri fremkommelighed, åbnes skabelonen til dette. Denne skabelon indeholder en række ark, hvor det første ark kaldes for "execute", og indeholder en kontrol af at data er normalfordelt, samt den knap der starter makroen, som udfører beregningen. Det næste ark er selve input data'en. Dette er eksporteret fra Access, hvor der er foretaget udtræk for den ønskede linie, retning og tidsperiode. Princippet er således at inputdata kopieres ind i arket "input", hvorefter der trykkes på knappen på arket "execute", og resultatet kan aflæses på arket "resultater". Det skal her bemærkes, at når data kopieres ind kan der godt gå flere minutter inden regnearket er klar, da der foretages en indledende beregning lige så snart inputdata kopieres ind. I det følgende gennemgås det hvad der sker på de enkelte ark i skabelonerne.

Efter inputtet er kopieret ind, er det muligt at regne tidsforskellen ud mellem de enkelte stoppesteder. Dette gøres i arket "beregning af tider". Da der ofte kan opstå "huller" flere steder i datasættet, som følge af udfald i logningen, er der indført en kontrol, som sørger for at disse "huller" ikke medtages i beregningen. Ligeledes regnes der heller ikke tidsforskelle ud når en bus ankommer til endestationen, og en anden forlader startstationen i den modsatte ende. Dette er nødvendigt at tage højde for, da alle ture er listet op under hinanden i regnearket. Da hvert stoppested har et unikt nummer, er det muligt at lægge alle tiderne for det samme stoppested sammen, og dividere med antallet afgangene en bus er registreret. På denne måde opnås en gennemsnitstid for hver strækning. Efter fuldstændig samme princip, kan gennemsnitstiderne for hvor lang tid busserne holder ved stoppestederne beregnes. Endvidere regnes standardafvigelse og varians for både køretider og tider ved stoppesteder.

Da alle disse tider er listet løbende ned gennem regnearket, og angivet ud fra hvert stop der indgår i datasættet, foretages der en række sorteringer i regnearket, så der fås et output, som indeholder hvert stoppested én gang, med tilhørende tider med videre. Først sorteres data efter gennemsnitstider, således alle stoppestederne samles under hinanden. Dette

gøres i arket "rangering af gennemsnitstider". I dette ark er der endvidere angivet en ny kolonne kaldet "rangering". Denne kolonne indeholder udelukkende 0 og 1, og for hver gang en gennemsnitstid adskiller sig fra den forrige, skrives der et 1'tal. På denne måde står der kun et 1'tal i den række, hvor et stoppested er angivet første gang. I arket "rangering af stoppesteder" bliver data således sorteres efter kolonnen "rangering", hvorved de første rækker indeholder hvert stoppested én gang. Herefter er alle de øvrige data, som har værdien 0 i kolonnen "rangering" sorteret fra, ved at sige, at i arket "resultater" skal der kun angives de rækker, som har værdien 1 i kolonnen "rangering".

For spidsperioderne gennemføres beregningerne på tilsvarende måde, men i skabelonen for disse perioder er der også krydsrefereret til regnearkene med fri fremkommelighed. På denne måde er rejsetiderne i spidsperioderne og i perioder med fri fremkommelighed listet op på det samme ark. Denne krydsreference er gjort ud fra stoppestedsnumrene, da disse er unikke for de enkelte stoppesteder.

Resultatet af beregningerne er således et ark, der indeholder følgende:

- Stoppestedsnummer og –navn
- Gennemsnitskøretid mellem stoppestederne i spidsperioden
- Standardafvigelse og varians for køretiderne
- Gennemsnitstid ved stoppestedet
- Standardafvigelse og varians for tiderne ved stoppestedet
- Gennemsnitlig køretid ved fri fremkommelighed (krydsreference)
- Gennemsnitlig stoptid ved fri fremkommelighed (krydsreference)
- Forskel i køretider mellem spidsperiode og fri fremkommelighed (forsinkelse)
- Forskel i stoptider mellem spidsperiode og fri fremkommelighed (forsinkelse)
- Forhold mellem køretider mellem spidsperiode og fri fremkommelighed (trængelsniveau)
- Forhold mellem stoptider mellem spidsperiode og fri fremkommelighed (trængelsniveau)

Trængelsniveauet er defineret som forholdet mellem rejsetider imellem stoppestederne for spidsperioderne og perioden med fri fremkommelighed.

Inden beregningen foretages er det vigtigt at følgende kriterier er opfyldt for at beregningen foregår korrekt:

- Inputdata har præcis de samme kolonner og i den samme rækkefølge som er angivet i skabelonerne
- At inputdata er sorteret efter først dato, så rute og tidspunkt efter køreplan
- At mappen "GPS", indeholdende skabelonerne kopieres til computerens C-drev, og beregningerne køres herfra

- At udtrækkene ikke indeholder mere end 8.000 registreringer, da regnearkene ikke er forberedt til mere
- På arket med resultater skal det kontrolleres at der krydsrefereres til det rigtige ark med fri fremkommelighed

For illustrering af de beregnede trængselsniveauer skal GIS anvendes. Da nogle GIS programmer ikke umiddelbart kan læse Excel regneark, skal resultaterne eksporteres til en database fil, eksempelvis af typen DBF 4 (dBASE IV).

GIS

Resultatet kan i GIS illustreres på to måder:

- Punkter
- Linier

Præsentation af trængselsniveauerne som punkter kan umiddelbart udføres med et givent GIS program ud fra X og Y-koordinaterne i den eksporterede database fil. Da det kan være svært at overskue præsentationen som punkter, som ikke egner sig godt til præsentation, er det i hovedrapporten valgt at præsentere trængselsniveauerne som linier. Beskrivelsen tager sit udgangspunkt i anvendelse af programmet ArcGIS.

Ved illustrering af trængselsniveauet som linier, er det vigtigt at der for den ønskede busrute findes et lag med ruten, delt op i delstrækninger mellem stoppestederne. Da det er sjældent en vejmyndighed har et lag med denne opdeling, må dette typisk udarbejdes. Delstrækninger skal desuden gives et ID der svarer til stoppestedsnummeret på det stoppested der er for enden af delstrækningen. På denne måde er det muligt at tilknytte data for et stoppested til delstrækningen der leder op til stoppestedet. Herefter skal de eksporterede databaser sammenflettes med GIS lagene ved hjælp af funktionen "join", hvor feltet sammenfletningen skal baseres på er stoppestedsnummeret. Herefter er det muligt at få vist trængselsniveauet på de enkelte strækninger hvor der inddeles efter de fastsatte intervaller:

- >1 Ingen forsinkelse
- 0,9 - 1,0 Ubetydelig forsinkelse
- 0,8 - 0,9 Begyndende forsinkelse
- 0,6 - 0,8 Stor forsinkelse
- < 0,6 Kritisk forsinkelse

6 Passagertælling

For at bestemme hvor mange passagerer der anvender Metrobus 2 på en hverdag, er der gennemført en passagertælling. Det var desuden ønsket at bestemme fordelingen af ind- og udstigende passagerer på stoppestedsniveau, for dermed at kunne beregne hvor mange passagerer der i gennemsnit sidder i busserne mellem de forskellige stoppesteder, til senere brug i en samfundsøkonomisk beregning. Da den samfundsøkonomiske beregning gennemføres for området mellem Th. Sauers Vej og Universitetet, blev passagertællingen afgrænset til området mellem Aalborg Busterminal og Universitetet. De medtagne stoppesteder i passagertællingen fremgår af figur 6.1.



Figur 6.1: Stoppesteder medtaget i passagertællingen

Passagertællingen blev gennemført på en onsdag, da det var ønsket at finde fordelingen af passagerer over en hverdag, desuden er det i hverdagene der er den største efterspørgsel efter kollektiv trafik [Jensen 2007, p. 37]. Mandage og fredage blev fravalgt, da trafik, især om fredagen, kan være noget anderledes end de øvrige hverdage med hensyn til variation og størrelse [Vejdirektoratet 2004, p. 31]. Passagertællingen blev gennemført onsdag d. 26 marts 2008.

I spidstimerne afgår metrobusserne på strækningen med en frekvens på 7,5 min. Da det ville kræve mange tællere at medtage alle busserne, blev det valgt kun at tælle hver anden afgang. Antallet af passagerer på de utalte busser er fundet ved lineær interpolation ud fra antallet af passagerer på busserne før og efter den givne afgang. Tælleplanen er vedlagt på DVD'en.

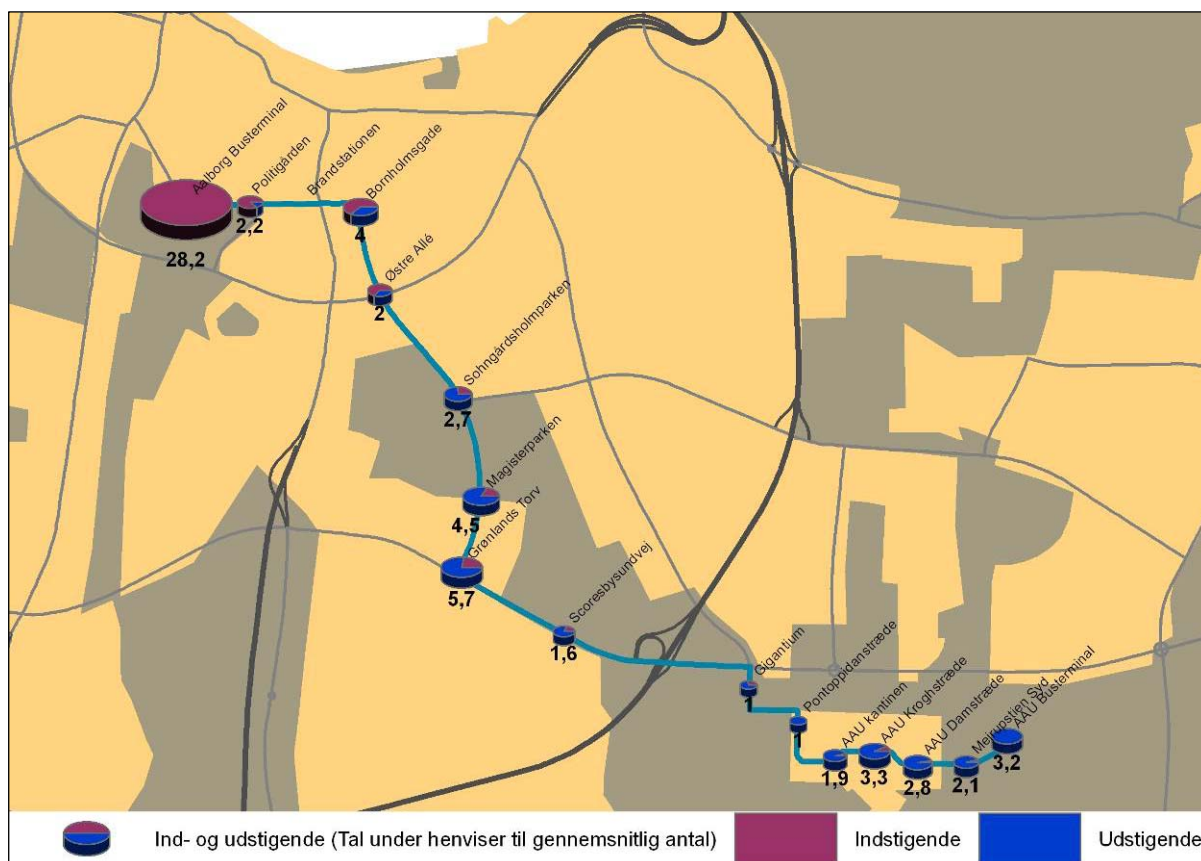
6.1 Resultater fra passagertælling

Resultatet af passagertællingen er vedlagt på DVD'en både som rådata og behandlet i form af tabeller og grafer. I det følgende præsenteres baggrunden for de resultater fra passagertællingen, der er anvendt i hovedrapporten.

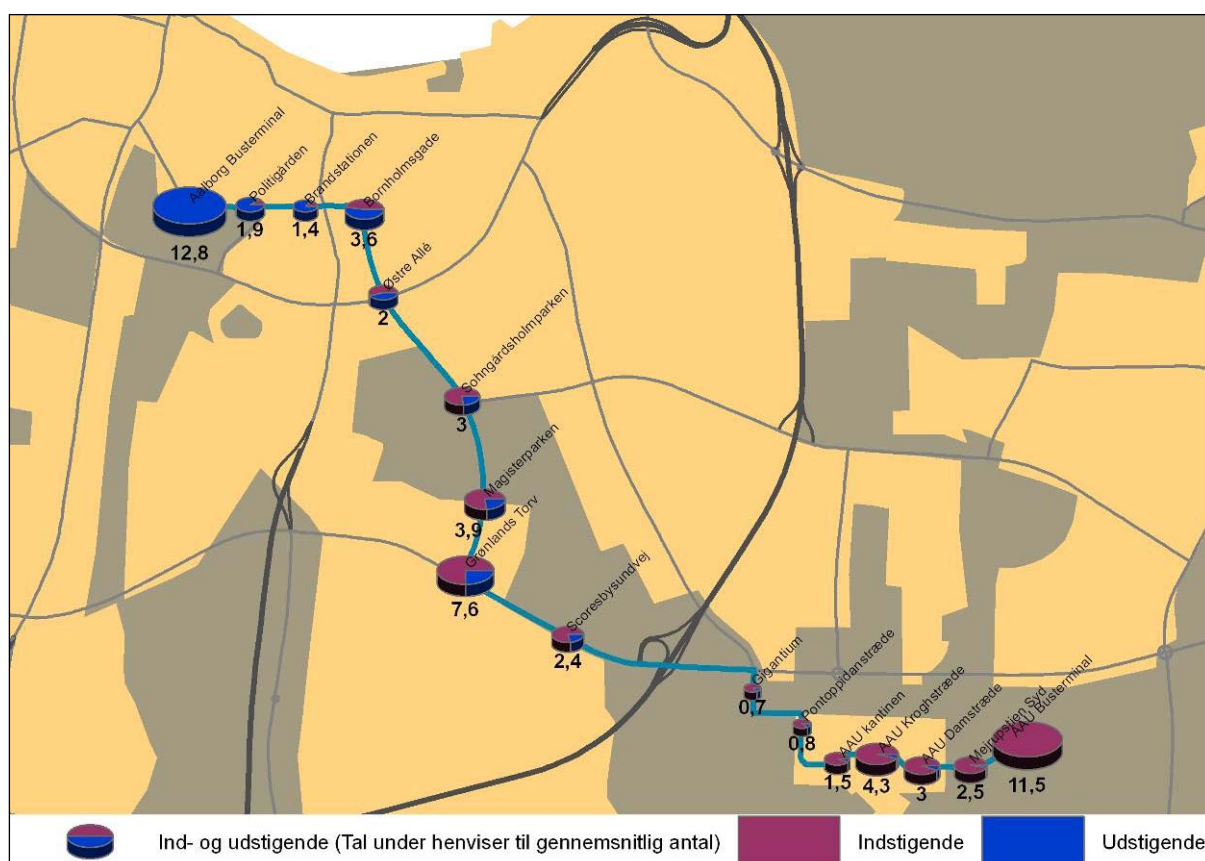
6.1.1 Ind- og udstigende passagerer

Ud fra den gennemførte passagertælling er antallet samt fordelingen af ind- og udstigende passagerer fundet på stoppestedsniveau. Resultatet er kortlagt på figur 6.2 og figur 6.3, hvor det gennemsnitlige antal ind- og udstigende er markeret med diagrammer i varierende størrelse, fordelingen af ind- og udstigende fremgår ligeledes af diagrammerne.

Det skal i forbindelse med kortene nævnes, at ved tællingernes start, ved Aalborg Busterminal og AAU Busterminal, indeholder antallet af indstigende også eventuelle passagerer der allerede sad i busser fra tidligere stop, hvorfor disse fremgår større end de reelt er. Stoppestederne viser altså hvor mange passagerer der er i bussen ved afgang og ikke nødvendigvis hvor mange der er steget på.



Figur 6.2: Gennemsnitlig ind- og udstigende på hverdag mod Universitetet



Figur 6.3: Gennemsnitlig ind- og udstigende på hverdag mod Aalborg Busterminal

Det fremgår af figur 6.2 og figur 6.3, at det største antal ind- og udstigende findes ved busterminalerne, derudover er stoppestedet ved Grønlands Torv det mest passagertunge, efterfulgt af blandt andet AAU Kroghstræde, Bornholmsgade og Magisterparken. Enkelte stoppesteder benyttes kun af meget få passagerer som Brandstationen, Pontoppidanstræde og Gigantium. Det lave antal passagerer ved Gigantium kan dog forklares med at stoppestedet hovedsageligt anvendes i forbindelse med sportsarrangementer i Gigantium, hvilket der ikke var på dagen for passagertællingen.

6.1.2 Fordeling af passagerer på det udvalgte område

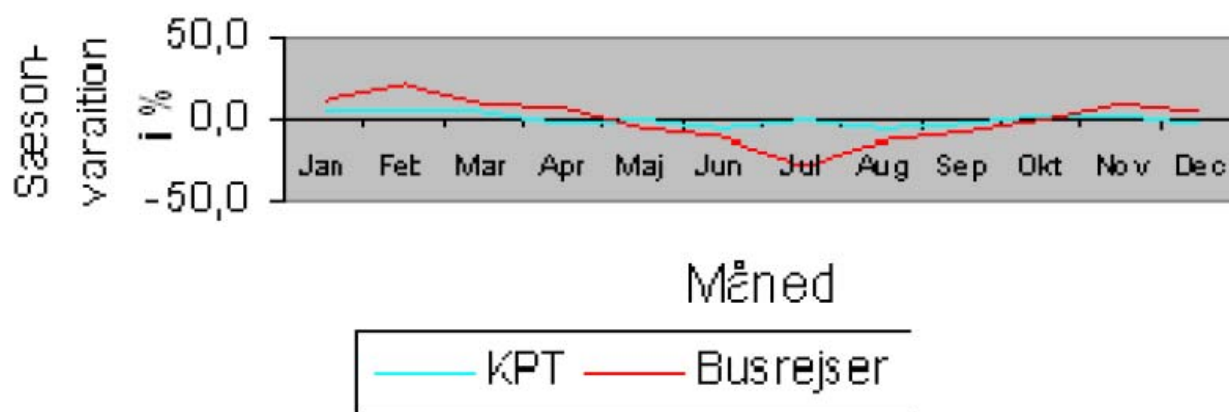
For det udvalgte område, er antallet af passagerer på delstrækningerne mellem stoppestederne summeret over det talte døgn, hvilket er angivet i tabel 6.1.

Tabel 6.1: Samlet antal passagerer på hver delstrækning for hele dagen

Strækning	Mod centrum	Mod AAU	Samlet
Th. Sauers Vej	2.649	2.418	5.067
Universitetsboulevarden	2.314	2.332	4.646
Einsteins Boulevard	2.270	2.226	4.496
Pontoppidanstræde	2.202	2.058	4.260

6.1.3 Opregning til årstal

Opregningen fra en dags antal passagerer til et samlet årstal, er forbundet med mange usikkerheder, da antallet af passagerer varierer meget fra dag til dag, samt fra måned til måned. Almindeligvis anbefales det at benytte en tælling der strækker sig over en uge for at kunne opregne passagerantallet til et årstal. Da det vil være for ressourcekrævende at gennemføre yderligere tællinger, anvendes i stedet erfaringsværdier til opregningen. Den talte dag i slutningen af marts kan betragtes som en gennemsnitlig hverdag, da det er i en periode, hvor sæsonvariationen erfaringsmæssigt er gennemsnitlig, jf. figur 6.4. Da antallet af rejsende i weekend og helligdage generelt er mindre end på hverdage, vil det være forkert at multiplicere dagstallene med 365. Af denne grund multipliceres dagstallene med 300 for at korrigere for de færre rejsende i weekend og helligdage, hvilket erfaringsmæssigt giver et anvendeligt resultat [Jensen 2008a]. Årstallene på delstrækningerne er således som angivet i tabel 6.2.



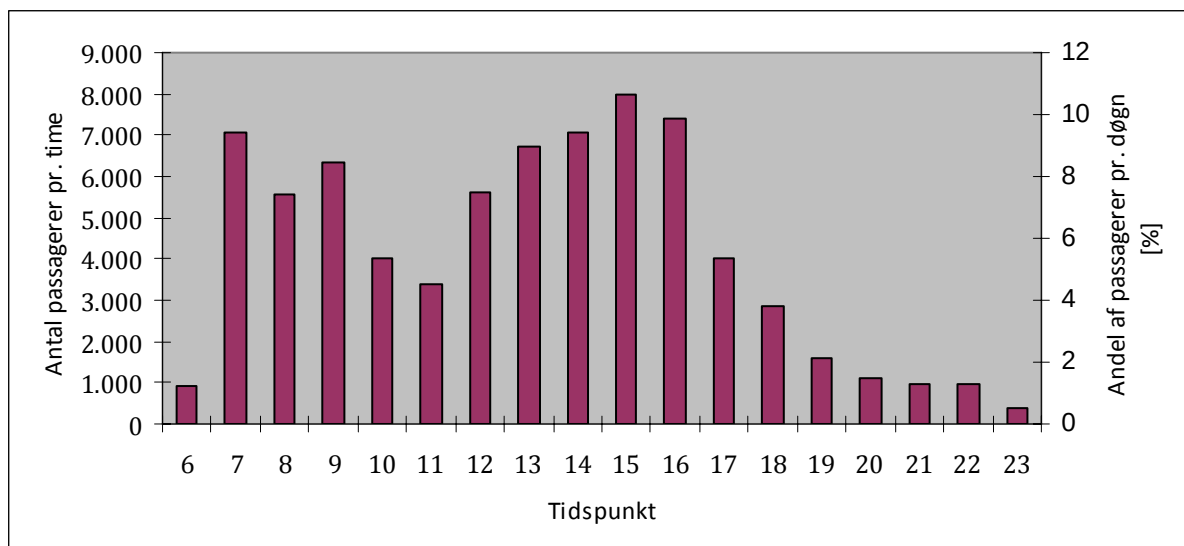
Figur 6.4: Sæsonvariation i køreplantimer (KPT) og rejser over året [Jensen 2007, p. 36]

Tabel 6.2: Samlet antal passagerer på hver delstrækning for hele året 2008

Strækning	Mod centrum	Mod AAU	Samlet 2008
Th. Sauers Vej	794.700	723.400	1.518.100
Universitetsboulevarden	694.200	699.600	1.393.800
Einsteins Boulevard	681.000	667.800	1.348.800
Pontoppidanstræde	660.600	617.400	1.278.000

6.1.4 Variation af passagerer over døgnet

Ud fra passagertællingen kan variationen i antallet af passagerer med Metrobus 2 mellem Aalborg Busterminal og AAU Busterminal bestemmes, jf. figur 6.5.



Figur 6.5: Variation af antal passagerer med Metrobus 2 på den talte strækning

Det fremgår af figur 6.5, at der er stor variation i antallet af passagerer over døgnet. Det største antal passagerer findes i spidsperioderne fra 7-9 og 15-17, hvor det største antal passagerer ligger omkring 8.000 pr. time for begge retninger, svarende til godt 10 % af det summerede antallet passagerer over det talte døgn. Antages spidstimerne om morgenen og eftermiddagen at være fra 7.00 – 9.00 samt 15.00 – 17.00, jf. figur 6.5, fås følgende procentfordeling af passagerer over døgnet, jf. tabel 6.3.

Tabel 6.3: Fordeling af passagerer i løbet af dagen

Tidspunkt	Fordeling	Antal passager pr. år
Morgenspidstimer (7.00 – 9.00)	17 %	258.000
Eftermiddagsspidstimer (15.00 – 17.00)	21 %	319.000
Øvrige perioder	62 %	942.000

6.1.5 Fordeling på kørselsretning

For morgen- og eftermiddagsperioderne, samt perioderne udover disse, kan fordelingen af passagererne på kørselsretningerne ligeledes bestemmes ud fra passagertællingen. Resultatet her af er angivet i tabel 6.4.

Tabel 6.4: Gennemsnitligt antal passagerer fordelt på kørselsretning og periode

Strækning	Mod AAU	Mod Busterminal	Fordeling
Gennemsnitlig			
Pontoppidanstræde	22,9	22,3	50/50
Gigantium	23,2	22,7	50/50
Scoresbysundvej	24,3	24,1	50/50
Grønlands Torv Nord	27,3	27,8	50/50
Morgenspidsperiode			
Pontoppidanstræde	31,1	25,6	55/45
Gigantium	31,3	26,8	54/46
Scoresbysundvej	33,0	28,2	54/46
Grønlands Torv Nord	34,3	27,9	55/45
Eftermiddagsspidsperiode			
Pontoppidanstræde	21,5	28,2	43/57
Gigantium	21,9	29,1	43/57
Scoresbysundvej	22,8	30,5	43/57
Grønlands Torv Nord	26,3	36,1	42/58

Ud fra tabellen ses det, at fordelingerne af passagerer på kørselsretningerne er meget ens. Gennemsnitligt er fordelingen præcis 50/50, mens der i morgenspidsperioden er en fordeling på 55/45, med flest rejsende mod Universitetet. For eftermiddagsspidsperioden er fordelingen 43/57, med flest rejsende mod Aalborg Busterminal.

7 Bestemmelse af trafiktal i 2008

Der er udleveret trafiktællinger for de overordnede veje omkring Universitetsparken af Aalborg Kommune, jf. tabel 7.1. Da tællingerne er gennemført i perioden 2003-2008 er det nødvendigt at fremskrive flere af tællingerne til 2008 for at tællingerne er sammenlignelige. Da de medtagne veje er meget forskellige med hensyn til størrelse og trafiksammensætning, må det forventes at trafikken er udviklet forskelligt i de forskellige vejklasser. I Aalborg Kommunes Vejudbygningsplan fremgår kommunens forventninger til udviklingen af trafikken i området i perioden 2004-2015. Trafikken forventes at stige mest på motorvejen, med knap 4 % pr. år og mellem 1-3 % på det øvrige vejnet [Aalborg Kommune 2007, p. 46]. Disse procentsatser er anvendt til fremskrivningen til 2008.

Tabel 7.1: Trafiktal for det udvalgte område

Vejnavn	Tværsnit	Tælleår	ÅDT	Tung trafik [%]	Fremskrivning p.a. [%]	ÅDT 2008
Einsteins Boulevard	Linus Palings Vej / Alfred Nobels Vej	2008	3.400	10	-	3.400
Th. Sauers Vej	Sohngårdshomsvej / Scoresbysundvej	2004	10.500	12,5	2	11.350
Th. Sauers Vej	Vest for Sohngårdsholms- vej	2003	11.500	12,5	2	12.700
Sohngårdsholmsvej	Th. Sauers Vej / Humlebakken	2007	7.100	10	2	7.250
Sohngårdsholmsvej	Syd for Th. Sauers Vej	2003	7.700	10	1	8.100
Pontoppidan st.	Niels Bohrs Vej / Bertil Olins Vej	2005	700	100	0	700
Universitetsboul.	Ved AAU	2005	19.000	10,5	2	20.150
Universitetsboul.	Ved Regionsgården	2005	12.000	1	2	12.750
Hadsundvej	Ved Esbjergparken	2006	5.350	10	2	5.550
Scoresbysundvej	Ved Th. Sauers Vej	2007	3.350	2	1	3.400
Nordjyske Motorvej	Syd for frakørsel 26 ved Th. Sauers Vej	2007	37.000	10	4	38.500
Nordjyske Motorvej	Mellem frakørsel 25	2007	29.000	10	4	30.200

8 Samfundsøkonomiske begreber

8.1 Evalueringskriterier

I det følgende vil der være en nærmere gennemgang af de evalueringskriterier og begreber der indgår i cost-benefit analyser. Der findes fem evalueringskriterier, som kan anvendes i forbindelse med cost-benefit analyser. Disse er:

- Første års forrentning (FYRR)
- Nettonutidsværdi (NNV)
- Benefit-Cost forholdet (B/C)
- Intern rente
- Tilbagebetalingstid

Nogle af disse kriterier anses for at være mere hensigtsmæssige at anvende frem for andre, da der findes en række begrænsninger i forbindelsen med anvendelsen af kriterierne.

8.1.1 Første års forrentning

Første års forrentningen (FYRR) er forholdet mellem et projekts samlede omkostninger, og de gevinster der kan registreres i det første år efter åbningen. For at bestemme dette forhold er det nødvendigt at diskontere alle omkostninger til åbningsåret, således det er nettonutidsværdien af disse, der anvendes. FYRR er forholdsvis simpel at udregne, da den kun kræver et minimum af information [Munksgaard og Albrechtsen 2000, p. 2].

FYRR giver ikke nødvendigvis et korrekt billede af, hvilket projekt der er mest fordelagtig, da det kun er gevinsterne i et år der medtages i dette evalueringskriterium.

8.1.2 Nettonutidsværdi

Nutidsværdi er et udtryk for, hvor meget en omkostning eller en gevinst i fremtiden er værd i nutidens penge. Ved en investering er penge ikke så meget værd i fremtiden, som de er i det øjeblik investeringen foretages. Dette skyldes, at i stedet for at investere i et givent projekt, kunne pengene investeres i noget andet, eksempelvis aktier, som vil give et afkast. Når nettonutidsværdien anvendes som et evalueringskriterium, gøres dette ved at alle omkostninger og gevinster diskonteres til et givent år, og forskellen mellem disse betragtes. For at et projekt overhovedet skal kunne komme i betragtning, skal nutidsværdien af gevinsterne selvfølgelig være større end nutidsværdien af omkostningerne. De enkelte projekter eller alternativer rangeres så efter hvilket projekt der giver den største forskel mellem gevinster og omkostninger, det vil sige det største afkast set over hele projektets levetid.

Dette kriterium er mest anvendeligt, hvis der ikke er en begrænset mængde af ressourcer til projektet. Dette skyldes, at NNV ikke tager hensyn til investeringens størrelse, men

udelukkende viser hvilket projekt der har den største nettonutidsværdi. [Trafikministeriet 2003, p. 36]

8.1.3 Benefit-Cost forholdet

Benefit-Cost forholdet beregnes ud fra nettonutidsværdien af projekterne, og sætter denne i forhold til de direkte nettoomkostninger, der er for hele projektet. På denne måde angives det, hvor mange gange investeringen betales tilbage. Der tages således højde for at der er forskel i investeringssummerne mellem de forskellige projekter. Dette er ikke tilfældet ved nettonutidsværdien alene, da denne ikke siger noget om afkastet i forhold til investeringen. Eksempelvis kan det være, at et projekt viser sig at give en nettonutidsværdi på 5 mio. kr., men hvis investeringen var på flere hundrede mio. kr., virker dette afkast meget beskedent. Det er således ikke sikkert, at projektet er mere fordelagtigt end et projekt med en lidt lavere nettonutidsværdi, men med en meget lavere investering. Af denne grund anses Benefit-Cost forholdet for at være det mest hensigtsmæssige evalueringskriterium [Trafikministeriet 2003 p. 37].

8.1.4 Intern rente

Denne metode bygger på metoden med nettonutidsværdi, men i stedet for at fastsætte en kalkulationsrente, som er forbundet med store usikkerheder, regnes det ud hvilken kalkulationsrente, der skal anvendes hvis projektets nettonutidsværdi skal være nul. Resultatet af metoden er så en rentesats, som kan sammenlignes med det interval, som kalkulationsrenten normalt bestemmes indenfor. Er resultatet eksempelvis en intern rente på 20 %, må det siges at investeringen er lønsom, da kalkulationsrenten normalt er i intervallet 4-8 %.

Den interne rente anvendes sjældent i forbindelse med cost-benefit analyser, da den fremtidige årlige samfundsøkonomiske værdi ikke udvikler sig stabilt – det vil sige. hvis summen af gevinster og tab/omkostninger over årene svinger mellem positive og negative værdier, i det der så kan være flere nulpunkter og dermed flere interne renter. Dette er dog sjældent tilfældet for større vejprojekter, i det investeringsstørrelsen i de første år efter igangsættelse af et projekt ofte er forholdsvis store, efterfulgt af en rimelig stabil årlig samfundsøkonomisk gevinst [Trafikministeriet 2003, p. 36].

8.1.5 Tilbagebetalingstid

Ved dette evalueringskriterium beregnes det, hvor lang tid der går inden et projekt har tjent sig selv ind, og projektet med den korteste tilbagebetalingstid er således mest fordelagtigt.

Tilbagebetalingstiden har den ulempe, at der ikke tages hensyn til, hvad der sker efter det tidspunkt, hvor investeringsomkostningen er tjent ind igen. Herudover er det ikke muligt at sammenligne projekter ved brug af tilbagebetalingstiden, hvorfor denne ikke bør anvendes i forbindelse med samfundsøkonomiske vurderinger [Finansministeriet 1999, p. 31].

8.2 Parametre

Ens for alle evalueringskriterierne i cost-benefit analyser er, at der indgår en række parametre til bestemmelsen af kriterierne. I det følgende gennemgås de vigtigste af disse.

8.2.1 Kalkulationsrente

Kalkulationsrenten er den rentesats, der anvendes til at diskontere beløb frem eller tilbage, når der skal regnes nutidsværdier. Denne rente kan variere meget. Finansministeriet har på nuværende tidspunkt fastsat kalkulationsrenten til at være 6 %, men dette afhænger af konjunktoren i samfundet. I andre lande varierer kalkulationsrenten mellem 4 og 8 %. Kalkulationsrenten er således forbundet med meget stor usikkerhed, specielt ved langsigtede investeringer, da det ikke er til at spå om fremtidens konjunkturer.

8.2.2 Levetid

Bestemmelsen af et vejprojekts levetid er essentielt, når evalueringskriterierne i cost-benefit analyserne beregnes. Dette skyldes, at levetiden er bestemmende for, hvor lang tid omkostninger og gevinster skal medregnes. For en almindelig landevej er levetiden typisk 20 år, mens den for større hovedveje og motorveje er cirka 50 år. Enkelte projekter, så som større motorvejsbroer, regnes at have en levetid på op mod 100 år [Transport- og energiministeriet 2006b].

8.2.3 Priser

De omkostninger og gevinster der indgår i cost-benefit analyser, kan enten opgøres i faktorpriser eller markedspriser. Faktorpriser er opgjort eksklusiv moms og andre afgifter, mens markedspriser, er inklusiv disse. Faktorpriser er et udtryk for de samfundsmæssige omkostninger, der er nødvendige for eksempelvis at anlægge en vej. Markedspriser derimod er et udtryk for borgernes præferencer og betalingsvillighed for et gode. Finansministeriet anbefaler, at det er markedspriserne, der anvendes i forbindelse med samfundsøkonomiske analyser. Dette er også tilfældet for de europæiske lande Danmark normalt sammenligner sig med [Trafikministeriet 2003, p. 86].

9 Fremskrivningen af trafik

I det udvalgte område omkring Universitet, er der planer omkring fremtidig byudvikling, der vil få stor indflydelse på den trafikale situation, hvilket er beskrevet i hovedrapportens afsnit 7.5. Foruden dette vil der også ske en generel trafikaltvækst som skal medtages. I dette bilag bestemmes ændringen i den fremtidige trafikale situation for henholdsvis 2015 og 2023. Disse perioder anses som realistiske for hvor lang tid det tager, før den planlagte udvikling i henholdsvis Universitetsparken og det regionale sygehus er gennemført.

Der vil sandsynligvis ske en yderligere udbygning af området, bl.a. ved Aalborg Universitet og Gigantium, men da dette er en mindre udbygning der forløber over flere år, antages det, at der tages højde for den øgede trafik til området igennem den generelle fremskrivning af trafikken.

9.1 Bestemmelse af trafikken i 2015

For at bestemme den trafikale situation i 2015 tages der udgangspunkt i resultatet fra en trafikmodel for området. I forbindelse med Aalborg Kommunes vejudbygningsplan, er trafikforholdene i området modeleret i 2015, jf. tabel 9.1, hvor det kan forventes at Universitetsparken er fuldt udbygget. Der er dog i forbindelse med vejudbygningsplanen fundet en kalibreringsfejl ved ÅDT for Th. Sauers Vej, Hadsundvej og Universitetsboulevarden. Th. Sauers Vej fremgår i planen med en ÅDT på 16.500 i basisåret 2004 [Aalborg Kommune 2007 p. 42], hvor værdien er fundet ud fra en trafiktælling, gennemført af Aalborg Kommune til 10.500, jf. bilag 7. Der er altså en forskel mellem de to værdier på 6.000, hvilket er fratrasket værdien i tabel 9.1, samme metode er anvendt ved Universitetsboulevarden og Hadsundvej, hvor fejlen dog ikke er så stor som for Th. Sauers Vej. Denne fremgangsmåde anvendes typisk ved kalibreringsfejl i trafikmodeller [Jensen 2008b]

Tabel 9.1: Forventet ÅDT i 2015 på områdets overordnede veje [Aalborg Kommune 2007 p. 46]

Vejnavn	Tværsnit	ÅDT 2015
Einsteins Boulevard	Linus Palings Vej / Alfred Nobels Vej	-
Th. Sauers Vej	Sohngårdshomsvej / Scoresbysundvej	16.750
Th. Sauers Vej	Vest for Sohngårdsholms-vej	13.500
Sohngårdsholmsvej	TH. Sauers Vej / Humlebakken	11.500
Sohngårdsholmsvej	Syd for Th. Sauers Vej	8.600
Pontoppidanstræde	Niels Bohrs Vej / Bertil Olins Vej	700
Universitetsboulevarden	Ved AAU	28.200
Universitetsboulevarden	Ved Regionsgården	19.650
Hadsundvej	Ved Esbjergparken	7.600
Scoresbysundvej	Ved Th. Sauers Vej	3.650
Nordjyske Motorvej	Syd for frakørsel 26 ved Th. Sauers Vej	47.000
Nordjyske Motorvej	Mellem frakørsel 25 og 26	42.000
Frakørsel 26 Ø	På motorvejsfrakørslen	5.450
Frakørsel 26 V	På motorvejsfrakørslen	5.250

Pontoppidanstræde og Einsteins Boulevard indgår ikke i trafikmodellen. Pontoppidanstræde er medtaget i tabel 9.1 med den eksisterende ÅDT, da dette er en busvej og der derfor ikke forventes en ændring i trafikken på vejen. Trafikken på Einsteins Boulevard forventes dog at stige kraftigt som følge af udbygningen af Universitetsparken. Stigning i trafikken er bestemt i det følgende.

9.1.1 Trafikstigning på Einsteins Boulevard

Bebyggelsen i Universitetsparken består af etageboliger og kontorerhverv. For at bestemme hvor mange ture boligerne vil generere, er det nødvendigt at have kendskab til hvor meget af området, der er planlagt bebygget. Derefter kan det forventede antal boliger bestemmes ud fra boligtypen, jf. tabel 9.2. Det forventes at der bliver ca. 30 boliger pr. ha i Universitetsparken.

Tabel 9.2: Forventet antal boliger pr. ha i Universitetsparken [Hovgesen 2005]

	Bebyggelsesprocent	Antal etager	Gns. Boligstørrelse	Boliger pr. ha
Åben-lav	Max 25 %	1-1,5	125-150 m ²	Ca. 10
Tæt-lav	Max 40 %	1-2	90-100 m ²	Ca. 20
Etage	Max 50 %	2-4	70-90 m ²	Ca. 30

For at bestemme hvor mange ture boligerne genererer, er der anvendt data fra Transportvaneundersøgelsen. I gennemsnit genererer en person i en etagebolig tre ture pr. døgn [Vejdirektoratet 1999]. Det er ud fra statistik over husstandsstørrelsen i Aalborg beregnet, at der i gennemsnit bor 2,03 personer pr. husstand i Aalborg, jf. tabel 9.3, hvilket overføres til boligerne i Universitetsparken.

Tabel 9.3: Husstandsstørrelse i Aalborg Kommune 2008 [Statistikbanken.dk 2008c]

Personer	1	2	3	4	5	6	7	8	Sum
Antal husstande	40.238	31.662	10.206	9.870	2.986	621	147	149	95.879
Andel husstande	42,0 %	33,0 %	10,6 %	10,3 %	3,1 %	0,6 %	0,2 %	0,2 %	100 %
Antal personer	40.238	63.324	30.618	39.480	14.930	3.726	1.029	1.192	194.537
Personer pr. husstand									2,03

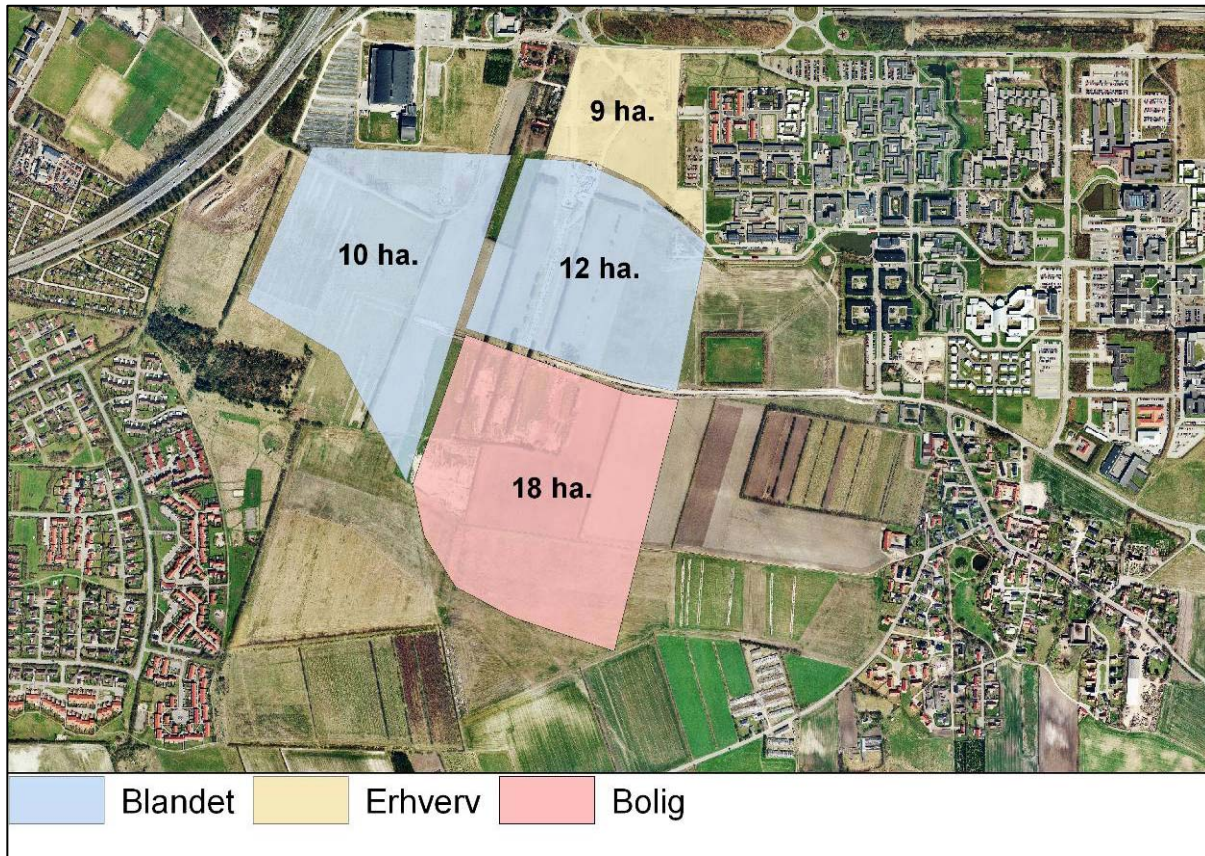
Det vides dermed at hver husstand i Universitetsparken vil generere 6,09 ture pr. døgn. For at bestemme hvor mange af disse ture der foregår med bil anvendes igen resultater fra Transportvaneundersøgelsen, jf. tabel 9.4. Da 61 % af alle ture foregår med bil, vil boligerne i Universitetsparken i gennemsnit generere 3,71 ture med bil pr. døgn.

Tabel 9.4: Ture fordelt på transportmiddel [Vejdirektoratet 1999]

Transportmiddel	Ture pr. dag	Andel af ture [%]
Gang	0,3	11
Cykel	0,4	14
Bus	0,2	7
Tog	0,1	4
Bil	1,7	61
Andet	0,1	4

Erhvervsområderne i Universitetsparken bliver kontorerhverv, hvilke kan forventes at generere 3,9 bilture pr. 100 m^2 , idet arealet er udlagt i nærheden af en højfrekvent kollektiv busrute [Miljøstyrelsen.dk 2008].

I det følgende gennemgås hvor store trafikmængder, der kan forventes fra Universitetsparken. De enkelte områder er angivet på figur 9.1:



Figur 9.1: Udviklingsområder i Universitetsparken [Aalborgkommune.dk 2008b]

Boligområde syd

- Bebyggelsesprocent max 40 og max 3 etager
- Areal: 18 ha. Ca. en fjerdedel er allerede udbygget, dvs. 13,5 ha ubebygget
- Forventet antal boliger: 405
- Forventet bilture fra bolig pr døgn: 1.503

Erhvervsområde nord

- Bebyggelsesprocent max. 60
- Areal: 9 ha
- Kontorareal: 54.000 m^2
- Forventet bilture fra kontorerhverv pr døgn: 2.106

Blandet bolig og erhverv, nord

- Bebyggelsesprocent max. 60 for erhverv og max. 40 for bolig. Det vurderes der opføres halvt af hver.
- Areal: 12 ha.
- Forventet antal boliger: 180
- Forventet bilture fra bolig pr. døgn: 668

- Kontorareal: 36.000 m^2
- Forventet bilture fra kontorerhverv pr. døgn: 1.404

Blandet bolig og erhverv, vest

- Bebyggelsesprocent max. 60 for erhverv og max. 40 for bolig. Det vurderes der opføres halvt af hver.
- Areal: 10 ha
- Forventet antal boliger: 150
- Forventet bilture fra bolig pr. døgn: 557
- Kontorareal: 30.000 m^2
- Forventet bilture fra kontorerhverv pr. døgn: 1.170

9.1.2 Sum

Tilsammen bidrager boligerne i Universitetsparken med 2.728 ture pr døgn i bil og erhvervsområderne med 4.680 ture pr døgn i bil, hvilket tilsammen giver 7.408, jf. tabel 9.5. Det vurderes at ca. 70 % af alle turene vil anvende Einsteins Boulevard og resten vil anvende Alfred Nobels vej og den fremtidige Egnspanvej. ÅDT'en på Einsteins Boulevard vil dermed stige med 5.200 i 2015 i forhold til 2008, hvorfor vejens ÅDT i 2015 vil være 8.600.

Tabel 9.5: Samlede antal ture 2015

Område type	Areal [ha]	Forventet bilture
Bolig	24,5	2.728
Erhverv	20	4.680
Sum	44,5	7.408

9.2 Bestemmelse af trafikken i 2023

For at bestemme ÅDT i 2023 skal værdierne fra 2015 fremskrives og den øgede trafik til det regionale sygehus fordeles på vejene.

9.2.1 Regionalt sygehus

Da planerne om et regionalt sygehus er på et tidligt planlægningsstadiet, er det svært at give et kvalificeret bud på hvor stor den øgede trafikmængde sygehuset vil blive. For at give et bud på trafikudviklingen ved etablering af et nyt sygehus, betragtes Skejby Sygehus, der er det nye regionale sygehus i Danmark, der er længst på planlægningsstadiet. I forbindelse med udbygningen af sygehuset, er der gennemført en trafiktælling i området for at bestemme den trafikmængde, der er relateret til sygehuset. Forholdet mellem størrelsen af sygehuset og trafikmængden dertil, er anvendt til at give et groft overslag på hvilken trafikmængde, der kan forventes efter udvidelse af sygehuset. Resultatet af undersøgelsen er en ÅDT på 7.200 til det eksisterende sygehus på 150.000 m^2 , hvilket giver et forhold i ÅDT på 480 pr. ha.

[Sode-Carlsen 2008]. Da der endnu ikke er truffet beslutning omkring størrelsen af det nye sygehus i Aalborg, tages der igen udgangspunkt i Skejby Sygehus. Sygehuset vil efter udvidelsen have et samlet areal på $500.000 m^2$. Ud fra forskellen i antal indbyggere mellem Aalborg og Århus, forudsættes det at det nye sygehus i Aalborg vil blive halvt så stort som Skejby, altså på $250.000 m^2$. Tildeles forholdet mellem størrelse af ÅDT fra det eksisterende Skejby Sygehus giver det en ÅDT på 12.000 til det nye sygehus i Aalborg.

Den øgede trafik i området tildeles de overordnede veje i 2023. Det vurderes at 70 % af trafikken til sygehuset vil komme af Universitetsboulevarden, svarende til en ÅDT på 8.400, mens de resterende 30 % kommer fra øst og via Egnspanvej. Derfra antages trafikken at fordele sig på følgende måde:

- 25 % fra motorvejen nordgående retning (2.100)
- 25 % fra motorvejen sydgående retning (2.100)
- 15 % på Hadsundvej (1.260)
- 35 % på Th. Sauers Vej (2.940)

9.2.2 Fremskrivning af trafikken

I de seneste år er der sket en generel stigning i trafikken som følge af øget velstand i samfundet. I det følgende bestemmes den yderligere trafik, der genereres af udbygningen i området. Denne stigning har i Danmark i gennemsnit været ca. 1,0 % i perioden fra 1996 til 2006 [Statistikbanken 2008b]. For at bestemme trafikken i området i 2023 fremskrives trafikken med denne faktor. Resultatet af dette, tillagt den øgede trafik til det regionale sygehus fremgår af tabel 9.6.

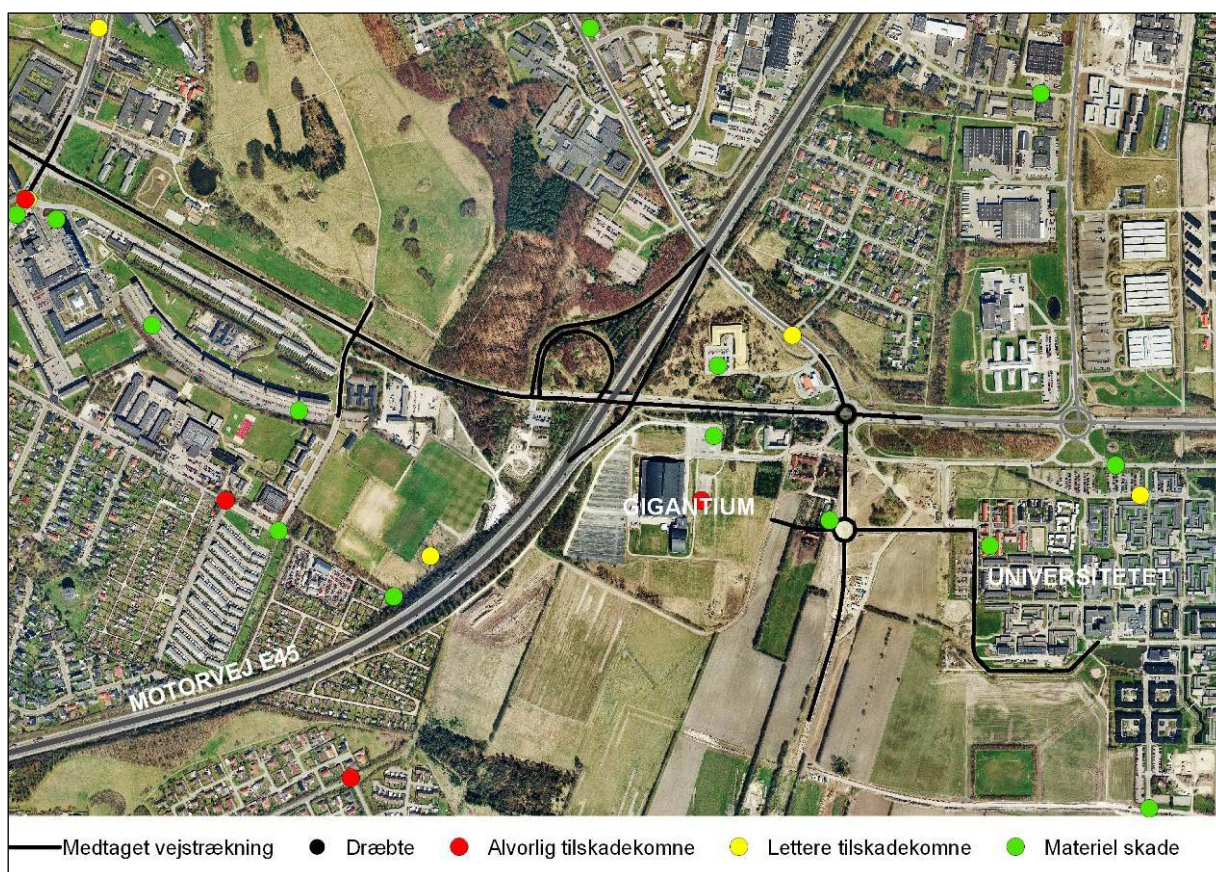
Tabel 9.6: Fremtidig ÅDT på områdets overordnede veje

Vejnavn	Tværsnit	ÅDT 2015	ÅDT 2023
Einsteins Boulevard	Linus Palings Vej / Alfred Nobels Vej	8.600	9.300
Th. Sauers Vej	Sohngårdshomsvej / Scoresbysundvej	16.750	21.050
Th. Sauers Vej	Vest for Sohngårdsholmsvej	13.500	17.500
Sohngårdsholmsvej	TH. Sauers Vej / Humlebakken	11.500	12.450
Sohngårdsholmsvej	Syd for Th. Sauers Vej	8.700	9.400
Pontoppidanstræde	Niels Bohrs Vej / Bertil Olins Vej	700	700
Universitetsboulevarden	Ved AAU	28.200	37.700
Universitetsboulevarden	Ved Regionsgården	19.650	29.600
Hadsundvej	Ved Esbjergparken	7.600	9.500
Scoresbysundvej	Ved Th. Sauers Vej	3.650	3.950
Nordjyske Motorvej	Syd for frakørsel 26 ved Th. Sauers Vej	47.000	53.000
Nordjyske Motorvej	Mellem frakørsel 25 og 26	42.000	47.600
Frakørsel 26 Ø	På motorvejsfrakørslen	5.450	8.000
Frakørsel 26 V	På motorvejsfrakørslen	5.250	7.800

10 Eksterne effekter

De eksterne effekter er afledte effekter af trafikken, som har en negativ effekt på samfundet og miljøet. Da der ikke flyttes trafik af nævneværdig størrelse fra Universitetsboulevarden til busvejen i forslaget med en busvej under motorvejen, antages det at disse ikke har indflydelse på forskellen i de samfundsøkonomiske resultater. En af de eksterne effekter der har størst indflydelse på resultatet er uheld, hvorfor forekomsten af uheld i området er undersøgt, jf. figur 10.1.

Da der kun er registreret få uheld i området der indgår i beregningen, vurderes det at projektforslagene vil have ubetydelig indflydelse på uheldssituationen. For at eftervise dette, gennemføres der i det følgende en beregning af hvor mange uheld der kan forventes på busvejen i 2015.



Figur 10.1: Registrerede uheld i projektområdet i perioden 2003 – 2008 [IVIS.dk 2008]

10.1.1 Uheld på busvejen i 2015

Antallet af forventede uheld på en vejstrækning kan beregnes ud fra en række faktorer, hvor ÅDT er den der har størst betydning. Den forventede uheldstæthed beregnes ud fra følgende formel [Kjær og Greibe 2003, p. 5]:

$$UHT_{forv} = a \cdot N^p \quad (10.1)$$

hvor

a og p er parametre afhængig af randbebyggelsen

N er trafikmængden (ÅDT)

Værdierne for a og p er fundet ud fra uheldsmodeller. Disse er afhængige af randbebyggelsen i området, som for busvejen kan betegnes som spredt. Formel (10.1) bliver således [Kjær og Greibe 2003, p. 5]:

$$UHT_{forv} = 4,96 \cdot 10^{-4} \cdot N^{0,89} \quad (10.2)$$

Ud fra uheldstætheden kan det forventede antal uheld pr. år beregnes ved følgende formel:

$$U_{forv} = UHT_{forv} \times L \quad (10.3)$$

hvor

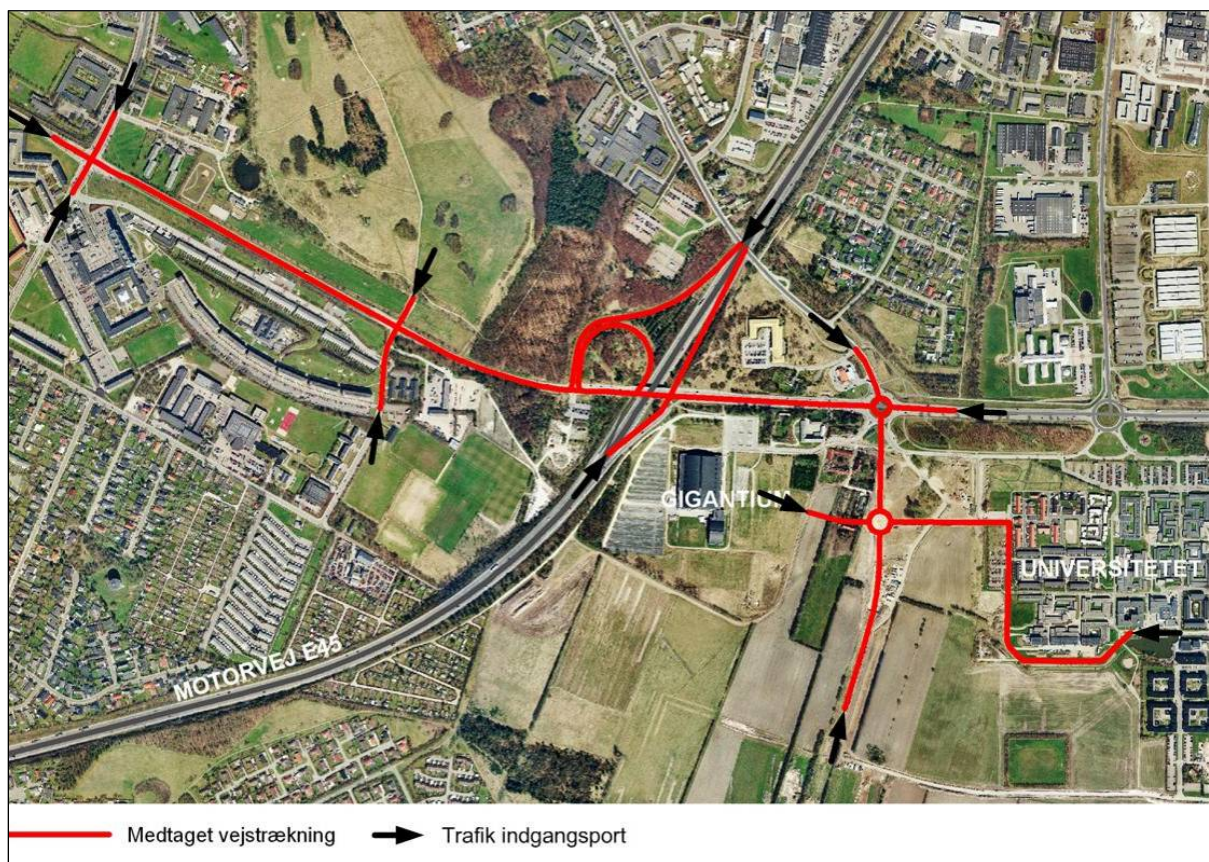
L er længden af strækningen [km]

For busvejen med en ÅDT på 275 køretøjer, kan der således forventes:

$$U_{forv} = 4,96 \cdot 10^{-4} \cdot 275^{0,89} \cdot 1,5 = 0,11 \text{ uheld/år} \quad (10.4)$$

11 Trafiksimulering

For at bestemme rejsetiderne for trafikken i fremtiden som følge af de foreslåede projekter, er der opbygget en trafiksimulering for området omkring Universitetet. Trafiksimuleringen er opbygget i programmet VISSIM. Programmet er udarbejdet til at lave mikrosimuleringer af trafikanlæg, dvs. simuleringer af f.eks. knudepunkter, eller udvalgte dele af en by. I dette tilfælde er det valgt at medtage de overordnede veje i området, der påvirkes af de foreslåede projekter. Det udvalgte område, der indgår i simuleringen fremgår af figur 11.1.



Figur 11.1: Vejstrækninger der indgår i trafiksimuleringen

For at kunne gennemføre en trafiksimulering for området omkring Universitetet, er det nødvendigt at have kendskab til følgende:

- Trafikmængder
- Trafiksammensætning
- Trafikkens retningsfordeling i kryds
- Signalgruppeplaner
- Busafgange
- Lette trafikanter

I de følgende afsnit beskrives hvordan disse data er bestemt. Som beskrevet i hovedrapporten, laves der simuleringer for tre scenarier: Forslaget om en busvej under motorvejen, forslaget om en udvidelse af Th. Sauers Vej til fire spor kombineret med en stibro, samt et basisscenarium. Simuleringerne gennemføres for scenarierne i 2015 og 2023, hvor både morgen- og eftermiddagsspidstimen samt gennemsnitstimen simuleres.

11.1.1 Trafikmængder

For at få trafik i simuleringen, lægges denne ind i en række indgangsporte. Indgangsportene anvendt i simuleringen fremgår af figur 11.1. I det følgende beskrives hvordan trafikmængderne i de forskellige projektforslag er bestemt. I VISSIM simuleringerne simuleres der i én time ad gangen, hvorfor ÅDT, fundet i bilag 9 skal omsættes til trafikmængder i de pågældende timer. Til dette anvendes viden om trafikens type, samt årstrangkurver, hvorudfra det kan bestemmes hvilke timer der skal simuleres for. Ud fra tællingerne på strækningerne og krydsene fremgår det, at trafikken er udpræget bolig-arbejdssted trafik på alle strækninger, og totaltrafikken på hver strækning i en given time kan således beregnes ud fra formel (11.1) [Vejdirektoratet 2005, p. 18]:

$$p(t) = 36,5 \cdot (0,3631 - 0,0059 \cdot t^{0,4466}) \quad (11.1)$$

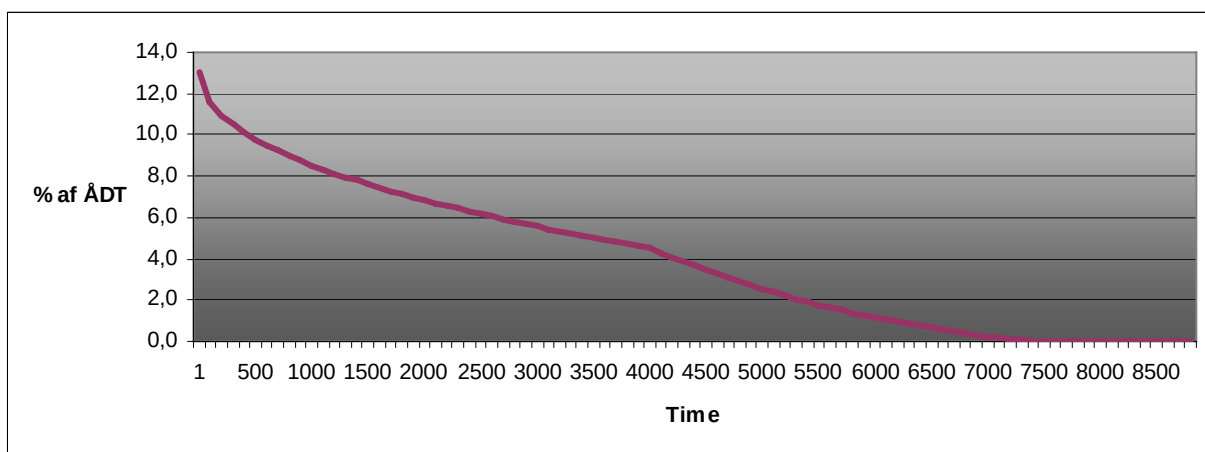
hvor

$p(t)$	er trafikmængden (totaltrafik)
t	er den pågældende time (f.eks. 100. største time)

Når den betragtede time overstiger 4.000. største time, skal formel (11.1) korrigeres, og trafikmængden for gennemsnitstimen giver således [Vejdirektoratet 2005, p. 18]:

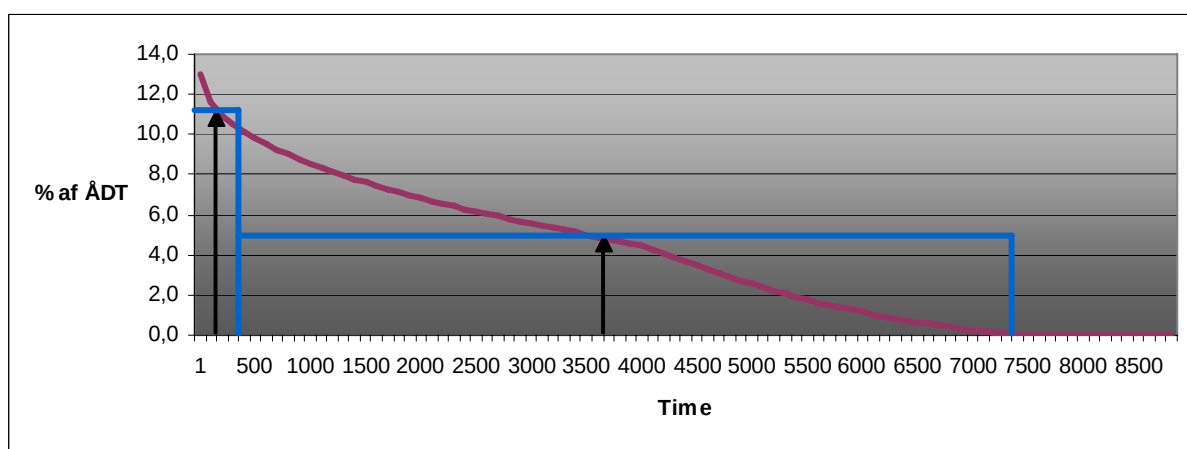
$$p(t) = 36,5 \cdot (0,3631 - 0,0059 \cdot t^{0,4466}) \cdot \left(1 - \frac{t - 4.000}{7.405 - 4.000}\right) \quad (11.2)$$

For at bestemme de timer der skal simuleres, plottes formelen som funktion af tiden, hvilket er angivet på figur 11.2.



Figur 11.2: Årsrangkurve for bolig-arbejdsstedstrafik

De timer der skal anvendes i simuleringen skal dels afspejle trafikafviklingen i spidstimer, men også resten af året. Ud fra figur 11.2, ser det ud til at den 200. største time kan anvendes til at simulere spidstimerne, hvor denne antages at være gældende i 400 timer, fordelt ligeligt på henholdsvis morgen- og eftermiddagsspidstimer. For de øvrige tider, anvendes den 3.700. største time, hvilket er lidt over en gennemsnitstime. Princippet i dette er angivet på figur 11.3.



Figur 11.3: Princip for anvendelse af 200. og 3.700. største time

For at kontrollere at disse timer giver den rigtige samlede trafikmængde over et helt år, foretages der en integration, for derved at kontrollere at arealet under kurven er det samme som det tilnærmede areal for de to rektangler, jf. figur 11.3. For perioden fra $t=0$ til $t=400$ fås følgende:

$$A = \int_0^{400} 36,5 \cdot (0,3631 - 0,0059 \cdot t^{0,4466}) = \left[13,253t - \frac{0,215t^{1,4466}}{1,4466} \right]_0^{400} = 4.437 \quad (11.3)$$

Arealet for rektanglet for den samme periode er:

$$A_{\text{rektangel}} = 11 \cdot 400 = 4.400 \quad (11.4)$$

Den 3.700. største time antages at gælde i perioden fra $t=400$ til $t=7.405$. Der regnes ikke til $t=8.760$, hvilket svarer til det samlede antal timer i et år, da årsrangkurven er 0 fra $t=7.405$ og frem. Derved fås følgende:

$$\begin{aligned} A &= \int_{400}^{4.000} 36,5 \cdot (0,3631 - 0,0059 \cdot t^{0,4466}) + \int_{4.000}^{7.405} 36,5 \cdot (0,3631 - 0,0059 \cdot t^{0,4466}) \cdot \left(1 - \frac{t - 4.000}{7.405 - 4.000}\right) \\ &= \left[13,253t - \frac{0,215t^{1,4466}}{1,4466} \right]_{400}^{4.000} + \left[-2,316t + 0,323t^{1,4466} - 2,58 \cdot 10^{-5} \cdot t^{2,4466} \right]_{4.000}^{7.405} \\ &= 33.695 \end{aligned} \quad (11.5)$$

For rektanglet gælder følgende:

$$A_{\text{rektangel}} = 4,8 \cdot (7.405 - 4.000) = 33.624 \quad (11.6)$$

Arealerne for de tilnærmede rektangler er således tilnærmelsesvis ens med arealet under grafen, hvorfor det vurderes rimeligt at beregne det samlede rejsetidsforbrug over et helt år ud fra simuleringer for disse perioder.

Da der til trafiksimuleringen skal anvendes trafikmængder i hver sin retning, skal den fundne time trafik opdeles på køreretningerne. Erfaringsmæssigt kan den mest belastede retning i spidstimen fastsættes som 60 % af trafikken på strækningen, med mindre der er tale om egentlige radialveje eller ringveje. For den 3.700. største time fordeler trafikken sig 50/50 på køreretningerne [Vejdirektoratet 2005, p. 21]. I tabel 11.1 og tabel 11.2 er de beregnede trafikmængder i én retning angivet.

Tabel 11.1: Trafikmængder på de mest belastede retninger i basisscenarium og scenario med fire-spor.

Strækning	2015		2023	
	200. st. time	3700. st. time	200. st. time	3700. st. time
Einsteins Boulevard	565	207	611	223
Th. Sauers Vej øst for Sohn	1.101	403	1.384	506
Th. Sauers Vej vest for Sohn	888	324	1.151	421
Sohngårdsholmsvej Nord	756	276	819	299
Sohngårdsholmsvej Syd	572	209	618	226
Pontoppidanstræde	28	10	28	10
Universitetsboul., øst	1.854	678	2.479	906
Universitetsboul., vest	1.292	472	1.946	711
Hadsundvej	500	183	625	228
Scoresbysundvej	239	87	260	95
Frakørselsrampe øst	358	131	526	192
Frakørselsrampe vest	345	126	513	187

Tabel 11.2: Trafikmængder på de mest belastede retninger i scenario med busvej

Strækning	2015		2023	
	100. st. time	3700. st. time	100. st. time	3700. st. time
Einsteins Boulevard	547	200	592	216
Th. Sauers Vej øst for Sohn	1.101	403	1.384	506
Th. Sauers Vej vest for Sohn	888	324	1.151	421
Sohngårdsholmsvej Nord	756	276	819	299
Sohngårdsholmsvej Syd	572	209	618	226
Pontoppidanstræde	28	10	28	10
Universitetsboul., øst	1.834	670	2.459	899
Universitetsboul., vest	1.292	472	1.946	711
Hadsundvej	500	183	625	228
Scoresbysundvej	239	87	260	95
Frakørselsrampe øst	358	131	526	192
Frakørselsrampe vest	345	126	513	187
Busvej	8	4	8	4

11.1.2 Trafiksammensætning

Når trafikken indlægges i simuleringens indgangsporte, jf. figur 11.1, er det nødvendigt at specificere sammensætningen af trafikken. Ud fra trafiktællinger på de medtagne veje i området, er der et kendskab til andelen af tung trafik på vejene, hvilken der er taget udgangspunkt i. Det fremgår af trafiktallene, jf. bilag 7, at andelen af tung trafik ligger omkring 10 % på alle veje. For at forsimple simuleringen, er andelen af tung trafik i dennes indgangsporte derfor 10 % på alle veje.

11.1.3 Trafikkens retningsfordeling i kryds

For at kunne opbygge VISSIM simuleringen, er det nødvendigt at have et kendskab til hvordan trafikken fordeler sig i de medtagne kryds. For at finde trafikken fordeling i de enkelte kryds i området anvendes tidligere gennemførte krydstællinger. Disse er vedlagt på DVD'en. Da tællingerne ikke er mere end et par år gamle, må det vurderes at den relative fordeling af trafikken stadig er nogenlunde svarende til det registrerede, og at denne ikke vil ændre sig i den betragtede periode. Udbygningen af Universitetsparken vil dog medføre en større ændring af retningsfordelingen i rundkørslen ved Universitetsboulevarden og Einsteins Boulevard.

For at tage højde for denne ændring, korrigeres retningsfordelingen i denne rundkørsel. Måden hvorpå dette gøres er, at trafikken fra Einsteins Boulevard ind i rundkørslen antages at have den samme fordeling som registreret, da formålet med turene stadig er det samme, der er bare kommet flere af dem. Den udkørende trafik fra rundkørslen til Einsteins Boulevard medfører derimod at retningsfordelingen for de øvrige vejgrene i rundkørslen ændres. Den stigning i udkørende trafik fra rundkørslen der kommer på Einsteins Boulevard, som følge af udbygningen af Universitetsparken fordeles derfor som indkørende trafik i rundkørslen på de øvrige veje, efter en fordelingsnøgle, svarende til den registrerede fordeling til Einsteins Boulevard. Stigningen adderes til den i 2008 beregnet mængde af indkørende trafik fra de øvrige veje i rundkørslen. Størrelsen af den i forvejen indkørende trafik på de øvrige veje fås ud fra vejenes ÅDT, samt registreringen af forholdet mellem ind- og udkørende biler på hver vej. På baggrund af de beregnede indkørende trafikmængder korrigeret for væksten i Universitetsparken, sammenholdt med dem fra 2008 kan den korrigerede retningsfordeling i rundkørslen beregnes. Dette er gjort i et regneark vedlagt på DVD'en, hvor også retningsfordelingerne for de øvrige kryds er beregnet ud fra tællinger. Resultatet for rundkørslen er desuden angivet i tabel 11.3.

Tabel 11.3: Korrigeret retningsfordeling i rundkørsel (procent)

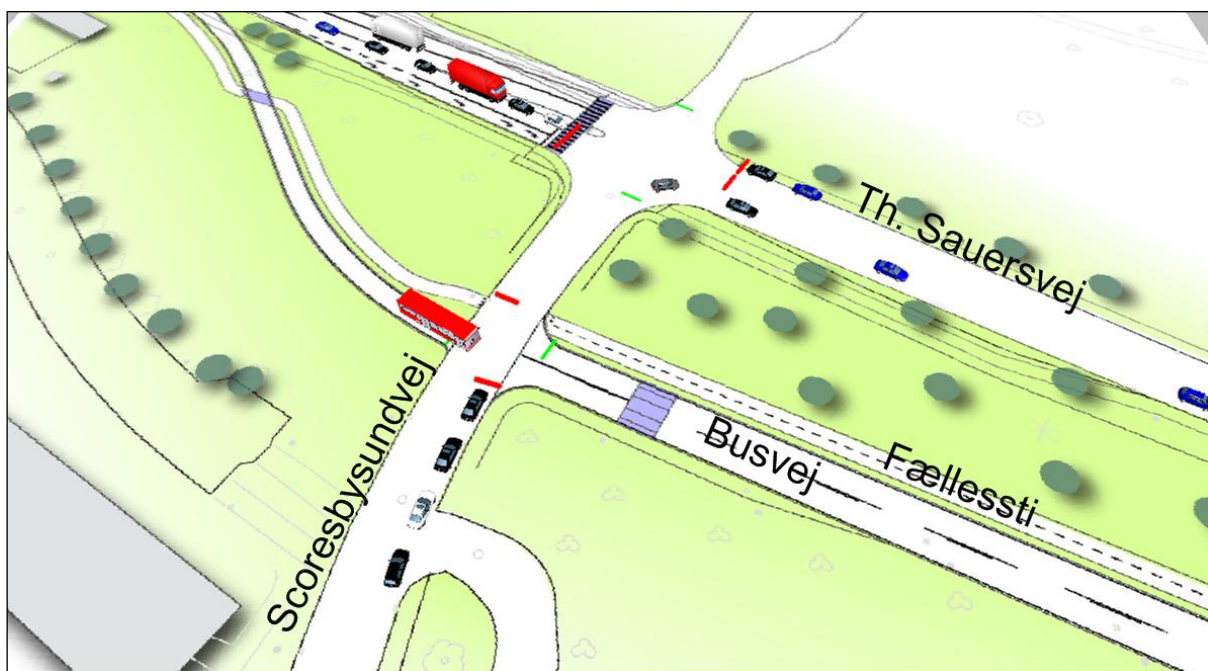
Fra/Til	Einsteins Boul.	Universitetsboul. øst	Hadsundvej	Universitetsboul. vest
Einsteins Boul.	-	37,5	12,5	50,0
Universitetsboul. øst	6,4	-	40,0	53,6
Hadsundvej	19,1	30,5	-	50,5
Universitetsboul. vest	19,1	67,7	13,2	-

11.1.4 Signalgruppeplaner

I simuleringen indgår fire kryds på Th. Sauers Vej, som alle er signalregulerede. For at sikre overensstemmelse mellem simuleringen og virkeligheden, er de aktuelle signalgruppeplaner anvendt, hvilke er udleveret af Aalborg Kommune, der er vejbestyrelse for krydset med Sohngårdsholmsvej og Scorebysundsvej samt Vejdirektoratet, der er vejbestyrelse for krydsene ved motorvejen. Signalgruppeplanerne for krydsene er vedlagt på DVD'en. Alle de medtagne signalanlæg er trafikstyrede, men anvender i spidstimerne typisk et rent tidsstyret program, der dog ændres ved prioritering af busser. For at forsimple simuleringen, er der i de eksisterende kryds udelukkende anvendt de tidsstyrede programmer uden busprioritering.

I det østlige kryds på motorvejsbroen er der en separat fase i signalreguleringen for lette trafikanter. I de to projektforslag færdes der ikke lette trafikanter i krydset, hvorfor signalgruppeplanen er ændret. I forhold til den oprindelige signalgruppeplan gives der sammenlagt ni sekunder ekstra grøntid i hovedretningen, hvilket har stor betydning for trafikafviklingen for især forslaget omkring en busvej i eget tracé. I forslaget omkring fire spor på Th. Sauers Vej er der stadig signalregulering for de lette trafikanter på frafartssporet fra motorvejen, men da sporet er langt fra kapacitetsgrænsen har dette ikke større indflydelse på trafikafviklingen.

I simuleringen for busvejen indgår der yderligere to lysreguleringer, ved henholdsvis krydset med Scorebysundsvej samt indsnævringen af busvejen til et spor under motorvejen. Begge signalreguleringer er trafikstyrede og virker ved, at der er rødt for busvejen indtil en bus detekteres i en afstand af cirka 50 meter før krydset, hvorefter signalreguleringen skifter til grøn, så bussen kan gennemkøre krydset uden forsinkelse, jf. figur 11.4. Styringen til signalgruppeplanerne er udarbejdet i programmet VAP, hvilket er en udvidelse til VISSIM. Afviklingen i krydset er desuden illustreret i et filmklip fra simuleringen, vedlagt på DVD'en.



Figur 11.4: Prioritering af busser i krydset mellem busvejen og Scoresbysundvej, Busvej morgen 2015

11.1.5 Busafgange

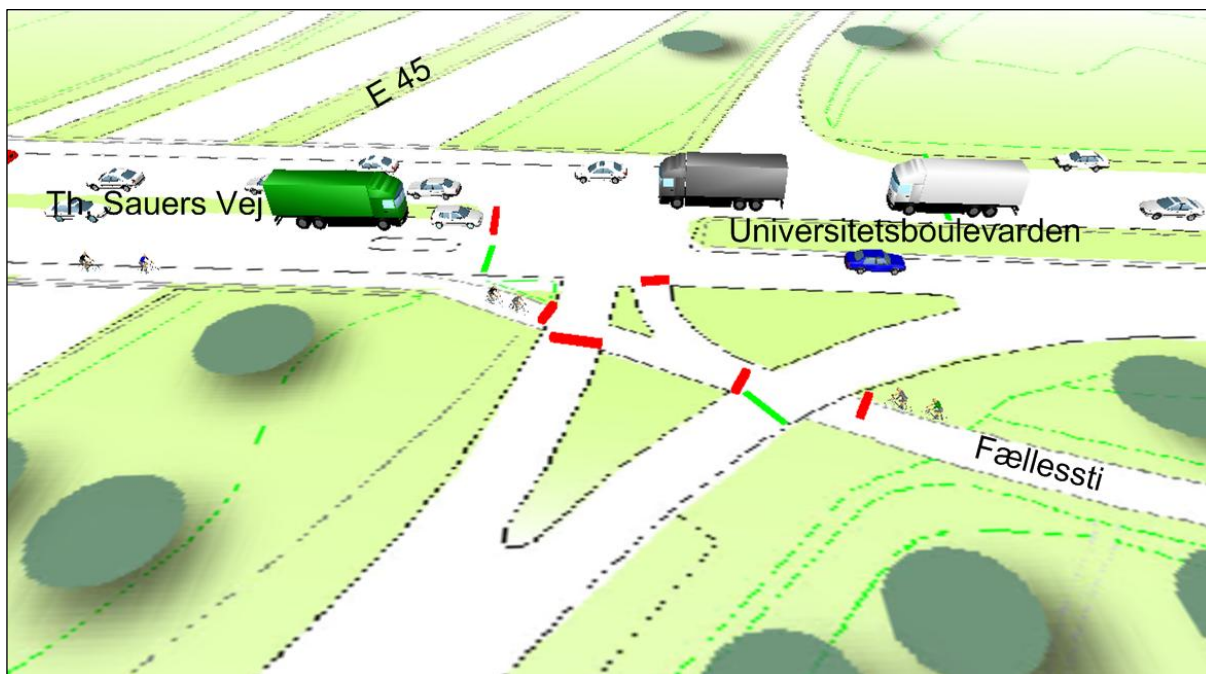
I området der indgår i simuleringen, kører der ud over Metrobus 2 også bybus linie 12 samt flere regionale busser. Da Metrobus 2 er den eneste bus, der er relevant for resultatet af simuleringen indgår de øvrige busser ikke direkte i simulering, da der kun er taget højde for disse i form af deres andel i den tunge trafik, der er indlagt i simuleringens indgangsporte. I spidstimerne afgår Metrobus 2 med 7,5 minuts mellemrum, hvilket er indlagt i simuleringen.

11.1.6 Lette trafikanter

Med undtagelse af det østlige kryds mellem Th. Sauers Vej og motorvejen, indgår der ikke lette trafikanter i simuleringen. Dette skyldes dels, at der kun findes begrænset data omkring antallet af lette trafikanter i området og dels at lette trafikanter ikke indgår i den samfundsøkonomiske beregning, hvorfor påvirkninger af disse ikke har indflydelse på resultatet af undersøgelsen. Manglen af lette trafikanter i simuleringen kan have indflydelse på kapaciteten i krydsene for biltrafikken, som overvurderes, hvilket skyldes, at biltrafikken ikke behøver tage hensyn til lette trafikanter i simuleringen. Manglen af lette trafikanter vurderes dog ikke at have betydelig indflydelse på resultatet af simuleringen, da de lette trafikanter ikke har stor indvirkning på kapaciteten af krydsene, med mindre der er separat signalregulering for disse.

I det østlige kryds mellem Th. Sauers Vej og motorvejen er lette trafikanter medtaget, jf. figur 11.5. I krydssets signalgruppeplan er der en separat fase for de lette trafikanter, hvilken er medtaget i simuleringen. Der er dog ikke gennemført en tælling af antallet af lette trafikanter i krydset, hvorfor dette er vurderet efter observationer. De lette trafikanter effekt på

kapaciteten i krydset er dermed medtaget i signalgruppeplanen, mens tilstedeværelsen af lette trafikanter kun påvirker simuleringen visuelt.



Figur 11.5: Lette trafikanter i det østlige kryds mellem Th. Sauers Vej og motorvejen, basis morgen 2015

Som beskrevet er signalgruppeplanerne revideret i scenarierne med busvejen og udvidelsen af Th. Sauers Vej, da der i disse scenarier ikke er lette trafikanter der krydser Th. Sauers Vej. I scenariet med busvejen er de lette trafikanter fuldstændig fjernet fra området omkring motorvejsbroen, hvorfor kapaciteten i krydset i dette scenarium øges betragteligt.

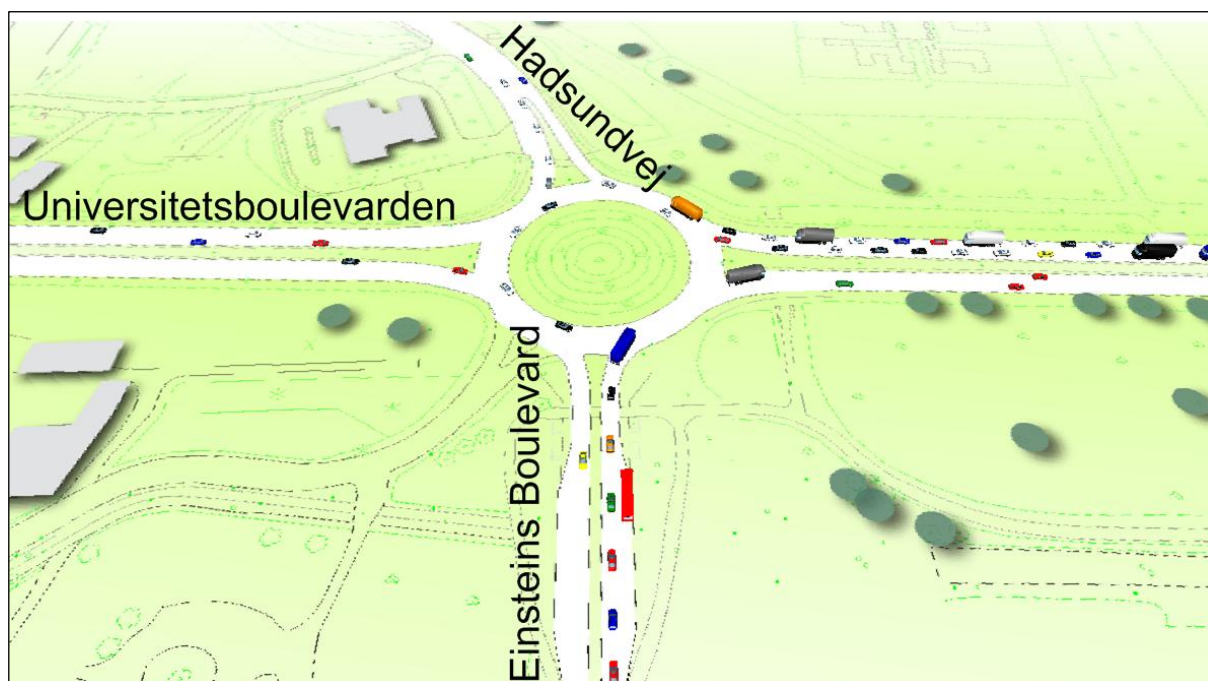
11.2 Resultater fra simulering

I VISSIM kan den samme simulering varieres med forskellige ankomstfordelinger, hvilket styres af parameteren random seed. Random seed er et udtryk for hvordan trafikken bliver genereret i modellen indenfor den simulerede time. Ved simuleringer med samme random seed værdi, vil trafikken blive genereret identisk hver gang simuleringen køres. Der anvendes normalt en random seed værdi mellem 0 og 99. Testes en simulering kun med en random seed værdi, er resultatet deraf usikkert, da en bestemt ankomstfordeling kan være særlig gunstig, eller uhensigtsmæssig for trafikanlægget. For at sikre et pålideligt resultat, er alle simuleringer testet med random seed værdien 33, 66 og 99, hvor det anvendte resultat er fundet som et gennemsnit af de tre kørsler.

11.2.1 Den trafikale situation 2015

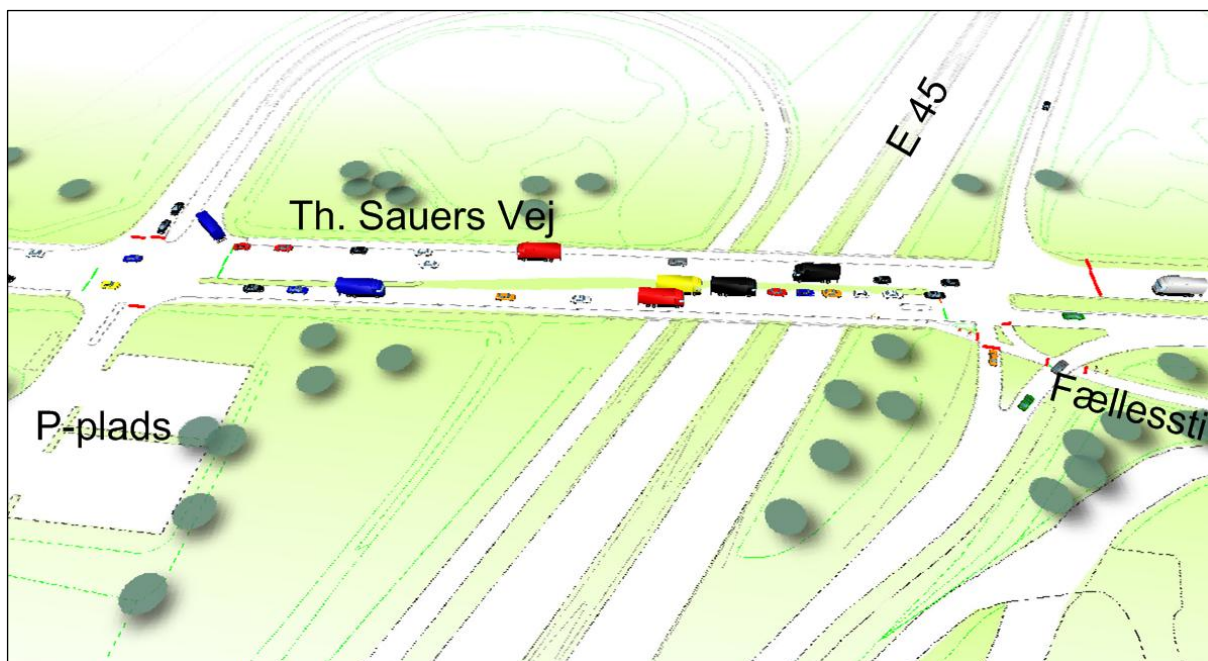
I simuleringerne for 2015 er det tydeligt, at der er sket en generel stigning i trafikken. Konsekvenserne af den yderligere trafik, er mest udpræget i den østlige del af det simulerede område, hvor der flere steder opstår sammenbrud i trafikken.

I alle scenarier er det fundet at tilfartssporet fra Universitetsboulevarden fra øst til rundkørslen vil bryde sammen, med en kraftig tilbagestuvning af trafikken til følge, jf. figur 11.6. Sammenbruddet i tilfartssporet skyldes, ud over en generel trafikvækst, i høj grad udbygningen af Universitetsparken, der skaber en betydelig vækst i trafikken. Af samme årsag kan der også observeres et sammenbrud i trafikken på tilfartssporet fra Einsteins Boulevard, jf. figur 11.6. Sammenbruddet i trafikken på Einsteins Boulevard har stor indflydelse på bustrafikken i basisscenariet samt forslaget omkring udbygning af Th. Sauers Vej til fire spor, hvorimod bustrafikken er upåvirket af dette i forslaget omkring en busvej i eget tracé.



Figur 11.6: Sammenbrud i trafikken i tilfartssporet fra Universitetsboulevarden Øst, basisscenario morgen 2015

I basisscenariet er der tendens til sammenbrud i trafikken på Th. Sauers Vej ved det østlige kryds på motorvejsbroen. Problemerne i trafikafviklingen skyldes stigningen i trafikken mod øst, der medfører at venstresvingsporet på Th. Sauers Vej i perioder stuver tilbage, jf. figur 11.7. Tilbagestuvningen af trafikken i venstresporet er problematisk grundet svingbanens begrænsede længde. I flere tilfælde er kølængden tæt på at overstige svingbanens længde, hvilket vil medføre at de svingende biler blokerer for afviklingen af ligeud kørende. Dette er meget problematisk for trafikafviklingen og kan medføre lang kø på Th. Sauers Vej.

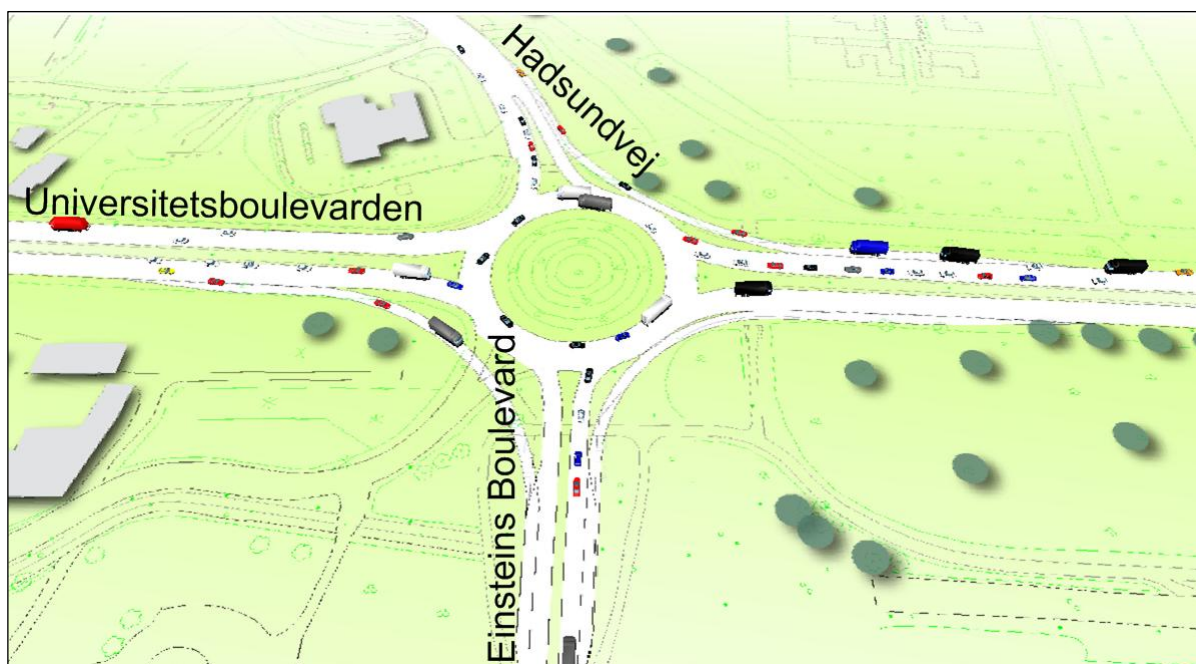


Figur 11.7: Tendens til sammenbrud i trafikken på venstresvingssporet i det østlige kryds på Th. Sauers Vej, basis morgen 2015

I scenarierne med busvej i eget tracé samt fire spor på Th. Sauers Vej afvikles trafikken i venstresporet uden problemer. Dette skyldes, at der i disse forslag ikke er krydsene lette trafikanter på Th. Sauers Vej, hvilket medfører at der kan gives længere grøntid for venstresporet.

11.2.2 Den trafikale situation 2023

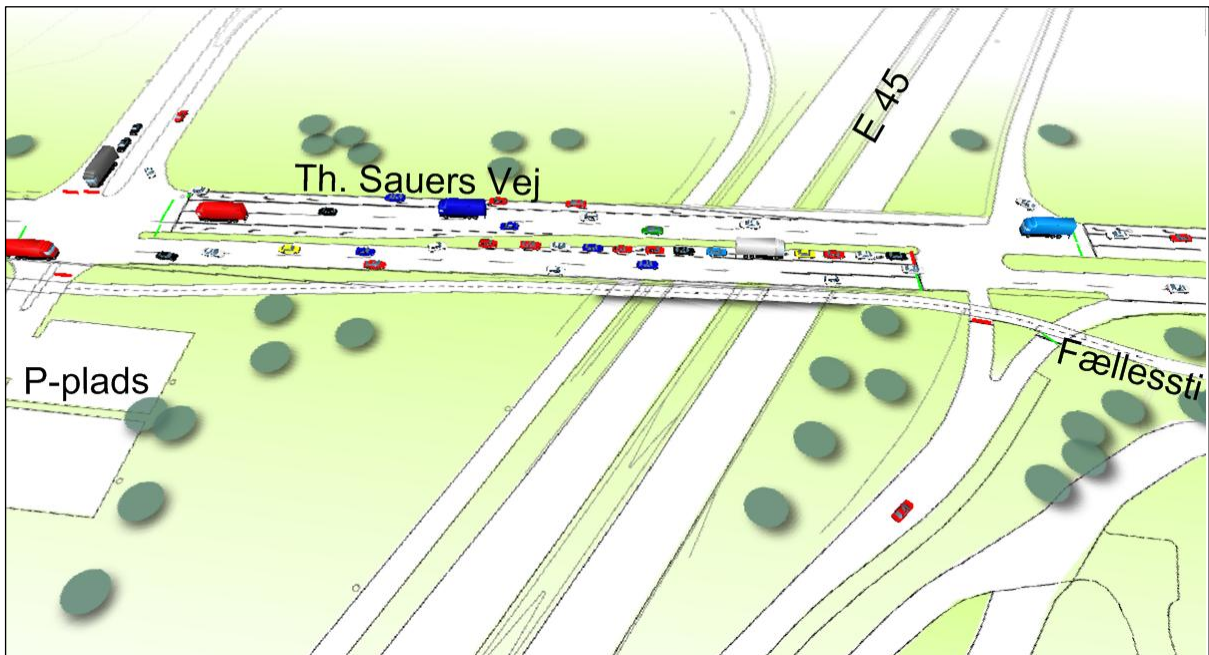
I simuleringerne for 2023 er det for alle scenarier forudsat, at der er sket en udbygning i vejnettet på Universitetsboulevarden for at imødekomme de trafikale problemer, der er observeret i 2015. Vejnettet er således udbygget med shuntspor ved rundkørslen på Universitetsboulevarden, jf. figur 11.8. Udbygningen af rundkørslen med shuntspor har stor betydning for trafikafviklingen på både Universitetsboulevarden og Einsteins Boulevard, hvor der i 2023 ikke opstår sammenbrud i trafikken, jf. figur 11.8, på trods af den kraftigt øgede trafik på Universitetsboulevarden grundet den forventede åbning af Regionssygehuset. Der kan dog observeres tæt trafik på især tilfartssporet fra Universitetsboulevarden fra øst, som er tæt på et sammenbrud.



Figur 11.8: Trafikafvikling i rundkørslen på Universitetsboulevarden, Fire-spor morgen 2023

I forbindelse med motorvejsbroen på Th. Sauers Vej, er de trafikale problemer fundet i basisscenariet forstærket grundet trafikvæksten. Der sker et sammenbrud i venstresvingssporet i det østlige kryds på motorvejen, hvilket medfører en tilbagestuvning af trafikken, der i værste tilfælde strækker sig helt til krydset med Scoresbysundvej. Sammenbruddet medfører store gener for bustrafikken i basisscenariet.

I forslaget med en busvej i eget tracé samt fire spor på Th. Sauers Vej afvikles trafikken på motorvejsbroen uden problemer i 2023, jf. figur 11.9. Begge projektforslag giver dermed store besparelser for både bus og biltrafikken i forhold til basisscenariet.

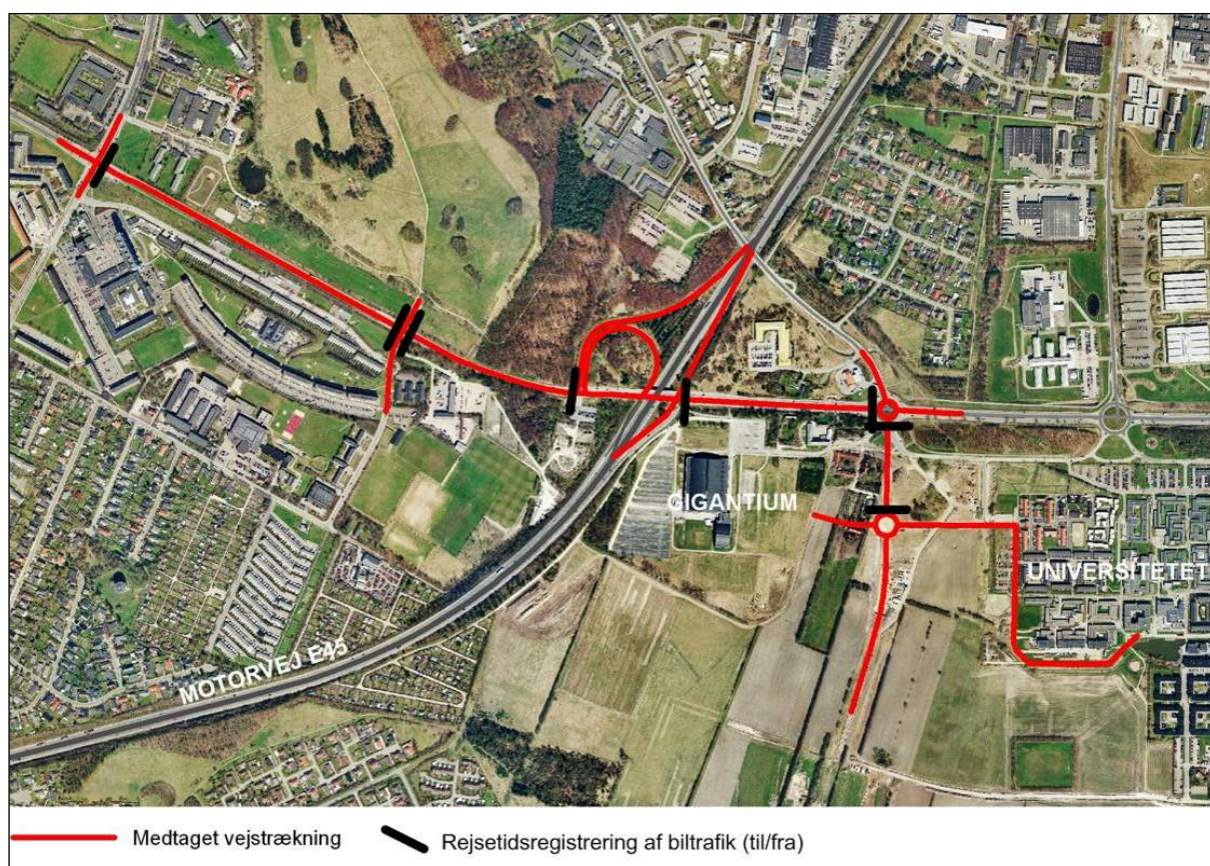


Figur 11.9: Trafikafvikling på motorvejsbroen, Fire-spor 2023

11.2.3 Registrering af rejsetider

I VISSIM er det muligt at udtrække gennemsnitlige rejsetider for en udvalgt strækning, for henholdsvis biler, lastbiler eller busser. Ved busserne findes rejsetiderne mellem stoppestederne i området, tilsvarende rejsetiderne fra GPS logningerne. Ved biltrafikken er dette mere komplekst, da trafikken ikke følger en fast rute. Derfor er det valgt at opdele vejnettet i en række delstrækninger mellem de overordnede kryds, jf. figur 11.10, hvorimellem rejsetiden registreres for alle køretøjer.

Da der i forbindelse med prissætningen af rejsetider skelnes mellem direkte køretid og forsinkelsestid, er det nødvendigt at finde køretiden for hver enkelt delstrækning. Til dette anvendes en simulering, hvor der kun er få køretøjer i modellen, således der opnås fri fremkommelighed for disse. Tiden det tager for disse køretøjer at gennemkøre de enkelte delstrækninger må således betragtes som den direkte køretid, da der ikke opstår forsinkelser som følge af andre køretøjer på vejnettet. Køretiden for biltrafikken samt busser fremgår af bilag 12.



Figur 11.10: Snit hvor rejsetiden registreres i VISSIM for biltrafik

11.2.4 Fejlkilder

Da trafiksimuleringerne er baseret på en begrænset datamængde, vil der følgelig være en række usikkerheder og fejlkilder forbundet med simuleringerne.

En af de største usikkerheder ligger i forbindelse med estimeringen af trafikmængderne der indgår i simuleringerne, da der er tale om fremtidige situationer for samtlige simuleringer. Det er forsøgt at estimere de fremtidige trafikmængder ud fra erfaringer om trafikens udvikling, dels generel, men også som følge af den udbygning af området der er planlagt. Resultatet af dette vil aldrig være helt sikkert, da der er mange forhold der kan have indflydelse på at udviklingen bliver anderledes end forudsagt.

Ud over estimatet på den fremtidige trafikmængde, er det heller ikke sikkert at fordelingen af trafikken bliver som forudsagt. I langt de fleste kryds er det antaget at trafikken fordeler sig på samme måde, som det er registreret ud fra trafiktællinger. Den planlagte udbygning i området vil ikke bidrage til at ændre denne fordeling markant, men der kan være andre aspekter der vil få indflydelse på en ændret retningsfordeling, som for eksempel etablering af nye vejanlæg eller udbygning af eksisterende anlæg i det omkringliggende område.

Derudover er der flere usikkerheder ved selve simuleringen. Simuleringen dækker kun et afgrænset område, hvorfor påvirkninger udenfor dette område ikke er afspejlet i resultatet. Dette kan især give usikkerheder ved Einsteins Boulevard og Universitetsboulevarden, hvor der ligger kryds tæt på det simulerede område. I begge tilfælde kommer der store trafikmængder til og fra krydsene, hvor det ikke er undersøgt hvorvidt krydsene kan håndtere trafikmængderne. Et eventuelt sammenbrud i et af krydsene kan få stor påvirkning på afviklingen på de omkringliggende veje.

For at bestemme forsinkelserne for trafikanterne, er simuleringerne gennemført med tre forskellige værdier af random seed. Ved anvendelse af VISSIM til dokumentering af et trafikanlægs egenskaber, gennemføres simuleringer normalt med 10 forskellige værdier af random seed. Der er kun testet 3 værdier, da det vil blive meget omfangsrigt, at køre de forskellige simuleringer med 10 random seed værdier [Pedersen 2006]. Dette vurderes dog som en mindre usikkerhed, da der kun er små variationer i resultaterne med de forskellige random seeds.

Slutteligt er der i simuleringen fokuseret på bus- og biltrafik, og hvordan fremkommeligheden forbedres for disse. Tilstedeværelsen af cyklister indgår således kun indirekte i simuleringen. Det imidlertid fundet, at den separate signalregulering for lette trafikanter på motorvejsbroen på Th. Sauers Vej har stor betydning for trafikafviklingen på vejen. Der kan således stilles spørgsmålstejn ved om cyklister burde indgå. Dette er fravalgt, da formålet med analysen har været at afdække samfundsøkonomien i forbedringer af fremkommeligheden for busserne, og ikke for cyklisterne. Hvis cyklisterne skulle medtages, kunne der benyttes tællinger, som Aalborg Kommune gennemførte på de overordnede cykelstier i området i perioden omkring projektets afslutning [Myrup 2008]. Disse tællinger er en del af MIDAS projektet som kommunen deltager i, hvor udviklingen af lette trafikanter fra 2006-2008 registreres med Universitetet som indsatsområde [Midas-eu.com]. Det kunne være interessant at medtage resultatet af MIDAS projektet i simuleringen. Resultaterne af MIDAS projektet var dog ikke tilgængelige før efter dette projekts afslutning, og endvidere ville det også kræve et større analysearbejde at bestemme retningsfordelingen af de lette trafikanter i området som baggrund for trafiksimuleringen.

12 Samfundsøkonomiske beregninger

I dette bilag gennemgås beregningerne i den samfundsøkonomiske analyse. Følgende parametre og effekter indgår i beregningerne:

- Anlægsinvesteringer, minus restværdi
 - o Restværdi
- Drift- og vedligehold
- Brugergevinster
 - o Tidsforbrug
 - o Kørselsomkostninger

Selve beregningerne er gennemført i et regneark der er vedlagt på DVD'en, men i det følgende gennemgås de enkelte parametre og effekter for at klarlægge hvorledes de er beregnet.

12.1 Anlægsinvesteringer

Anlægsinvesteringerne indeholder omkostningerne til anlæggelsen af projektforslagene. Til bestemmelse af disse er der anvendt V&S prisbøger Brutto, da dette giver et overslag på de samlede udgifter. Fastsættelsen af mængderne er sket ud fra geometriske betragtninger for vejforløbet i de to projektforslag. For busvejen er der i forbindelse med projekteringen gennemført en masseberegning, for at beregne hvor meget jord der skal afgraves. Prisen for tunnelen er fundet ud fra overslagspriser fra Perstrup, hvor tunnelen antages udført som en firkantet tunnel der er 8 meter bred og 50 meter lang. Prisen bliver herved 2,3 mio. kr. [Perstrup.dk 2008]. Derudover regnes med en udgift på 1 mio. kr. til regulering af trafikken på motorvejen under anlægsfasen af tunnelen. Prisen på stibroen er baseret på erfaringsværdier, og beløber sig til 2 mio. kr. [Schou 2008]. Ved scenariet med udvidelsen af Th. Sauers Vej, antages det, at der sker omfattende gener for den øvrige trafik i anlægsfasen, hvorfor der medtages gener her til en værdi af 3 mio. kr. Mængderne samt priserne er alle indført i et regneark, og herudfra er anlægsomkostningerne for de to forslag beregnet. For forslaget med busvejen under motorvejen tilskrives anlægsomkostningerne over to år, da anlægsfasen antages at vare to år. Anlægsomkostningerne for udvidelsen af Th. Sauers Vej tilskrives kun i åbningsåret da projektet antages at kunne etableres i løbet af et år. For begge scenarier tillægges 20 % for at tage højde for forvridningstab, da det er offentlige byggerier. Resultatet af beregningen af anlægsomkostningerne er angivet i tabel 12.1.

Tabel 12.1: Anlægsomkostninger (prisniveau 2008) (1.000 kr.)

Scenarie	Busvej under motorvejen	Fire spor på Th. Sauers Vej
Indretning af arbejdsplads	200	200
Opbrydning og afgravning	4.239	323
Overbygning	7.232	3.652
Afvanding	1.833	86
Ledningsarbejder	247	59
Afmærkning	354	40
Anlægskonstruktioner	2.300	2.000
Øvrige arbejder	1.100	3.000
Sum	21.426*	11.455

*Summen er tillagt forvridningstab på 20 %

Foruden dette, regnes der også anlægsomkostninger til et yderligere projekt, hvor der kun anlægges en fællessti i eget tracé under motorvejen. Anlægsomkostningerne er her fundet til 9 mio. kr.

Restværdi

Restværdien er den værdi anlægget har i slutningen af den fastsatte levetid eller kalkulationsperioden, i dette tilfælde 50 år frem. Er vedligeholdelsen på et højt niveau gennem hele anlæggets levetid, er restværdien næsten lig med anlægsomkostningerne, hvor værdien selvfølgelig skal tilbagediskonteres 50 år. Da der regnes med et højt vedligeholdelsesniveau, fastsættes restværdien til at udgøre 80 % af anlægsomkostningerne. For de to projektforslag er restværdien som angivet i tabel 12.2.

Tabel 12.2: Restværdi (prisniveau 2008)

Scenarium	Restværdi
Busvej under motorvejen	619.000 kr.
Firespor på Th. Sauers Vej	331.000 kr.

12.2 Drift og vedligehold

For drift og vedligehold medtages kun udgifter til større asfaltarbejder, i form af nyt slidlag på vejene. Den årlige drift, så som snerydning og fejning med videre medtages således ikke. Erfaringsmæssigt skal en vej have et nyt slidlag hvert 12. år, og udgiften til denne kan sættes til ca. 112 kr./m², inkl. forvridningstab. [V&S Prisbøger 2007]

12.3 Brugergevinster

Trafikanteffekter dækker over de effekter, der påvirker trafikanterne som følge af etableringen af projektforslagene. Dette opgøres i køretid på strækningen, samt

kørselsomkostningerne forbundet ved hver kørt kilometer. For begge effekter gælder at der skelnes mellem lastbiler, busser og personbiler.

12.3.1 Tidsforbrug

Prisen for tidsforbruget er afhængig af formålet med rejsen. For de forskellige transportmidler gælder de priser for rejsetider som er angivet i tabel 12.3, hvor der skelnes mellem værdien af køretid, samt forsinkelsestid. Priserne er fremskrevet fra 2003 niveau til 2008 niveau med en fremskrivningsprocent på 2, svarende til nettoprisindekset. Overordnet set vægter rejsende værdien af forsinkelsestid højere end værdien af køretid [Transport- og energiministeriet 2006].

*Tabel 12.3: Tidsværdier opgjort i kr. pr. køretøjstime. Inkl. afgifter (prisniveau 2008)
[Transport- og energiministeriet 2006, pp.10-13]*

Transportmiddel	Kollektive rejsende	Biler	Lastbil	Bus
Køretid	65*	88	348	485
Forsinkelsestid	130*	132	522	485

* for kollektive rejsende er værdierne pr. person og ikke pr. køretøj.

Tidsværdierne i tabel 12.3 anvendes på hver delstrækning i basissituationen og de to projektforslag, hvor køretiderne på hver strækningen findes ud fra simuleringer af trafikken for de forskellige situationer. For de kollektive rejsende bestemmes den samlede tidsomkostning pr. år ud fra rejsetiden for busserne, samt antallet af passagerer i busserne. Bestemmelsen af rejsetiden for busserne er nærmere gennemgået i bilag 11, mens antallet af passagerer er beregnet ud fra en passagertælling nærmere beskrevet i bilag 6.

Passagertællingen er opregnet til et årsgennemsnit, som anvendes i beregningen af de årlige tidsomkostninger for buspassagererne. Da passagertællingen er foretaget i 2008 er der regnet med en udvikling i antallet af passager frem til 2015. Denne udvikling skønnes ud fra udviklingen de seneste år. Metrobus 2 er den eneste busrute, hvor der de seneste år er sket en vækst i passagertallet. Denne vækst har ligget på ca. 6 % de seneste år, jf. afsnit 4.2 i hovedrapporten. Som følge af den generelle udvikling indenfor den kollektive trafik, vurderes det ikke at være realistisk at denne udvikling fortsætter frem til 2015. Der regnes således med en vækst i passagermængden fra 2008 til 2015 på 3 %.

Efter 2015 er passagermængden afhængig af hvilket projektforslag der etableres. I basisscenariet hvor der ikke etableres nogle af projektforslagene, må det som følge af at der ikke sker forbedrende tiltag for den kollektive trafik, antages at den generelle passagerflugt fortsætter. Det antages at denne flugt vil være i samme størrelsesorden som den nuværende nedgang på det samlede kollektive net i Aalborg. I kapitel 4 i hovedrapporten fremgår det, at denne udgør cirka 4 % pr. år. Projektforslaget med en udvidelse af Th. Sauers Vej til fire spor medfører en forbedring af fremkommeligheden for busserne, hvorfor det antages at passagermængden fra 2015 kan fastholdes. I forslaget med en selvstændig busvej under motorvejen, samt busbaner på Th. Sauers Vej, forbedres fremkommeligheden for busserne

betydeligt, hvorfor det vurderes at passagermængden vil opleve en fremgang på 2 % pr. år. Ens for alle scenarier er, at udviklingen i passagermængden antages at være konstant fra 2023 og frem. Dette begrundes med samme argumenter for at den generelle trafikmængde antages konstant fra 2023 og frem, jf. afsnit 9.2 i hovedrapporten. Udviklingen i passagertallene for de forskellige scenarier er angivet i tabel 12.4.

Tabel 12.4: Antal passagerer for de tre scenarier for hhv 2015 og 2023

Strækning	2015	2023
Basis		
Th. Sauers Vej	1.867.000	1.347.000
Universitetsboulevarden	1.714.000	1.237.000
Einsteins Boulevard	1.659.000	1.197.000
Pontoppidanstræde	1.572.000	1.134.000
Busvej		
Th. Sauers Vej	1.867.000	2.188.000
Busvej	1.648.000	1.931.000
Fire-spor		
Th. Sauers Vej	1.867.000	1.867.000
Universitetsboulevarden	1.714.000	1.714.000
Einsteins Boulevard	1.659.000	1.659.000
Pontoppidanstræde	1.572.000	1.572.000

I bilag 11 er bestemmelsen af rejsetiderne ud fra simuleringer nærmere gennemgået, og resultaterne heraf fremgår af tabel 12.5 til tabel 12.7, hvor de samlede årsomkostninger som følge af rejsetid for hver delstrækning ligeledes er angivet.

Tabel 12.5: Beregning af tidsomkostninger for basissituationen

Strækning	2015			2023		
	ÅDT	Tid [timer]	Omkostning [1000 kr.]*	ÅDT	Tid [timer]	Omkostning [1000 kr.]*
Th. Sauers Vej	16.750		20.553	21.050		30.295
Køretid		159.948			186.518	
Forsinkelsestid		15.828			50.547	
Universitetsboul.	28.200		17.522	37.700		20.814
Køretid		110.917			138.429	
Forsinkelsestid		42.563			39.105	
Einsteins Boul.	8.600		4.281	9.200		5.279
Køretid		33.402			28.223	
Forsinkelsestid		10.752			16.996	
Pontoppidan st.	700		1.125	700		811
Køretid		17.159			12.378	
Forsinkelsestid		72			52	
Samlet			43.481			57.199

* For at beregne den samlede tidsomkostning på delstrækningerne, indgår trafikens sammensætning, dvs. lastbil procent og antal busser på strækningen.

Tabel 12.6: Beregning af tidsomkostninger for busvejen

Strækning	2015			2023		
	ÅDT	Tid [timer]	Omkostning [1000 kr.]*	ÅDT	Tid [timer]	Omkostning [1000 kr.]*
Th. Sauers Vej	16.750		20.052	21.050		27.154
Køretid		158.858			197.449	
Forsinkelsestid		13.041			27.974	
Universitetsboul.	27.900		11.068	37.400		17.313
Køretid		79.133			112.031	
Forsinkelsestid		11.973			26.560	
Einsteins Boul.	8.325		1.741	9.015		1.411
Køretid		11.436			12.377	
Forsinkelsestid		2.558			0	
Busvej			4.100			4.840
Køretid		62.969			73.601	
Forsinkelsestid		51			430	
Samlet			36.961			50.719

* For at beregne den samlede tidsomkostning på delstrækningerne, indgår trafikens sammensætning, dvs. lastbil procent og antal busser på strækningen.

Tabel 12.7: Beregning af tidsomkostninger for udvidelsen til fire spor

Strækning	2015			2023		
	ÅDT	Tid [timer]	Omkostning [1000 kr.]*	ÅDT	Tid [timer]	Omkostning [1000 kr.]*
Th. Sauers Vej	16.750		18.563	21.050		23.595
Køretid		159.948			194.090	
Forsinkelsestid		4.430			9.514	
Universitetsboul.	28.200		14.084	37.700		21.337
Køretid		110.917			148.625	
Forsinkelsestid		19.989			37.309	
Einsteins Boul/ Th. Manns Vej.	8.600		5.355	9.300		4.565
Køretid		51.511			52.542	
Forsinkelsestid		8.915			3.559	
Samlet			38.003			49.497

* For at beregne den samlede tidsomkostning på delstrækningerne, indgår trafikens sammensætning, dvs. lastbil procent og antal busser på strækningen.

12.3.2 Kørselsomkostninger

På samme måde som for tidsforbruget findes der en række enhedspriser for omkostningerne pr. kørte kilometer, hvilket er angivet i tabel 12.8. Der findes ikke en opgørelse over hvad det koster for busser pr. kørte km, hvorfor denne sættes lig omkostningen for lastbiler. Priserne er opregnet fra 2003 niveau til 2008 niveau med nettoprisindekset lig 2 % p.a.

Tabel 12.8: Kørselsomkostninger inkl. afgifter (prisniveau 2008)
[Transport- og energiministeriet 2006]

Transportmiddel	Omkostning
Bil	2,04 kr./km
Lastbil	3,32 kr./km

Ud fra årsdøgntrafikken, samt trafikens sammensætning, kan det beregnes for hvert af de tre scenarier, hvor store de årlige kørselsomkostninger bliver. Resultatet af dette er angivet i tabel 12.9 til tabel 12.11.

Tabel 12.9: Beregning af kørselsomkostninger, basissituation

Stækning	Længde [km]	2015		2023	
		ÅDT	Omkostning [1000 kr.]*	ÅDT	Omkostning [1000 kr.]*
Th. Sauers Vej	1,05	16.750	14.385	21.100	18.102
Universitetsboul.	0,50	28.200	11.374	37.700	15.196
Einsteins Boul.	0,75	8.600	3.295	9.300	3.568
Pontoppidan st.	0,25	700	212	700	212
Samlet			29.266		37.078

* For at beregne de samlede kørselsomkostninger på delstrækningerne, indgår trafikens sammensætning, dvs. lastbil procent og antal busser på strækningen.

Tabel 12.10: Beregning af kørselsomkostninger, busvej

Stækning	Længde [km]	2015		2023	
		ÅDT	Omkostning [1000 kr.]*	ÅDT	Omkostning [1000 kr.]*
Th. Sauers Vej	1,05	16.700	14.312	20.800	17.825
Universitetsboul.	0,50	27.800	11.229	37.000	14.946
Einsteins Boul.	0,75	8.200	3.157	8.700	3.306
Pontoppidan st.	0,25	475	129	425	129
Busvej	1,50	275	500	275	500
Samlet			28.826		36.230

* For at beregne de samlede kørselsomkostninger på delstrækningerne, indgår trafikens sammensætning, dvs. lastbil procent og antal busser på strækningen.

Tabel 12.11: Beregning af kørselsomkostninger, fire spor

Stækning	Længde [km]	2015		2023	
		ÅDT	Omkostning [1000 kr.]*	ÅDT	Omkostning [1000 kr.]*
Th. Sauers Vej	1,05	16.750	14.385	21.050	18.102
Universitetsboul.	0,50	28.200	11.374	37.700	15.115
Einsteins Boul.	0,75	8.600	3.295	9.300	3.568
Pontoppidan st.	0,25	425	129	425	129
Thomas Manns Vej	0,35	275	117	275	117
Samlet			29.183		37.024

* For at beregne de samlede kørselsomkostninger på delstrækningerne, indgår trafikens sammensætning, dvs. lastbil procent og antal busser på strækningen.

