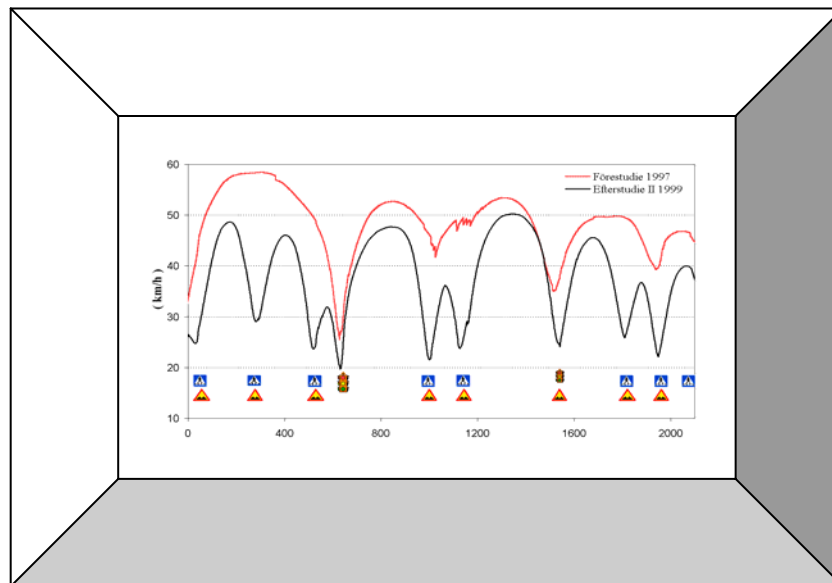


Framkomlighets- och miljöeffekter av vägkuddar - försök på huvudgator i tätort



Hamid Rezaie
2001

Licentiatavhandling

CODEN:LUTVDG/(TVTT-3173)1-157/2001

Bulletin - Lunds tekniska högskola,
Institutionen för teknik och samhälle,
Lunds universitet, 205

ISSN 1404-272X

Hamid Rezaie

Framkomlighets- och miljöeffekter av vägkuddar –
försök på huvudgator i tätort

Ämnesord:

Framkomlighet, kapacitet, det kritiska tidsavståndet, fördröjning, passagetid, stopptid, flaskhals, avgasemission, bensinförbrukning, hastighetsprofil, bulleremission, huvudgator, fysiska åtgärder, vägkudde, trafiksäkerhet.

Referat:

För att utvärdera effekten av vägkuddar på huvudgator i tätortsmiljö avseende framkomlighet och miljö gjordes passagetidsstudier och bilföljelsestudier. Studierna visar att framkomligheten för korsande oskyddade trafikanter ökar men däremot minskar framkomligheten för bilister på huvudgator. Framkomligheten för bilister på sidogator ökar något. Avgasemissionen och bensinförbrukningen ökar kraftigt för bilister på huvudgatan då de passerar flera korsningar där vägkudden placeras. Bullernivån förblir oförändrad.

Citeringsanvisning:

Rezaie, Hamid. Framkomlighets- och miljöeffekter av vägkuddar - försök på huvudgator i tätort. Institutionen för Teknik och samhälle, Trafikteknik, 2001. Bulletin - Lunds tekniska högskola, Institutionen för Teknik och samhälle, Lunds universitet, 205.

Med stöd från:



Institutionen för Teknik och samhälle
Lunds Tekniska Högskola
Avdelning Trafikteknik
Box 118, 221 00 LUND, Sverige

Department of Technology and Society
Lund Institute of Technology
Traffic technique
Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden

Förord

Denna rapport *Frankomlighets- och miljöeffekter av väggkuddar – försök på huvudgator i tätort* är en del av det storskaliga försöket med väggkuddar som Vägverket finansierat. Rapporten lades fram för teknisk licentiatavhandling vid Institutionen för Teknik och samhälle, LTH, november 2001.

Professor Christer Hydén, adj. professor Risto Kulmala och teknisk doktor Ola Hagrings har varit mina handledare. Ett stort tack till min huvudhandledare Christer som inte bara som en förträfflig lärare utan också som en god vän lärt mig att förstå och behandla många väsentliga delar av forskningsprocessen. Tack också till Risto och Ola som har varit mina andra handledare för allt ert stöd och synpunkter.

Ett speciellt tack till teknisk doktor Mohsen Towliat för allt stöd under den tid vi jobbade tillsammans.

Tack till universitetslektor Karin Brundell Freij för all råd angående den statistiska analysen.

Jag vill också tacka adj. professor Henrik Edwards som hjälpte mig med programmeringsuppgifter, teknisk doktor Andras Várhelyi för värdefulla synpunkter och granskning av rapporten, civilingenjör Hossein Ashori för alla vettiga diskussioner och hjälp med databehandlingen, Azar Akhondzadeh (min fru) för hjälp med tidsmätningar, Birgitta Åkerlund för hjälp med litteratursökning, doktorand Annika Nilsson för genomläsning av rapporten och alla andra på institutionen som under arbetets gång hjälpt mig.

Tusen tack till min fru Azar och mina föräldrar som alltid stöttat mig och tagit hand om lille Daniel när jag inte funnits tillgänglig.

Lund, November 2001

Hamid Rezaie

Innehållsförteckning

Förord
Sammanfattning
Summary

1	Bakgrund och syfte.....	1
2	Framkomligheten.....	3
2.1	Framkomlighetsbegrepp och mått.....	3
2.2	Fördröjning för trafikanter från underordnad ström.....	7
2.2.1	Fördröjning för GC-trafikanter.....	11
2.2.2	Fördröjning för fordon i underordnad ström.....	12
2.3	Fördröjning för fordon i överordnad ström.....	17
3	Åtgärdsbeskrivning och placering.....	21
4	Tidigare genomförda studier.....	25
5	Hypoteser.....	29
6	Metod och genomförande.....	33
6.1	Platsurval.....	33
6.2	Passagetidsstudier.....	33
6.3	Förföljelsestudier.....	37
6.4	Mätningarna av vägtrafikbuller.....	40
7	Resultat.....	41
7.1	Framkomligheten för GC-trafikanter.....	42
7.1.1	Framkomligheten för fotgängare.....	42
7.1.2	Framkomligheten för cyklister.....	45
7.2	Framkomligheten för bilister på överordnad led.....	49
7.2.1	Framkomligheten för raktframkörande bilister på överordnad led.....	49
7.2.2	Framkomligheten för högersvängande bilister från överordnad led.....	55
7.2.3	Framkomligheten för vänstersvängande bilister från överordnad led.....	57
7.3	Framkomligheten för bilister på underordnad led.....	60

7.3.1 Framkomligheten för raktframkörande bilister på underordnad led.....	60
7.3.2 Framkomligheten för högersvängande bilister på underordnad led.....	62
7.3.3 Framkomligheten för vänstersvängande bilister på underordnad led.....	65
7.3.4 Sambandanalys.....	67
7.4 Avgasutsläpp och bensinförbrukning.....	68
7.5 Bulleremission.....	69
7.6 Sammanfattning av resultatet.....	70
8 Diskussion och slutsatser.....	75
8.1 Sammanställning av hypoteserna.....	75
8.2 Diskussion av resultat.....	75
8.3 Övriga slutsatser.....	80
8.4 Fortsatt forskning.....	83
REFERENS LISTA.....	85

Appendix A: Korsningstyper

Appendix B: Skiss över studerade platser

Appendix C: Passagetidsstudier

Appendix D: Medelrestid och medelreshastighet längs med Hagagatan i Örebro

Appendix E: Avgasutsläpp och bensinförbrukning

Appendix F: Test av mätdata för framkomligheten

Appendix G: Test av mätdata för avgasutsläpp och bensinförbrukning

Sammanfattning

Bakgrund och syfte

Avdelningen för Trafikteknik vid Lunds Tekniska Högskola har sedan 1997 bedrivit ett storskaligt forskningsprojekt "Försöksverksamhet avseende trafiksäkerhetsåtgärder för gående och cyklister i mötespunkter med bilister på huvudgator i tätortsmiljö". Projektet hade till syfte att testa olika typer av åtgärder för att höja säkerheten och tryggheten liksom framkomligheten och bekvämligheten för oskyddade trafikanter i mötespunkter med bilister. Inom projektet studerades en kombination av flera åtgärder, varav den så kallade vägkudden och avsmalning av körbanan varit de viktigaste hastighetsreducerande elementen. Vägkudde är en variant av gupp som är avsmalnad åt sidorna. Den kan delvis gränslas av bussar, brandbilar och vissa typer av ambulanser, men personbilar får köra upp på vägkudden med åtminstone två hjul (Layfield, 1994). Syftet med föreliggande arbete är att studera de vidtagna åtgärderna med avseende på framkomligheten. En mindre studie görs även för att undersöka dessa åtgärders effekt på personbilars avgasutsläpp, bensinförbrukning och vägtrafikbuller.

Framkomlighetsbegrepp och mått

Framkomligheten kan definieras på många sätt för olika trafikantgrupper och beskrivas på disparata nivåer. Vid hantering av trafikanters framkomlighet i trafiknäten har tidsförbrukningen entydigt betraktats som en mycket relevant parameter, både från individens och från samhällets sida. Hur framkomligheten påverkas av en viss förändring i trafiknätet, till exempel hastighetsförändringar, framgår av storleken på skillnaden i tidsförbrukningen i före- och eftersituationen, det vill säga **fördröjningen**. Hagring (2000) definierar fördröjningen **som "den mindre eller mer tid det tar att passera eller korsa en vägtrafikanläggning jämfört med att denna ej funnits"**. Denna definition bedöms vara användbar i denna studie.

Den totala fördröjningen uppdelas i dels *geometrisk fördröjning* och dels *interaktionsfördröjning*.

- **Geometrisk fördröjning** uppstår då trafikanläggningens utformning eller reglering förändras
 - så att förändringen leder till retardations- och accelerationsförluster/-vinster, till exempel vid placering av gupp på en väg, eller
 - på så sätt att ressträckan förlängs eller förkortas, till exempel vid ombyggnad av korsningar till cirkulationsplatser eller kanalisering av GC-trafiken.

- **Interaktionsfördröjning** uppstår för de trafikanter som anländer till trafikanläggningen och finner att trafikanläggningen är upptagen av andra trafikanter. Trafikanterna fördröjs genom att interagera med en eller flera trafikanter.

Den geometriska utformningen har en huvudroll i frågan om framkomligheten. Den påverkar både den geometriska fördröjningen och interaktionsfördröjningen.

Den geometriska utformningen inverkar på alla de parametrar som påverkar interaktionsfördröjningen för trafikanter från den underordnade strömmen.

Hastigheten hos bilister påverkas av hastighetsdämpande åtgärder, till exempel gupp eller avsmalning av körbanan. Förekomsten av mittrefug kan påverka det kritiska tidsavståndet eftersom passagen kan ske i två etapper. Den fysiska utformningen kan påverka biltrafikflödet då bilisters vägval kan påverkas av till exempel den minskade bekvämlighet denna innebär för dem.

Åtgärdsbeskrivning

Vägguddar som studerades hade 80 mm höjd, 1:10 på- och nerrampsgradient, 1:5 sidorampsgradient, och bredden var 2500 mm medan längden var 3600 mm. Avsmalning av körbanan gjordes med hjälp av mittrefug, genom breddning av gångbanorna eller bådadera. Körbanebredden minskades till 3,2 m på alla ombyggda platser oavsett tidigare bredd och väggudden placerades 5 till 8 meter före övergångstället.

Hypoteser

För att studera åtgärdernas effekter på framkomligheten, avgasemissionsmängden, bensinförbrukningen och vägtrafikbuller ställdes följande huvudhypoteser upp.

H1: Framkomligheten för GC-trafikanter som korsar överordnad led ökar.

H2a: Framkomligheten för bilister på överordnad led minskar.

H2b: Medelreshastigheten för bilister som passerar över väggudden minskar på delsträckor mellan åtgärderna.

H3: Framkomligheten för bilister på underordnad led i korsningar ökar.

H4a: Avgasutsläppen och bensinförbrukningen hos bilar på överordnad led ökar.

H4b: Storleken på ökningen av avgasutsläppen och bensinförbrukningen är mindre ju kortare avståndet mellan åtgärderna är.

H5: Vägtrafikbullernivån ökar inte efter införandet av åtgärden.

Metod och genomförande

I syftet att undersöka vilka effekter dessa åtgärder får på framkomligheten studerades åtgärderna på två olika sätt: dels vid enstaka korsningar/GC-överfarter inom geografiskt skilda områden, och dels vid åtta korsningar/GC-överfarter som förekom efter varandra längs med Hagagatan i Örebro.

För att testa de uppställda hypoteserna beträffande framkomligheten, avgasutsläppen och bensinförbrukning användes två olika metoder, vilka var passagetidsstudier och bilföljelsestudier. Syftet med passagetidsstudierna var att studera fördröjningen på en åtgärdad plats medan bilföljelsestudier syftade till att studera fördröjningen på delsträckor mellan åtgärdade platser samt förändringen i avgasutsläppen och bensinförbrukningen.

Passagetidsstudierna genomfördes genom videoinspelningar vid 10 ombyggda platser för fotgängarna och 8 ombyggda platser för cyklister och bilister. Bilföljelsestudier genomfördes enbart för raktframkörande bilar längs med Hagagatan i Örebro.

Vidare behandlades insamlade data från passagetidsstudierna med egna program och data från bilföljelsestudierna med VETO-modellen som är framtagen av Statens väg- och transportforskningsinstitutet.

För att testa hypotesen beträffande vägtrafikbullersförändring studerades den ekvivalenta trafikbullernivån före och efter tillkomsten av vägkuddar i två korsningar. Vägtrafikbullermätningarna genomfördes av Ingemansson Technology AB enligt Statens Naturvårdsverk, Rapport 3298 "Buller från vägtrafik".

Resultat

Resultatet visar att framkomligheten för fotgängarna ökar efter placering av vägkuddar vid övergångsställen. Medelpassagetiderna för fotgängare minskade med 2,6 sekunder till cirka 14 sekunder vid friliggande GC-överfarter och i trevägskorsningar, medan den minskade med 3,3 sekunder till cirka 13 sekunder i fyrvägskorsningar. Medelstopptiderna minskade med 1,7 sekunder till 2 sekunder vid friliggande GC-överfarter, med 2 sekunder till 0,7 sekunder i trevägskorsningar och med 2,3 sekunder till 1 sekund i fyrvägskorsningar. Andel stoppande fotgängare minskade med mellan 9 och 95 procent på de 10 studerade platserna.

Sammanfattning

Totalt sett minskade medelpassagetiden med 2,8 sekunder och medelstopptiden med 2,0 sekunder per fotgängare efter ombyggnaden vid ett övergångsställe.

Framkomligheten för cyklister ökar också efter placering av vägkuddar vid GC-överfarter. Medelpassagetiderna för cyklister minskade med 1,0 sekunder till 5,8 sekunder vid friliggande GC-överfarter och med 6,2 sekunder till 6,7 sekunder i trevägskorsningar, medan den minskade med 2,4 sekunder till cirka 8,1 sekunder i fyrvägskorsningar. Medelstopptiderna för cyklister minskade med 0,7 sekunder till 0,1 sekunder vid friliggande GC-överfarter, med 4,6 sekunder till 0,6 sekunder i trevägskorsningar och med 1,65 sekunder till 0,65 sekund i fyrvägskorsningar. Andel stoppande cyklister minskade med mellan 35 och 93 procent på de 10 studerade platserna.

Totalt sett minskar cyklisternas medelpassage- och medelstopptider med 3,2 respektive 2,3 sekunder. Vidare kan det konstateras att åtgärden ger den högsta tidsvinsten för cyklister i trevägskorsningar.

En annan trafikantgrupp som tillhör vinnargruppen ur framkomlighetssynpunkt är bilister på sidogatorna. Minskningen av den genomsnittliga tidsförbrukningen för bilister på sidogatorna är 0,84 sekunder. Vidare visar studien att medeltidsvinsten (med 2 sekunder) för raktframkörande bilister på sidogatorna är högst bland alla manövrarna. Den är 6 respektive 10 gånger större än tidsvinsten för höger- respektive vänstersvängande bilister.

Vidare visar studien att tidsvinsten för GC-trafikanter och bilister på sidogator minskar med ökande trafikmängd.

Tidsförbrukningen ökar för bilister på överordnad led. Tidsförlusten varierade kraftigt mellan de olika manövrarna och var störst för raktframkörande bilister i fyrvägskorsningar (5,1 sekunder). Tidsförlusten för bilister på överordnad led var 3,9 sekunder i trevägskorsningar och 2,9 sekunder vid friliggande GC-överfarter.

Den genomsnittliga tidsförlusten för bilister på överordnad led är 3,1 sekunder vid passage av åtgärden i fyrvägskorsningar.

Studien visar att medelreshastigheten minskar på sträckor mellan åtgärdade platser vilket innebär längre restider för raktframkörande bilar. Medelrestiden för bilar som kör längs hela försökssträckan (cirka 2 km) på Hagagatan i båda riktningar ökar med 89 sekunder från sitt ursprungliga värde på 316 sekunder. Ökningen av restiden minskar ju längre avståndet blir mellan åtgärdade platser.

Sammanfattning

Denna studie visar att utsläppen av alla ämnen som behandlas i VETO-modellen (HC, CO, NO_x, CO₂, och Partiklar) och bensinförbrukningen för raktframkörande bilister längs med Hagagatan ökar efter ombyggnaden. Storleken på ökningen varierar mellan ämnena, fast den procentuella ökningen är lika stor för CO och Partiklar respektive CO₂ och bensinförbrukningen.

Tabell 1 visar en sammanställning av förändringen i emissionsfaktorer.

Tabell 1 Förändring av emissionsfaktorer för olika ämnen för raktframkörande bilar längs med Hagagatan i båda riktningar efter reducering på grund av biltrafikmängdens minskning i eftersituationen.

	HC (mg/km)	CO (mg/km)	Nox (mg/km)	CO2 (g/km)	Partiklar (mg/km)
Emissionsfaktorer före ombyggnaden	31,2	233,5	123,6	176,8	2,3
Förändring i emissionsfaktorer efter ombyggnaden	5,8	87,7	50,5	54,0	0,9

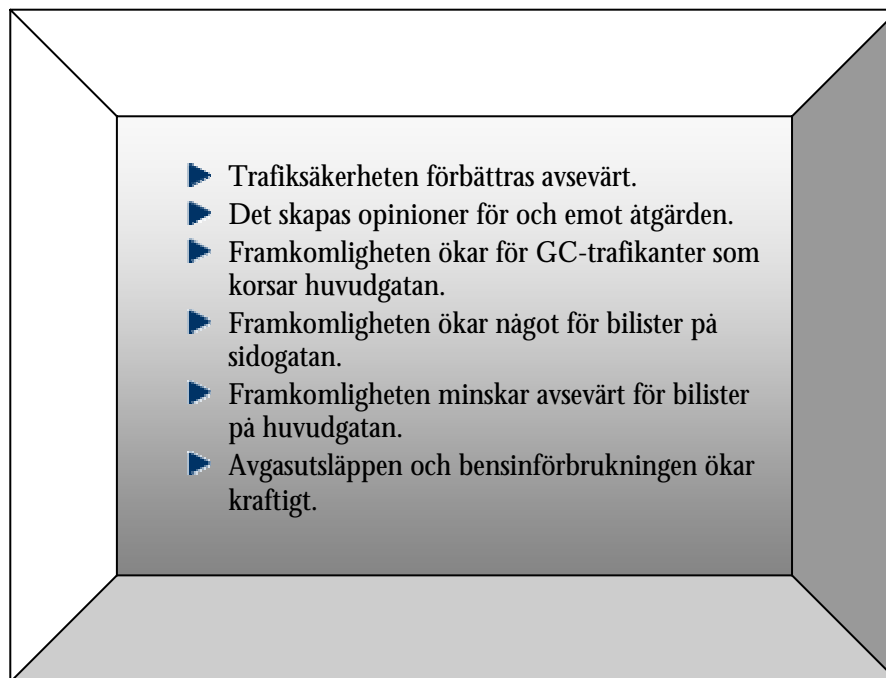
Bensinförbrukningen ökar med 0,023 liter/km från sitt ursprungliga värde på 0,078 liter/km.

Utsläppen av HC, NO_x och CO₂ minskar med ökande avstånd mellan åtgärdade platser, medan utsläppen av CO och Partiklar avviker från detta mönster.

Mätningar av den dygnsekvivalenta ljudnivån i två av korsningar före och efter att dessa byggdes om visar att den dygnsekvivalenta ljudnivån totalt sett har minskat med 3,5 dB(A). Dock ligger minskningen inom felmarginalen för mätnoggrannheten, men visar ändå en tydlig tendens till att ljudnivån inte har ökat.

Slutsatser och diskussionen

Resultatet av Towliats (2001) och denna studie, beträffande placering av vägkuddar före övergångsställen på huvudgator, kan kort sammanställas på följande sätt.



Man kan fråga sig under vilka förutsättningar vi nu skall placera vägkuddar i gatutrafiknätet. Att svara på denna fråga är inte så enkelt, men med hjälp av erfarenheterna i denna studie lämnas några rekommendationer till trafikplanerare som vill använda sig av vägkuddar för att främja trafiksäkerheten utan att försämra framkomligheten eller öka avgasutsläppen mer än nödvändigt.

Rekommendationerna kan formuleras på följande sätt:

- På huvudgator med lågt bilflöde och högt korsande GC-flöde är vägkudden lämplig att användas. Det skall särskilt noteras att storleken på tidsvinsten för GC-trafikanterna minskar med ökande biltrafik på huvudgatan.
- Vägkudden bör bara användas vid stort bilflöde om man specifikt är ute efter trafiksäkerhetsvinster. Men man måste då vara beredd att ta hand om de ökande framkomlighetsproblem för bilar på huvudgatan. Erfarenheterna i denna studie visar inte några tecken på köbildningar på huvudgator med cirka 600 bilar/maxtimme, men konsekvenserna vid större flöde än detta bör studeras. Man skall samtidigt tänka på att

CAPCAL- modellerna inte är användbara vid kapacitets- och framkomlighetsberäkningar för korsningar med vägkudde.

- I korsningar med lika stora flöden i alla tillfarter rekommenderas inte vägkudden som en lämplig åtgärd. Där är förmodligen små cirkulationsplatser lämpligare.
- Skall vägkudden placeras på flera platser längs med en huvudgata bör avståndet mellan dessa platser vara över 300 meter med hänsyn till avgasutsläppen. Men man kan också tänka sig att placera vägkuddarna med kort avstånd (runt 50 meter) så att körmönstret blir jämnare och avgasutsläppen mindre. I så fall riskerar man dock att kraftigt minska framkomligheten också för bussar. Då ökar också risken att en del trafik flyttar till andra rutter vilket kan ge negativa effekter.

Fortsatt forskning

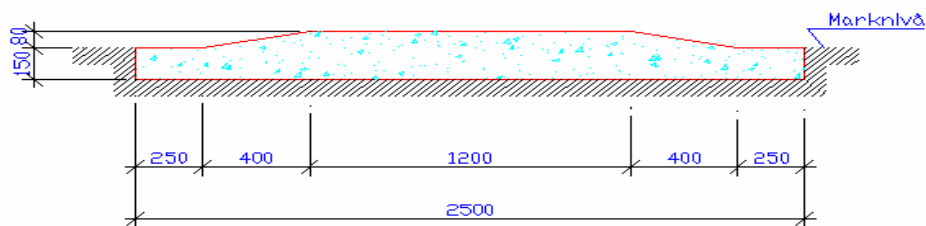
Ett antal frågeställningar kunde inte besvaras inom ramen för detta projekt trots dess stora storlek. Detta gäller bland annat att effekten av hastighetsdämpande åtgärder på framkomlighet och miljön inom ett större influensområde inte har klarlagts. En kritisk fråga är om bilisterna på något sätt försöker kompensera sig för den lägre hastigheten genom att till exempel köra fortare när de passerat ut från gatan med åtgärder än vad de gjorde före det att åtgärderna implementerades.

Diskussionen ovan pekar tydligt på behovet av att utveckla metoder för att studera åtgärdernas effekt på hela trafiksystemet och inte enbart för att studera deras lokala effekter.

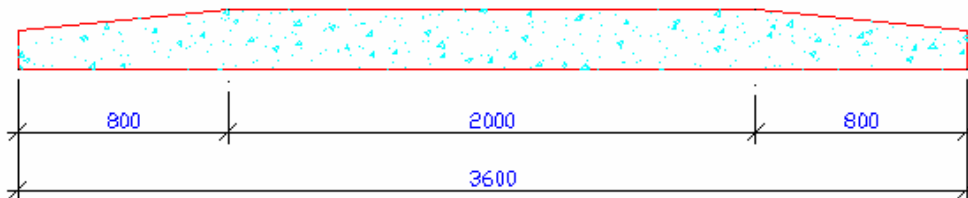
Hur hastighetsdämpande åtgärder påverkar vägvalet och hur vägvalet i sin tur påverkar framkomligheten och miljön och inte minst trafiksäkerheten på alternativa vägar är också ett område som behöver utforskas vidare. Studier av vägkuddarnas tillämplighet vid olika typer av trafikomgivningar och trafikammansättningar borde också göras.

Summary

The Department of Technology and Society, Division Traffic Engineering in Lund has since 1997 carried out research on a traffic safety measure which consists of a combination of speed cushion and narrowing of the carriageway at pedestrian crossings. The speed cushion is designed as a narrowed hump. Its special design makes it suitable for buses to pass over it without much discomfort. Figures 1 and 2 show different sizes of speed cushions, which were studied in this research project. The aim of the study was to identify the effects of that measure on road users' mobility and environment.



Measurements (mm) along cross-section.



Measurements (mm) along length-wise section.

To study the mobility and environmental effects of the above measures the following hypotheses were set up.

H1: The delay for unprotected road users who cross the main road decreases.

H2a: The delay for drivers on the main road increases.

H2b: The mean of the speed between the sites with measures that is located in one and the same stretch decreases.

H3: The delay for drivers on the side roads decreases.

H4a: The discharge of pollutants and petrol consumption increase for the car on main road and

H4b: The size of the increase becomes lower the shorter the distance between the measures.

H5: The equivalent noise level at the measuring site doesn't increase.

Two different types of methods are used to measure the mobility and environmental effects of the measures according to the hypotheses. The methods used in this study are: Passage-time studies and Car-following studies.

Passage-time studies

Using the video films at 10 sites the travelling time for all road users were measured during peak hour. The traveling time was measured from a certain point before intersection to a certain point after intersection.

Car-following studies

With the help of this method it was possible to detect a driving pattern on the experimental stretch before and after implementation of the measures. The driving pattern was registered by a random choice of cars (the first free car) that were followed by a instrumented car equipped with a data log. The speeds of the cars were registered by the data log once every second. The starting point and the interaction points passed by each car were also registered and, thereafter, speed profiles, journey times, delays, emission calculations etc were taken from collected unprocessed data by using different data programs.

Measurements were carried out by two field observers on weekdays between 7.30 and 18.00 during the before study and after studies. In total there were 293 car-chases, of which 108 belonged to the before study, and 185 to the after study.

Ingemansson Technology AB according to the principles stated in Statens Naturvårdsverk, Report 3298 "Buller från vägtrafik", carried out the road traffic noise measurements.

The result from Passage-time studies shows that the delay for pedestrians, cyclists and drivers from side roads decreased. The delay for drivers on main roads increased.

The mean of the travelling time for pedestrians decreased by 2.6 seconds to about 14 seconds with free-standing pedestrian crossings and three-way intersections while this decreased by 3.3 seconds to about 13 seconds with four-way intersections.

The mean of the stop time for pedestrians decreased by 1.7 seconds to about 2 seconds with free-standing pedestrian crossings, by 2 seconds to about 0.7

seconds with three-way intersections and by 2.3 seconds to 1 second with four-way intersections. The share of constipating pedestrians was reduced by between 9 and 95 percent with all of the rebuilt places.

The mean of the travelling time for cyclists decreased by 1 second to about 5.8 seconds with free-standing pedestrian/cyclist crossings and by 6.2 seconds to 6.7 seconds with three-way intersections while this decreased by 2.4 seconds to about 8 seconds with four-way intersections.

The mean of the stoptime for cyclists decreased by 0.7 seconds to about 0.1 seconds with free-standing pedestrian/cyclist crossings, by 4.6 seconds to about 0.6 seconds with three-way intersections and by 1.7 seconds to 0.7 seconds with four-way intersection. The share of constipating cyclists was reduced by between 35 and 93 percent with all of the rebuilt places.

The mean of the travelling time for drivers on side roads decreased by 0.84 seconds to about 10.5 seconds with four-way intersections while this increased by 2.5 seconds with three-way intersections. The mean of the stop time for drivers on side roads decreased by 0.7 seconds to about 2.0 seconds with four-way intersections. The share of constipating drivers on side roads was reduced by 17 percent.

The mean of the travelling time for drivers on main roads increased by 3.5 seconds to about 10.9 seconds with four-way intersections by 3.9 seconds to about 9.3 seconds with three-way intersections and by 2.9 seconds to about 10.2 seconds with free-standing crossings. The mean of the stop time for drivers on main roads increased by 0.2 seconds to about 0.53 seconds with four-way intersections by 0.5 seconds to about 0.56 seconds with three-way intersections and by 0.3 seconds to about 0.5 seconds with free-standing crossings. The share of constipating driver on side road reduced by 70 percent.

The result from Car-following studies shows that the delay for drivers on the whole stretch increased by about 28%, which corresponds to about 89 seconds for each driver in both directions. The extent of the delay increased with decreased distance between the pairs of rebuilt sites. A comparison between almost equally long stretches showed that the extent of the delay varied between equally long stretches. This could have been due to the fact that the traffic environment varied between stretches. There was also a difference in the delays between the two directions.

The discharge of pollutants and petrol consumption increased in both directions on Hagagatan. The discharge of CO₂ and particles in the direction towards Solhaga was higher than in the opposite direction. A possible reason for this was

that speeds towards Solhaga were more uneven after the rebuilding of the sites compared to the other direction. The discharge of CO₂ was proportional to the consumption of petrol.

Noise measurements (equivalent traffic noise level) were carried out at two experimental sites before and after rebuilding. (the crossings Skolvägen/Bergavägen in the Stockholm region and Hagagatan/Älvtomtagatan in Örebro).

The equivalent noise level was registered during at least 500 car passages, after which the measured value was converted into a daily mean value, the day equivalent noise level, with the help of traffic statistics obtained from the respective municipalities. The measurement results were not then affected by the fact that traffic intensity was different on different measurement occasions, since the calculation method took into consideration the measurement time and traffic volume during each measurement.

The day equivalent noise level at the measuring sites decreased somewhat after the introduction of the measures. The decrease was within the margin of error for measurement accuracy, but the noise level showed a clear tendency to decrease.

The results of Towliat (2001) and this study verify both positive and negative effects of physical measures in that:

- ▶ Traffic safety has improved.
- ▶ Road users are both satisfied and dissatisfied with the implemented measures.
- ▶ Time consumption has decreased for pedestrians and cyclists who would cross the main road.
- ▶ Time consumption has decreased for drivers on side roads.
- ▶ Time consumption has increased for drivers on main roads.
- ▶ Exhaust emission has increased.
- ▶ The noise level has not increased.

1 Bakgrund och syfte

Avdelningen för Trafikteknik vid Lunds Tekniska Högskola har sedan 1997 bedrivit ett storskaligt forskningsprojekt "Försöksverksamhet avseende trafiksäkerhetsåtgärder för gående och cyklister i mötespunkter med bilister på huvudgator i tätortsmiljö". Projektet hade till syfte att testa olika typer av åtgärder för att höja säkerheten och tryggheten liksom framkomligheten och bekvämligheten för oskyddade trafikanter i mötespunkter med bilister. Inom projektet studerades en kombination av flera åtgärder, varav den så kallade vägkudden och avsmalning av körbanan varit de viktigaste hastighetsreducerande elementen. För mer information om projektet refereras till Towliat (2001).

Åtgärder som syftar till att förbättra trafiksäkerheten genom förändringar av trafikmiljön (fysiska åtgärder) har oftast både "vinnare" och "förlorare". För att öka säkerheten för en trafikantgrupp kan en annan grupp få minskad framkomlighet och/eller bekvämlighet. En negativ inställning till åtgärden kan därmed utvecklas och spridas, vilket i vissa fall kan leda till att de berörda kommunala myndigheterna tvingas slopa åtgärden, även om den har en positiv trafiksäkerhetseffekt. Vet man däremot vad som ligger bakom förändringen, varför den genomförts och hur man ska bete sig, finns det större möjlighet att även "förlorarna" kommer att acceptera den. För att kunna fatta rätt beslut om införandet och valet av hastighetsreducerande åtgärder måste man kunna identifiera åtgärdernas effekter inte bara på trafikanternas säkerhet, utan också på bland annat trafikanternas framkomlighet samt på miljön.

Syftet med föreliggande arbete är att studera framkomlighets- och miljöeffekter av vägkudden i kombination med avsmalning av körbanan. En mindre studie görs även för att undersöka dessa åtgärders effekt på bensinförbrukningen och vägtrafikbuller.

2 Framkomligheten

2.1 Framkomlighetsbegrepp och mått

Framkomligheten kan definieras på många sätt för olika trafikantgrupper och beskrivas på disparata nivåer. För att beskriva framkomligheten har Vägverket vid planering för det nationella vägtransportssystemet använt sig av begreppet trängsel. Begreppet beskrivs som trafikanters upplevelser i olika körförhållanden på trafiknäten med olika flöden och sektionstyp. Upplevelse av trängsel beskrivs medelst en trängseltrappa bestående av tre nivåer: stor, medel och liten. Svenska Kommunförbundet (1998) definierar framkomligheten som den del av kvaliteten tillgänglighet, som beskriver tidsförbrukning för att nå önskade destinationer. I en finsk studie (Luoma, 1998) beskrivs framkomligheten som en del av transportnätets förmåga att hantera trafiken; det vill säga transportnätets effektivitet. Författaren diskuterar en rad väg- och trafikmiljörelaterade faktorer som till exempel antal flaskhalsar (korsningar) på ett snitt av vägen, trafiktekniska kvaliteter på en väg, trafikflödet och incidenter i trafiken med mera, som avgör hur bilister upplever framkomligheten. Vidare konstateras det i studien att förutsägbarheten av tidsförbrukningen är en viktig faktor i framkomlighetsfrågan. Hansson (1975) använder termen framkomlighet som en sammanfattande benämning på de mått vilka trafikanterna upplever som väsentliga vid färd, till exempel fördröjning och sannolikhet för stopp. Ett närbesläktat begrepp till termen framkomlighet som används i utländska handböcker, bland annat Highway Capacity Manual (Transportation Research Board, 2000), är "Level Of Service (LOS)". Begreppet "LOS" beskriver ett sätt på vilket ett antal trafikmiljörelaterade faktorer verkar på trafikförhållandena i ett snitt på en väg. Då nivån på "LOS" varierar med varierande kvaliteter på olika vägar eller på en och samma vägsektion anges den med sex nivåer (A till F) i Highway Capacity Manual (Transportation Research Board, 2000). De faktorer som påverkar "LOS" är hastighet, restid, fördröjning, storleken på trafikflödet och täthet, omkörningsmöjligheter, trafiksäkerhet och frihet att manövrera. Men i praktiken är det bara hastigheten och flödet som bestämmer nivån på "LOS" på en vägsträcka. Korner (1979) definierar framkomligheten som ett sammanfattande begrepp för olika kvaliteter i trafikavvecklingen vid ett givet flöde inom det egna och/eller andra trafikslag. Dessa kvaliteter upplevs av GC-trafikanterna och inkluderar en rad faktorer, bland annat ankommande bilars hastighet och oskyddade trafikanters väntetid vid passager.

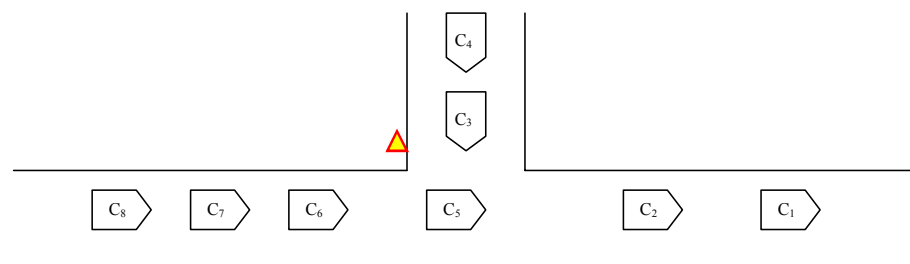
I ett flertal svenska och utländska studier (Vägverket, 1977 och 1985; TRÅD 90; VU94, 1984; Johannessen, S, 1984; Austroads, 1996) har författarna inte definierat begreppet framkomlighet utan nöjt sig med att beskriva framkomligheten med olika mätbara parametrar. I TRÅD-manualen avgör den medelreshastighet bilister kan färdas med i trafiknätet kvalitetsnivån på framkomligheten för bilister. Den barriäreffekt som GC-trafikanter upplever vid passage av en väg anses vara ett mått på framkomligheten. Biltrafikens hastighet

och flöde bestämmer barriäreffektens storlek. I Austroads (1996) har restiden förklarats som det mest relevanta måttet på framkomligheten. Framkomligheten för bilister minskar radikalt med ökat antal flaskhalsar i trafiknätet. Därför kan antalet flaskhalsar (till exempel korsningar) väljas som ett mått på framkomligheten.

Vid hantering av trafikanters framkomlighet i trafiknätet har tidsförbrukningen entydigt betraktats som en mycket relevant parameter, både från individens och från samhällets sida. Detta kan bero på att tidsförbrukning är en objektivt mätbar parameter och att den kan värderas. Hur framkomligheten påverkas av en viss förändring i trafiknätet, till exempel hastighetsförändringar, framgår av storleken på skillnaden i tidsförbrukningen i före- och eftersituationen, det vill säga **fördröjningen**. Enligt Anveden (1987) bör definitionen av fördröjningen uppfylla vissa kriterier. Bland de viktigaste är att fördröjningen skall kunna estimeras både empiriskt genom observationer och teoretiskt genom beräkningsmodeller.

Hagring (2000) definierar fördröjningen **som "den mindre eller mertid det tar att passera eller korsa en vägtrafikanläggning jämfört med att denna ej funnits"**. Denna definition bedöms vara användbar i denna studie.

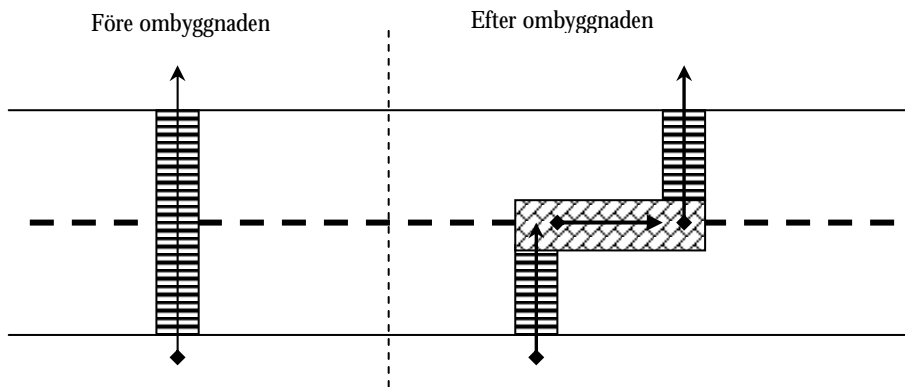
Man kan beskriva en vägtrafikanläggning (en korsning eller ett snitt av vägen) som ett betjäningssystem som består av en eller flera betjänare (körfält). Figur 2.1 illustrerar en trevägskorsning, där två trafikanter på den sekundära vägen, C_3 och C_4 , vill ansluta sig till trafikströmmen på den primära vägen. Indexen anger ankomstordning till systemet. Enligt gällande trafikregler måste C_3 vänta på C_5 , C_6 , C_7 , C_8 , då dessa har företräde. C_4 måste vänta på sin tur efter C_3 för att ansluta sig till trafikströmmen på den primära vägen.



Figur 2.1 Illustration av en T-korsning.

Den totala fördröjningen uppdelas i dels *geometrisk fördröjning* och dels *interaktionsfördröjning*.

- **Geometrisk fördröjning** uppstår då trafikanläggningens utformning eller reglering förändras
 - så att förändringen leder till retardations- och accelerationsförluster/-vinster, till exempel vid placering av gupp på en väg, eller
 - på så sätt att ressträckan förlängs eller förkortas, till exempel ombyggnad av korsningar till cirkulationsplatser eller kanalisering av GC-trafiken. En enkel skiss i figur 2.2 visar kanalisering av GC-trafiken genom mittrefugen där GC-trafikanter får korsa gatan över en längre sträcka än den i föresituationen.

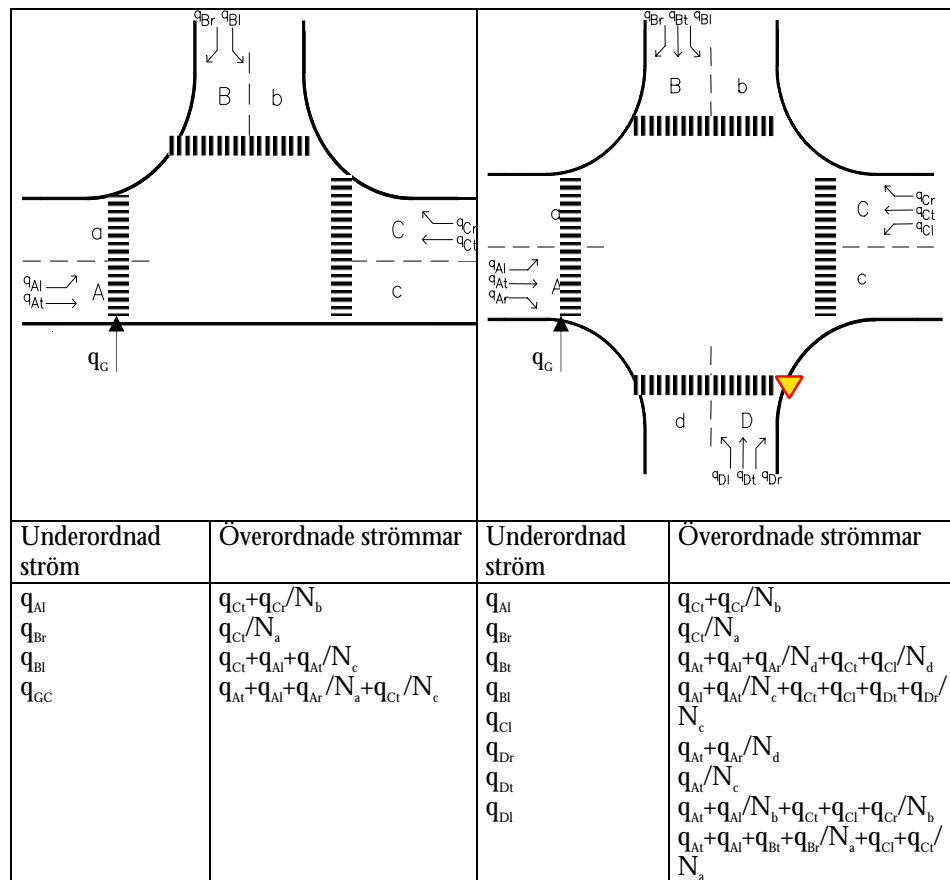


Figur 2.2 Principskiss över kanalisering av GC-trafiken genom sidoförskjutning av GC-överfarten. Förändring i den fysiska utformningen efter ombyggnaden påverkar den geometriska fördröjningen.

- **Interaktionsfördröjning** uppstår för de trafikanter som anländer till trafikanläggningen och finner att trafikanläggningen är upptagen av andra trafikanter. Trafikanterna fördröjs genom att interagera med en eller flera trafikanter. I figur 2.1 C_3 drabbas av interaktionsfördröjning då han interagerar med C_5 , C_6 , C_7 och C_8 .

För att kunna analysera en korsning eller ett övergångsställe ur framkomlighetssynpunkt måste fördröjningen för olika trafikströmmar av olika slag behandlas var för sig. Därför är en uppdelning av olika trafikströmmar en nödvändighet (se figur 2.3).

Om vi betraktar en korsning utan trafiksignaler kan biltrafikströmmarna indelas i under- respektive överordnade strömmar. Med en trafikant från en överordnad ström menas en trafikant som har absolut prioritet relativt andra trafikanter enligt gällande trafikregler. Bortsett från raktframkörande och högersvängande bilar på överordnad led i en korsning, som alltid är överordnade, och vänstersvängande bilar från underordnad led, som alltid är underordnade, kan en biltrafikström vara både under- och överordnad. I figur 2.3 är q_{Cl} överordnad q_{Bl} , q_{Br} och q_{Bt} , q_{Al} underordnade q_{Cr} och q_{Cl} men överordnad q_{Bl} medan q_{Bl} är underordnad q_{Al} , q_{At} och q_{Cl} .



Figur 2.3 Definition av överordnat och underordnat flöde. A, B, C och D är tillfarter. a, b, c och d är frånfarter. N_a , N_b , N_c och N_d är antalet körfält i frånfarten (ur Hagring 2001).

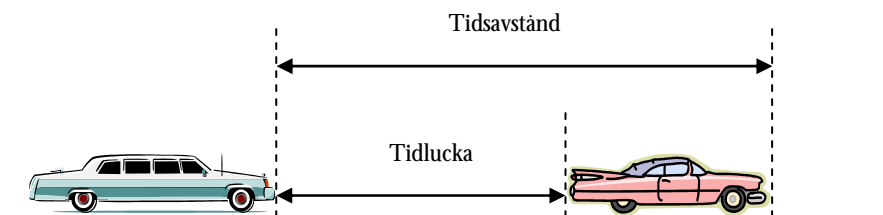
På ett övergångsställe som ligger vid en korsning eller mellan två korsningar på en vägsträcka kan man definiera två olika trafikströmmar, nämligen GC-strömmen och fordonsströmmen. Vilken av trafikanterna som är över- respektive underordnad bestäms av gällande företrädesregler. Eftersom denna studie är gjord före maj 2000 då lagen om företrädesregler vid övergångsställe inte bestämde explicit att fordon skulle ge företräde till fotgängare betraktas fordonstrafikanterna som överordnade trafikanter och GC-trafikanterna som underordnade.

2.2 Fördröjning för trafikanter från underordnad ström

Vid ett markerat övergångsställe eller i en korsning, där en underordnad ström korsar eller ansluter till en överordnad ström, drabbas den underordnade strömmen av fördröjning. Det finns en rad olika faktorer som påverkar fördröjningen, varav ett antal är knutna till egenskaper hos trafikanterna. En underordnad trafikant får bedöma tidsavståndet mellan de överordnade trafikanterna hon interagerar med, innan hon fattar något beslut om att korsa de överordnade strömmarna. Det förekommer två olika definitioner av tidsavstånd mellan två överordnade fordon. Definitionerna illustreras i figur 2.4 och formuleras på följande sätt:

- Tiden från det ögonblick som främre fordonets bakre del passerar en punkt till det ögonblick som bakre fordonets främre del passerar samma punkt (Tidlucka).
- Tiden från det ögonblick som främre fordonets främre del passerar en punkt till det ögonblick som bakre fordonets främre del passerar samma punkt (Tidsavstånd).

För att förenkla beräkningar brukar man approximera personbilar med en punkt så att det inte föreligger någon skillnad mellan de två begreppen.



Figur 2.4 Illustration av tidsavstånd och tidlucka.

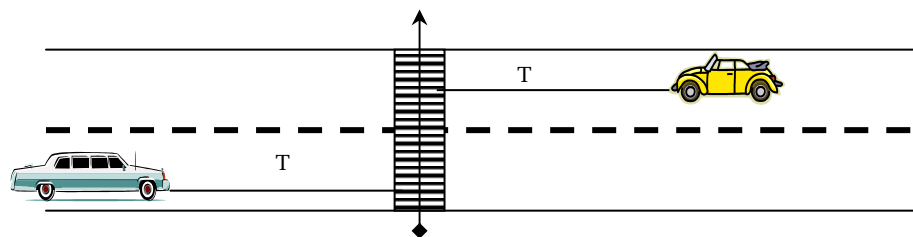
Fördröjningen uppstår då en underordnad trafikant väntar tills hon finner ett så stort tidsavstånd mellan två trafikanter från den överordnade strömmen, som hon accepterar innan hon fortsätter sin resa. Tidsavståndet kommer inte att accepteras av trafikanten om det innebär ett tydligt riskmoment. De första teoretiska ansatserna för bestämning av det minsta godtagbara tidsavståndet, som är baserade på trafikanternas egenskaper på individnivå, gjordes av Adams (1936) och Tanner (1951). De viktigaste delarna av Adams och Tanners teoretiska modeller som gäller fotgängare, men senare utvecklades även för bilister, diskuteras här.

Adams teoretiska modell bygger på tre antaganden:

- Fordons- och gångtrafikanter anländer slumpvis (enligt poissonfördelning).
- Alla väntande gångtrafikanter kräver ett lika stort tidsavstånd "a" sekunder eller större mellan korsande fordon för att korsa vägen.
- Biltrafikströmmen är enkel det vill säga gångtrafikanten korsar ett enkelriktat körfält.

Tanner vidareutvecklade Adams modell och presenterade tre olika modeller för fotgängarfördröjning vid passager. Modellerna grundas på tre olika typer av passagebeteenden hos fotgängare som korsar en gata med fler än ett körfält. Tanners modeller, vilka förutsätter att fordonstrafikflödet i båda körriktningarna skall vara lika stora, kan formuleras på följande sätt. Betrakta en gångtrafikant som skall korsa en väg med fordonstrafik i båda körriktningarna.

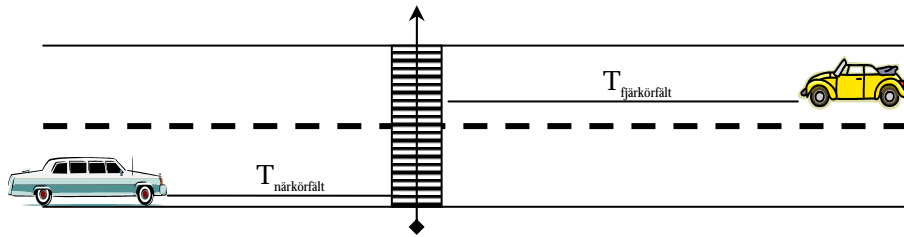
1. Gångtrafikanten väntar på ett tidsavstånd "T" i både när- och fjärrkörfält, som är så stort att fotgängaren kan korsa gatan och hinna upp på trottoaren innan någon bil skär passagelinjen (Se figur 2.5).



Figur 2.5 Illustration av övergångsbeteende (1) enligt Tanner då

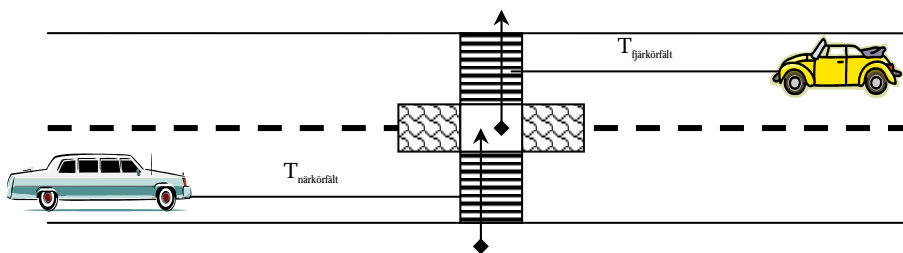
$$T_{\text{närkörfält}} = T_{\text{fjärrkörfält}}$$

2. Gångtrafikanten väntar på ett tidsavstånd " $T_{\text{fjärrkörfält}}$ " i fjärrkörfältet som är större än ett tidsavstånd " $T_{\text{närkörfält}}$ " i närmkörfältet och går därefter rakt över gatan. (Se figur 2.6)



Figur 2.6 Illustration av övergångsbeteende (2) enligt Tanner då $T_{\text{fjärrkörfält}} > T_{\text{närkörfält}}$

3. Gångtrafikanten väntar på ett tidsavstånd " $T_{\text{närkörfält}}$ " i närmkörfältet, går till mitten av övergångsstället, väntar på ett tidsavstånd " $T_{\text{fjärrkörfält}}$ " i fjärrkörfältet och går därefter över andra hälften av övergångsstället. (Se figur 2.7)



Figur 2.7 Illustration av övergångsbeteende (3) enligt Tanner då $T_{\text{närkörfält}}$ kan vara större, mindre eller lika med $T_{\text{fjärrkörfält}}$

Adams teorier lades till grund för en teori som kallas teori för "**kritiska tidsavstånd**". Kritiska tidsavstånd (eng. critical gap) definieras som det minsta tidsavstånd mellan två på varandra följande fordon från överordnad ström som accepteras av den korsande trafikanten från den underordnade strömmen. Om den underordnade trafikanten accepterar tiden från det ögonblick hon anländer till stopplinjen, eller motsvarande linje, till det ögonblick första överordnade fordon passerar förbi, definieras den som "första kritiska tidsavståndet" (eng. critical lag). En enskild underordnad trafikant skulle förkasta alla tidsavstånd som är kortare än det kritiska tidsavståndet och acceptera det som är längre än eller lika med det kritiska tidsavståndet. Tidsavståndet kan vara så stort att flera trafikanter kan utnyttja det; det vill säga kritiska tidsavstånd för två, tre eller flera trafikanter. Det extra tidsavstånd som en ytterligare trafikant från underordnad

ström behöver för att korsa eller ansluta sig till överordnad trafikström definieras som *följtid* och antas vara konstant.

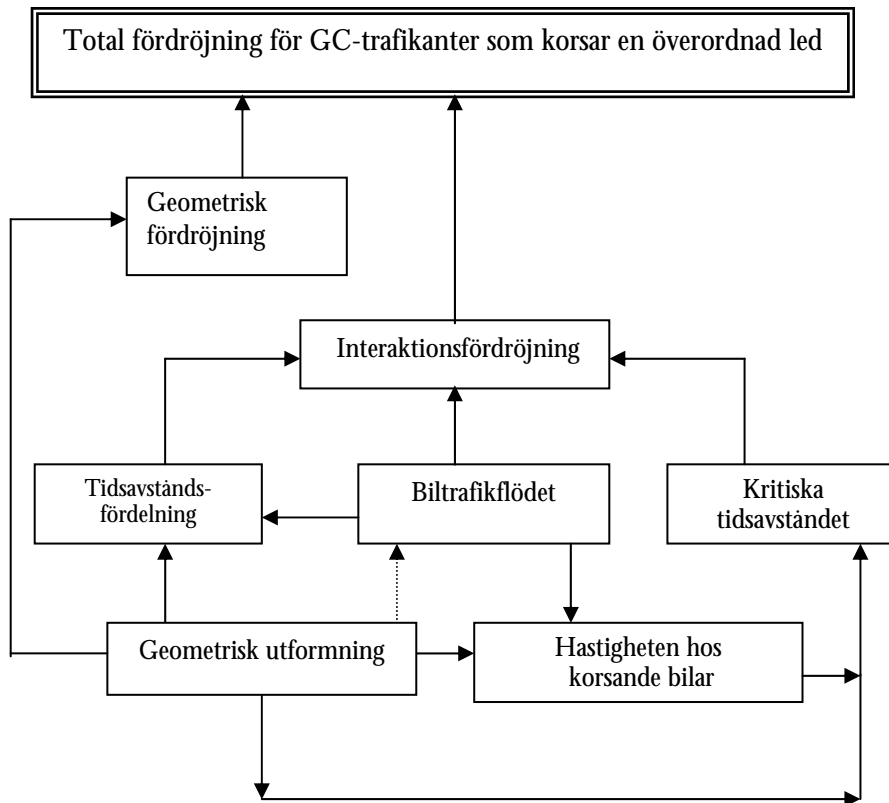
Det kritiska tidsavståndet som hittills har diskuterats gäller endast en enskild trafikant och varierar mellan trafikantgrupper av olika slag, och därför bör det definieras för en population av trafikanter. Enligt Teply et al (1997) definierades det kritiska tidsavståndet för en population för första gången av Greenshields et al (1947) som det tidsavstånd som accepterades av 50 % av underordnade trafikanter. Enligt Teply et al (1997) användes denna definition av Raff och Hart (1950) för att definiera det kritiska tidsavståndet på nytt som ett tidsavstånd vid vilket antal förkastade tidsavstånd kortare än det kritiska tidsavståndet är lika med antal accepterade tidsavstånd längre än det kritiska tidsavståndet. Detta innebär att skärningspunkten mellan fördelningskurvor för de förkastade och accepterade tidsavstånden kan betraktas som det kritiska tidsavståndet. Det kritiska tidsavståndet för en population av trafikanter kan skattas med olika metoder. Beskrivning av de metoderna ligger utanför ramen för detta arbete och för mer information refereras till Hagring (2000).

Det kritiska tidsavståndet påverkas av ett flertal faktorer relaterade till trafikanters egenskaper, fordons egenskaper och den fysiska utformningen. Innebörden av begreppet kritiskt tidsavstånd talar om att trafikanters ålder, bedömningsförmåga, typ av fordon, fordonets prestanda med mera påverkar den underordnade trafikantens beslut att acceptera eller förkasta tidsavståndet mellan två överordnade fordon. Den fysiska utformningen kan betraktas som ett centralt begrepp i fråga om det kritiska tidsavståndet. Förekomsten av mittrefug och antal körfält, siktförhållandena med mera är viktiga faktorer som påverkar beslutet om ett tidsavstånd accepteras eller förkastas.

Fördröjningen för trafikanter från den underordnade strömmen påverkas även av egenskaperna hos den överordnade trafikströmmen, främst utbudet av tidsavstånd och hastigheten. Det kritiska tidsavståndet blir längre ju högre hastigheterna i den överordnade strömmen är. Utbudet av tidsavstånd beror av såväl flödet som tidsavståndsfördelningen, det vill säga hur frekvent olika tidsavstånd förekommer i den överordnade strömmen. Om det kritiska tidsavståndet är 5 sekunder och trafikflödet i den överordnade strömmen är 0,25 fordon per sekund, så är det uppenbart att det är mer önskvärt om ett tidsavstånd är längre än 5 sekunder och alla andra kortare än 5 sekunder än om alla tidsavstånden är 4 sekunder.

2.2.1 Fördröjning för GC-trafikanter

De viktigaste faktorerna som påverkar den totala fördröjningen för en GC-trafikanter framgår av figur 2.8.



Figur 2.8 De viktigaste faktorerna som påverkar fördröjningen för en korsande GC-trafikanter på en överordnad led då GC-trafikströmmen betraktas som den underordnade strömmen.

Interaktionsfördröjningen för oskyddade trafikanter, när de har syftet att korsa en väg, är ett av de viktigaste måtten på framkomligheten. Enligt Korner (1979) finns det en rad olika system- och individorienterade faktorer som påverkar interaktionsfördröjningen. En av de mest påverkande systemrelaterade faktorerna är barriäreffektens storlek. Enligt författaren påverkas barriäreffektens storlek i sin tur av olika egenskaper hos den aktuella väg- och trafikmiljön bland vilka korsande biltrafikflöde och hastighetsnivån är de viktigaste faktorerna. Väntetiden för GC-trafikanter påverkas även av tidsavståndsfördelningen och det kritiska tidsavståndet. Biltrafikflödet har en huvudroll i frågan om framkomligheten för GC-trafikanter vid passager, då det dels påverkar

interaktionsfördröjningen direkt och det dels påverkar interaktionsfördröjningen indirekt genom tidsavståndsfördelningen. Biltrafikflödet påverkar även det kritiska tidsavståndet genom hastigheten.

Den geometriska utformningen inverkar på alla de parametrar som påverkar interaktionsfördröjningen. Hastigheten hos bilister påverkas av hastighetsdämpande åtgärder, till exempel gupp eller avsmalning av körbanan. Förekomsten av mittrefug och avsmalning av körbanan kan påverka det kritiska tidsavståndet för oskyddade trafikanter eftersom passagen kan bli kortare och ske i två etapper. Den fysiska utformningen kan påverka biltrafikflödet då bilisters vägval kan påverkas av till exempel den minskade bekvämlighet denna innebär för dem.

Den geometriska fördröjningen för GC-trafikanter påverkas vanligen enbart av den geometriska utformningen genom förlängning av övergångstället. Cyklister kan även drabbas av retardations- och accelerationsförluster.

2.2.2 Fördröjning för fordon i underordnad ström

Interaktionsfördröjningen för en underordnad fordonsström uppdelas i dels betjäningstid och dels kötid.

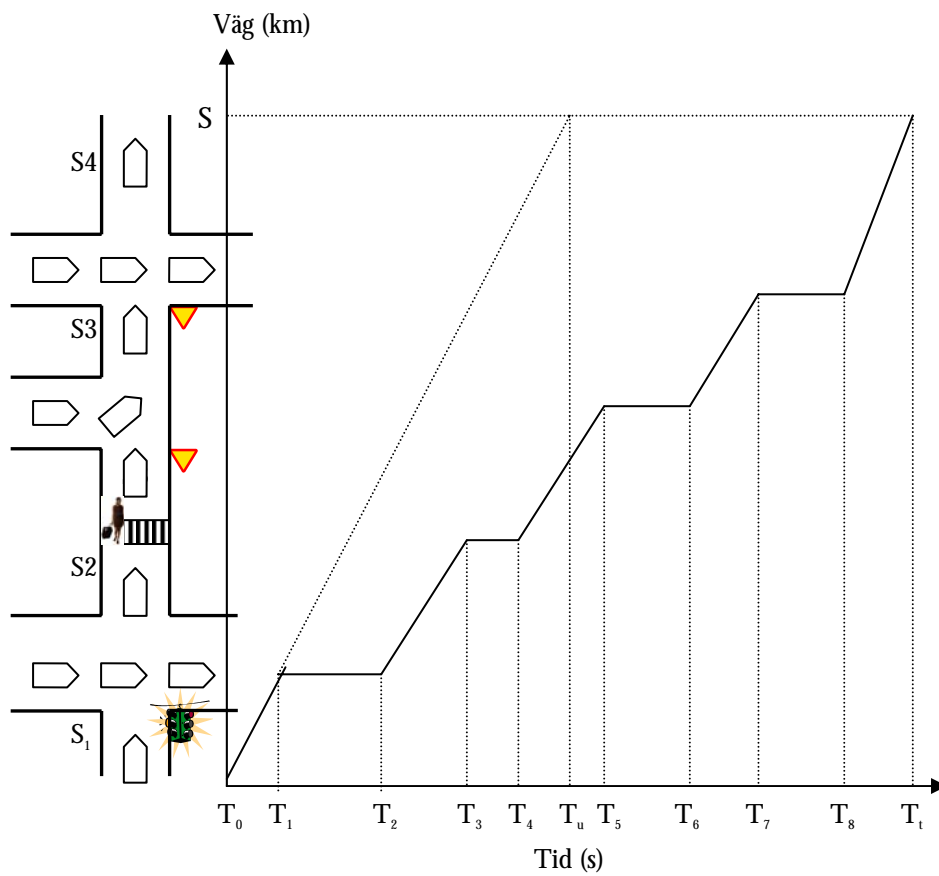
- Betjäningstiden är den tid det tar för ett fordon som står först i kö att korsa eller ansluta sig till en överordnad ström.
- Kötiden är den tid som ett fordon väntar bakom ett annat fordon i kö och inkluderar även framryckningar inom kön.

Interaktionsfördröjningen beror således på egenskaper hos den underordnade trafikanten och trafiken från de överordnade fordonsströmmarna.

Vid normala förhållanden i korsningar utan trafiksignaler uppstår olika typer av interaktioner mellan trafikanter på följande sätt.

- Interaktion uppstår mellan underordnad fordonsström som vill ansluta sig till överordnad fordonsström och överordnad fordonsström.
- Interaktion uppstår mellan underordnad fordonsström som korsar överordnad fordonsström och överordnad fordonsström.
- Interaktion uppstår mellan underordnad fordonsström och korsande GC-trafik.

Innebörden av fördröjning för bilister illustreras av figur 2.9. En tolkning av figuren kan formuleras på följande sätt: Betrakta ett fordon som kör med hastigheten V , som varierar längs sträckan S (diagrammets Y-axel). Fordonet kan fördröjas på grund av olika störningar, när det skall passera en korsning eller ett övergångsställe. Körsträckan "S" består av delsträckorna S_1, S_2, \dots, S_5 vilka börjar eller slutar i mitten av en korsning eller ett övergångsställe. Körtiden " T_t " är den totala tiden som det har tagit att köra längs dessa delsträckor.



Figur 2.9 Förenklad illustration av fördröjning.

Körtiden för delsträckorna uttrycks enligt följande:

$$T_{\text{Sträcka 1}} = T_1 - T_0$$

$$T_{\text{Sträcka 2}} = T_3 - T_2$$

$$T_{\text{Sträcka 3}} = T_5 - T_4$$

$$T_{\text{Sträcka 4}} = T_7 - T_6$$

$$T_{\text{Sträcka 5}} = T_{\text{tot}} - T_8$$

Fördröjningen (F) som uppkommer på grund av olika störningar beräknas på följande sätt.

$$F_{\text{Korsning 1}} = T_2 - T_1$$

$$F_{\text{övergångsställe}} = T_4 - T_3$$

$$F_{\text{Korsning 2}} = T_6 - T_5$$

$$F_{\text{Korsning 3}} = T_8 - T_7$$

Om T_u är den tid det skulle ha tagit att köra sträckan "S" om det inte hade funnits någon korsning eller något övergångsställe på sträckan, kan man beräkna fördröjningen över hela sträckan enligt formeln nedan.

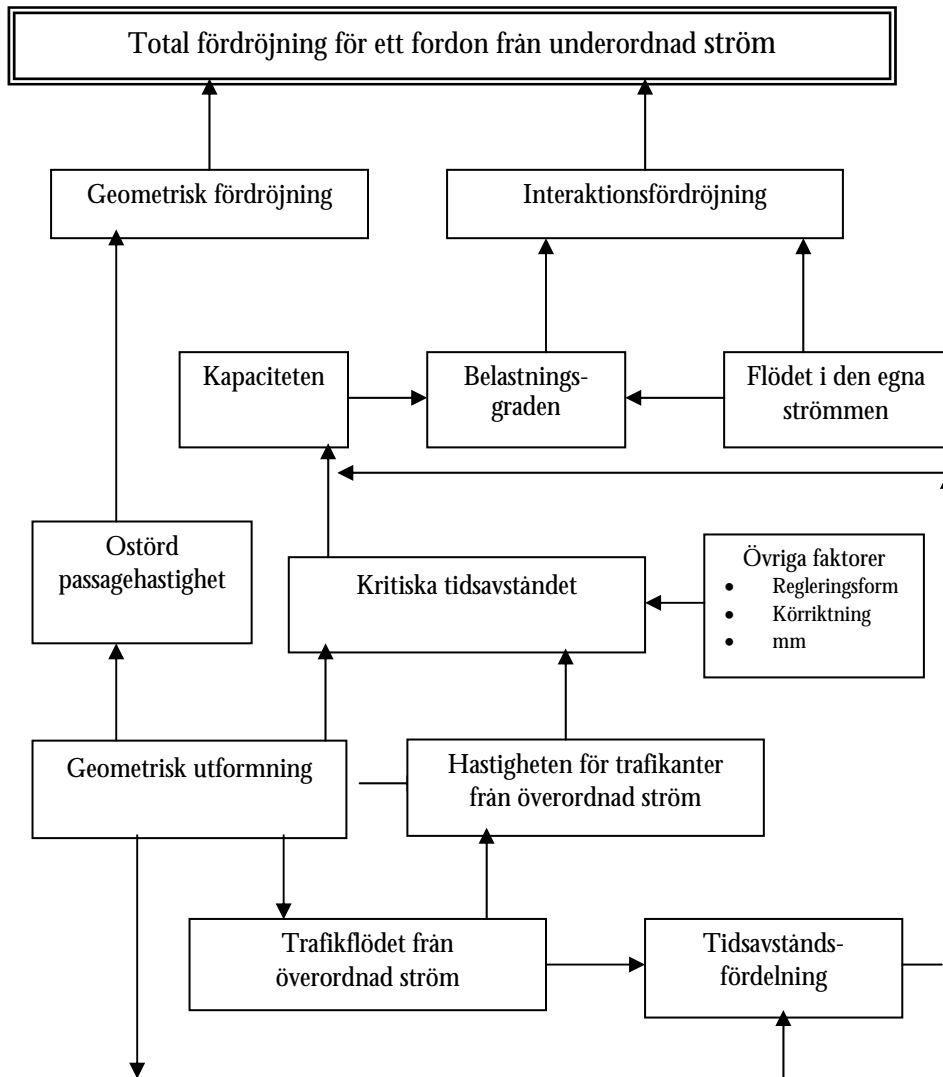
$$F_{\text{total}} = T_t - T_u$$

För att kunna diskutera de faktorer som påverkar fördröjningen behöver vi definiera följande begrepp:

Kapaciteten (fordon/timme) för ett körfält i en korsning definieras som det största stationära flöde som kan korsa eller ansluta till den överordnade strömmen under en viss tidsperiod. Att flödet är stationärt innebär att det skall vara tidsberoende. Kapaciteten påverkas av det kritiska tidsavståndet och utbudet av tidsavstånd det vill säga tidsavståndsfördelningen.

Belastningsgraden (%) definieras som förhållandet mellan aktuellt inkommande flöde och kapacitet och anges per körfält. Belastningsgraden påverkas av trafikflödet från den egna strömmen och kapaciteten.

De viktigaste faktorerna som direkt och indirekt påverkar fördröjningen för fordon från underordnad ström framgår av figur 2.10.



Figur 2.10 De viktigaste faktorer som påverkar fördröjningen för fordonstrafik i en underordnad ström i en korsning.

Det framgår av modellen i figur 2.10 att den geometriska fördröjningen uppstår då den ostörda passagehastigheten förändras.

Storleken på interaktionsfördröjningen för underordnad fordonsström beror på belastningsgraden och trafikflödet i den egna strömmen. Trafikflödet i den egna strömmen påverkar också belastningsgraden vilken i sin tur påverkas av kapaciteten.

Det kritiska tidsavståndet påverkar i allra högsta grad kapaciteten och har därför diskuterats livligt i bland annat de svenska, tyska och amerikanska kapacitetsmanualerna. Grundvärden för de kritiska tidsavstånden baseras på beräkningar av Hansson (1975) med viss modifiering och på den tyska manualen (Brilon et al. 1994), redovisas i tabell 2-1). Värdena på de kritiska tidsavstånden som används i den amerikanska kapacitetsmanualen Highway Capacity Manual (Transportation Research Board, 2000) är nästan desamma som i den tyska manualen då dessa värden anges gälla för 50 km/timme.

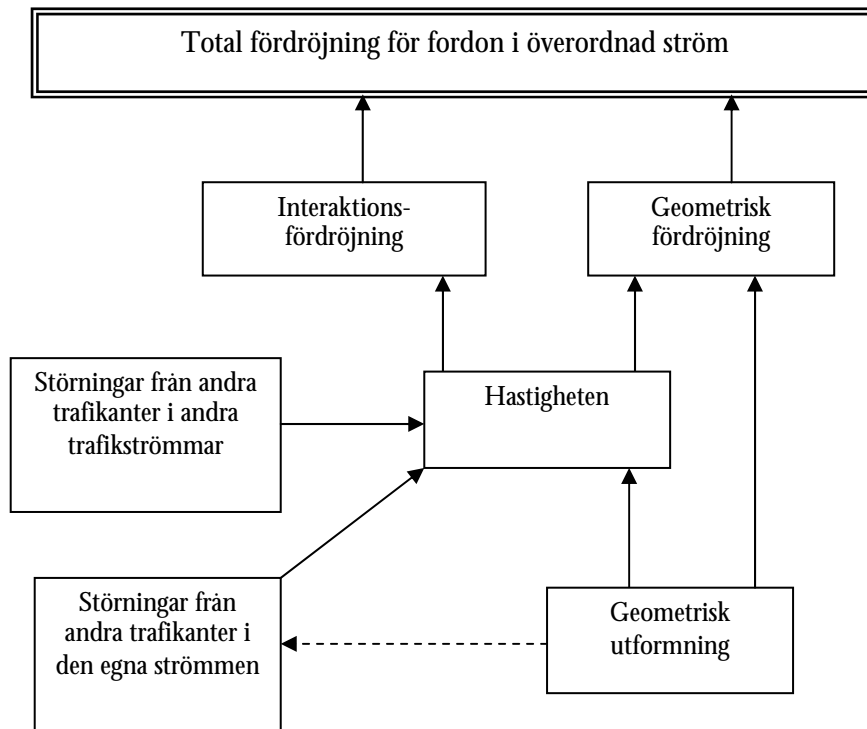
Tabell 2-1 Grundvärden på kritiskt tidsavstånd. 10% tunga fordon (Hansson 1975). Värden inom parentes avser värden enligt den tyska manualen (Brilon et al. 1994).

Hastighet på överordnad led	30/50 km/tim	70 km/tim	90 km/tim
Reglering	Väjningsplikt	Väjningsplikt	Väjningsplikt
Överordnad vänstersväg	4,8 (5,2)	5,7 (6,5)	6,7 (7,8)
Underordnad högersväg	5,0 (5,8)	5,9 (7,2)	6,9 (8,7)
Underordnad rakt fram	5,1 (5,8)	6,0 (7,3)	7,0 (8,7)
Underordnad vänstersväg	5,3 (6,4)	6,2 (8,0)	7,2 (9,6)

Värdena på kritiska tidsavstånden i tabell 2-1 visar att hastighet på överordnad led, regleringsform och typ av manöver påverkar det kritiska tidsavståndets storlek. Antalet körfält på överordnad led, andel svängande fordon på den överordnade tillfarten, antal tillfarter (tre eller fyra), lutning, anslutningsvinkel, fördröjning för det underordnade fordonet, tunga fordon och olika överordnade fordonsströmmar har stor inverkan på det kritiska tidsavståndets storlek enligt Kyte et al. (1996).

2.3 Fördröjning för fordon i överordnad ström

De viktigaste faktorerna som påverkar den totala fördröjningen för fordon i överordnad ström framgår av figur 2.11.



Figur 2.11 De viktigaste faktorerna som påverkar fördröjningen för fordonstrafik i en överordnad ström.

Den totala fördröjningen, det vill säga den fördröjning som består av både geometrisk och interaktionsfördröjning, för ett fordon i överordnad ström kan uppstå genom hastighetsförändringen eller genom att resträckan förändras.

Geometrisk fördröjning uppstår genom hastighetsförändring orsakad av förändring i den fysiska utformningen eller genom att resträckan förändras. Interaktionsfördröjningen uppstår då trafikanten i den överordnade strömmen får ändra sin hastighet på grund av störningar från andra trafikanter. Sådana störningar kan uppstå genom interaktioner med antingen trafikanter i den egna strömmen eller från trafikanter i andra trafikströmmar.

Hastighetsförändringen förorsakad av förändring i den fysiska utformningen leder till att geometrisk fördröjning uppstår. Förändringen i trafikflödet eller störningar från andra trafikanter påverkar hastigheten och leder till att interaktionsfördröjning uppstår. Ett typiskt exempel på störningar från andra trafikanter är då ett fordon som har högre hastighet än det framförvarande fordonets hastighet antingen måste sakta ner från sin fria hastighet till det framförvarande fordonets hastighet och köra bakom detta eller köra om detta om det finns omkörningsmöjligheter.

För att få en klar bild av hur hastigheten påverkar fördröjningen för biltrafiken betraktar vi en bil som kör på en vägsträcka vid två tillfällen med olika trafikförhållanden. Den del av färdtiden under vilken fordonet är i rörelse benämns körtiden. Om fordonet förflyttar sig med medelhastigheten V_f och V_e längs sträckan S_f och S_e i före respektive eftersituationen kan man beräkna fördröjningen (F) enligt formeln 1.

$$\begin{aligned} T_f &= S_f / V_f \\ T_e &= S_e / V_e \\ F &= T_f - T_e \\ F &= S_f / V_f - S_e / V_e \end{aligned} \quad (1)$$

Om avståndet mellan punkterna i före- och eftersituationen hålls konstant och lika med S och medelhastigheten V_f förändras med en faktor k kan formeln (1) skrivas om på följande sätt.

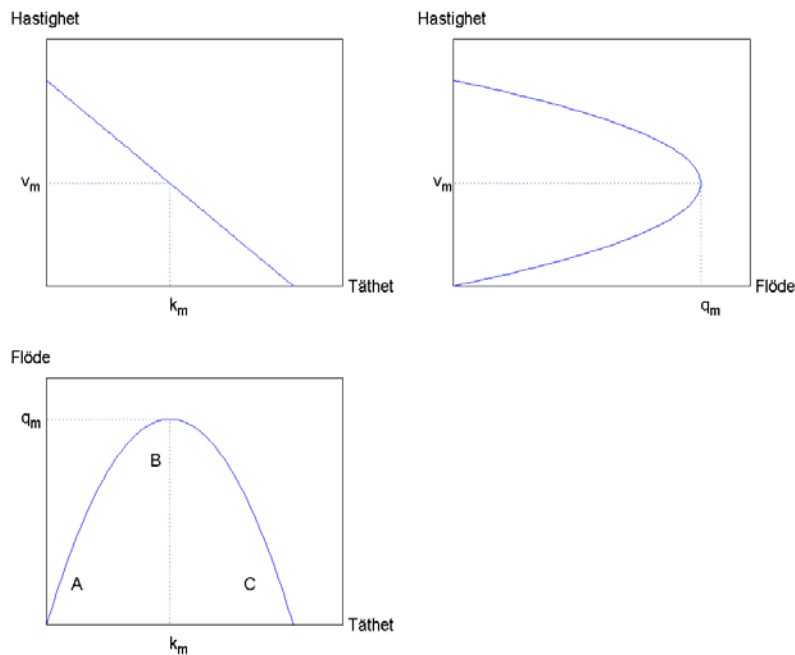
$$\begin{aligned} S &= S_f = S_e \\ V_e &= k * V_f \\ F &= S * (k - 1) / (k * V_f) \end{aligned} \quad (2)$$

Formeln (2) visar att kvoten mellan hastigheterna i efter- och föresituationen, hastighetsnivån i föresituationen samt längden på ressträckan är de variabler genom vilka fördröjningen kan beräknas för ett fordon.

Antal fordon på en väg mäts antingen under en tidsperiod, det så kallade trafikflödet, eller inom en sträcka, den så kallade tätheten. Det finns två olika sätt att mäta avstånden mellan fordon. Det ena är att mäta sträckavstånd mellan två fordon och det andra är att mäta tidsavståndet. Baserat på de fyra begreppen trafikflöde, trafiktäthet, tidsavstånd och sträckavstånd kan hastigheten definieras på två olika sätt. Sträckmedelvärdet av hastigheten (eng. space mean speed) definieras som medelvärdet av ett antal fordons momentanhastigheter (hastigheten vid en viss tidpunkt) medan tidsmedelvärdet av hastigheten (eng. time mean speed) definieras som medelvärdet av ett antal fordons snitthastighet (hastigheten över ett viss snitt).

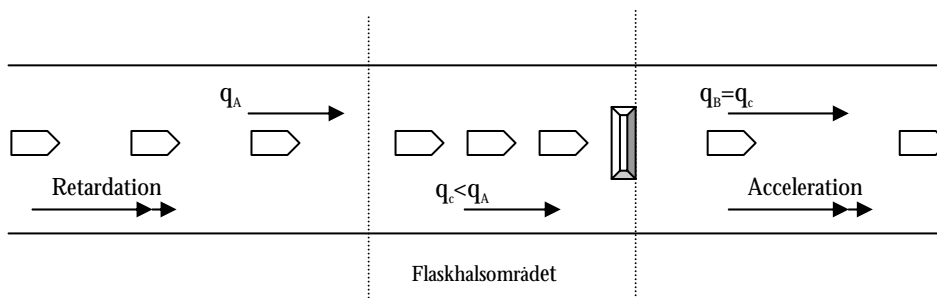
Mellan flöde, täthet och hastighet finns ett fundamentalt samband, trafikens allmänna tillståndslag, som visas i figur 2.12.

Framkomligheten



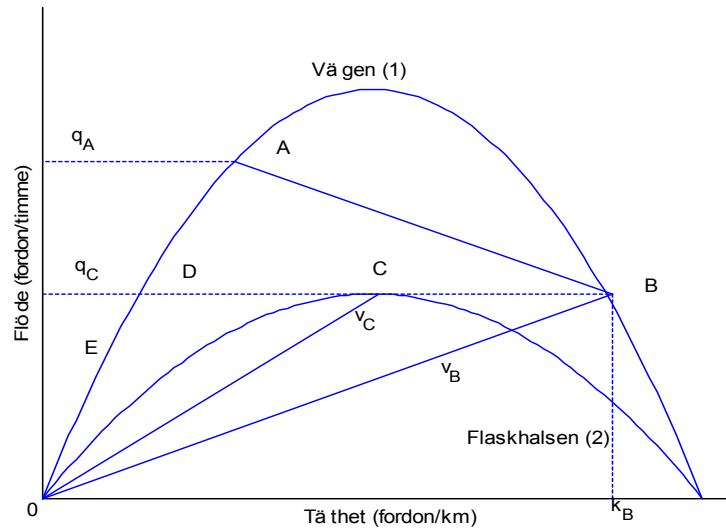
Figur 2.12 Trafikens allmänna tillståndslag (ur Hagring, 2000)

Sambandet mellan tätheten, flödet och hastigheten kan diskuteras inom tre olika områden A-C i figur 2.12. Längs med kurvan inom området A sjunker hastigheten i takt med att flödet ökar med ökande täthet. Vid en viss täthet, kring punkt B, når flödet kapacitetsgränsen, q_m det vill säga det största värde q kan anta och medelhastigheten varierar kraftigt inom korta perioder. Inom området C avtar såväl flödet som medelhastigheten med ökande täthet. Hastigheten, flödet och tätheten påverkas starkt av en så kallad "flaskhals" på en väg. Flaskhalsen kan till exempel vara ett gupp (se figur 2.13) som påverkar hastigheten för bilar som närmar sig detta.



Figur 2.13 Illustration av flaskhalsfenomenet.

Effekten av flaskhalsen på täthet och flödet kan analyseras med hjälp av trafikens allmänna tillståndslag.



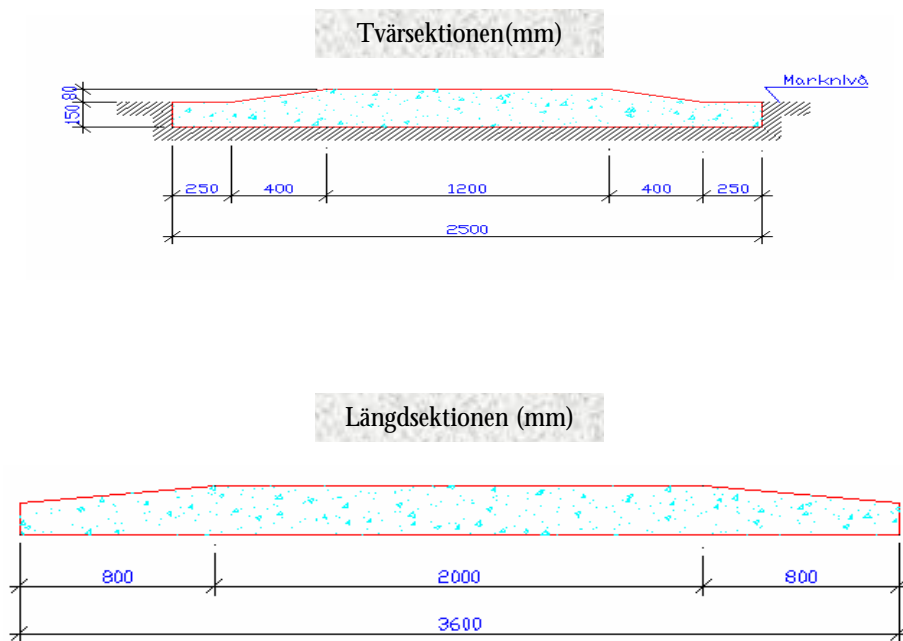
Figur 2.14 Samband flöde – täthet för flaskhals (Hagring, 2000).

Betrakta en vägsträcka där det finns en flaskhals som till exempel i figur 2.13. Om inkommande flödet (q_A) till flaskhalsområdet överstiger denna kapacitet (q_C) uppstår köbildning som till exempel i punkt A i figur 2.14. Tillståndet i A, vilket råder inom flaskhalsområdet, karakteriseras av att tätheten ökar samtidigt som flödet minskar (linje A – B). Tillståndet i punkt B råder närmast framför flaskhalsen där tätheten k_B är högre och flödet q_C lägre än i punkt A. Strax bortom flaskhalsen råder tillståndet i punkt D där flödet är lika med flödet i tillstånd B men tätheten minskar. Hastigheten, det vill säga kvoten mellan flödet och tätheten, både hos kö framför flaskhalsen och inom flaskhalsområdet sjunker och ges av lutningen på linjen O-B respektive lutningen på linjen O-C i figur 2.14. Kö börjar avvecklas först när inkommande flödet (E) understiger flaskhalsens kapacitet q_C .

3 Åtgärdsbeskrivning och placering

Den åtgärd som studeras i detta arbete består av en kombination av flera åtgärder varav den så kallade vägkudden i kombination med avsmalning av körbanan varit det viktigaste hastighetsreducerande elementen. Vägkudde är en variant av gupp som är avsmalnad åt sidorna. Den kan delvis gränslas av bussar, brandbilar och vissa typer av ambulanser, men personbilar får med åtminstone två hjul köra upp på vägkudden (Layfield, 94). Olika varianter av vägkuddar har utvecklats genom åren både i Sverige och utomlands. Variationerna beror till stor del på olika mått på höjden, bredden och rampgradienten på vägkudden (Layfield and Parry, 98).

Detaljutformningen av de vägkuddar som studerats i Towliats (2001) försöksverksamhet framgår av figur 3.1.



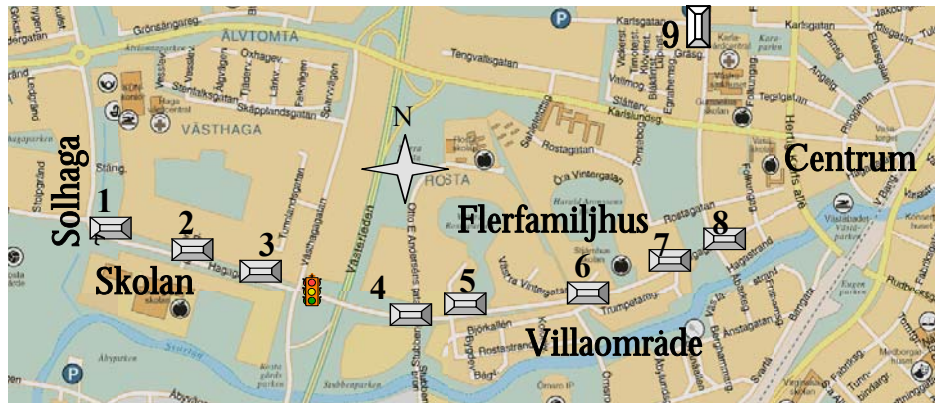
Figur 3.1 Vägkuddens tvärsnitt och längdsektion (ur Towliat, 2001).

Avsmalning av körbanan gjordes med hjälp av mittrefug, genom breddning av gångbanorna eller bådadera. Körbanebredden minskades till 3,2 m på alla ombyggda platser oavsett tidigare bredd.

Åtgärdsbeskrivning och placering

I syftet att undersöka vilka effekter dessa åtgärder får på säkerheten och framkomligheten implementerades åtgärderna på två olika sätt: dels vid tio enstaka korsningar/GC-överfarter inom geografiskt skilda områden varav nio i Stockholmsregion och en i Örebro, dels vid åtta korsningar/GC-överfarter som förekom efter varandra längs med Hagagatan i Örebro (se figur 3.2).

De ombyggda överfarterna i Stockholmsregion ligger vid platser med olika utformning och trafikmiljö. En generell beskrivning av dessa platser framgår av tabell 3-1, 3-2 och 3-3.



Figur 3.2 Karta med ombyggda platser över Hagagatan i Örebro.

Hagagatan förbinder Örebros centrala del med västra delen mot Solhaga och är cirka 4 km. Försökssträckan det vill säga sträckan mellan den första och sista åtgärdade platsen är cirka 2 kilometer. Den aktuella sträckan består av enfältig körbana i båda riktningarna och har åtta korsningar, varav två utan GC-överfarter (plats nummer 2 och trafiksignalen i figur 3.2). Det finns två friliggande GC-överfarter i den västra delen av försökssträckan (plats nummer 1 och 3 i figur 3.2). Av de åtta korsningarna var två korsningar med trafiksignaler, av vilka en ändrades till korsning med väjningsplikt och trafiksignalen togs bort, och den andra, vilken saknade GC-överfarter, förblev orörd. Försökssträckan delas in i två sträckor beroende på väg- och trafikmiljöegenskaper. Hagagatan går genom flera bostadsområden i den östra delen och går förbi en skola i den västra delen. Området mellan plats nummer 1 och 3 i figuren är ganska glest och påminner om landsvägmiljö. I närheten finns även en motorväg (Västerleden i figur 3.2).

De ombyggda platserna kan delas in i tre huvudtyper:

1. Den ligger vid en friliggande GC-överfart mellan två korsningar.
2. Den ligger vid en trevägskorsning med väjningspliktreglering.
3. Den ligger vid en fyrvägskorsning med olika typer av regleringsformer.

Åtgärdsbeskrivning och placering

Väggkudden placerades fem till åtta meter före övergångsstället på den överordnade leden.

Eftersom den geometriska utformningen utgörs av ett stort antal utformningsvariabler, vilka sällan är lika i två trafikanläggningar, klassificeras valda platser med hänsyn till följande utformningsvariabler:

- Antal körfält
- Regleringsform
- Förekomst av mittrefug
- Separat körfält för svängande fordon.

En rekognosering av de ombyggda platserna med hänsyn till utformningen och trafiken sammanfattas i tabell 3-1, 3-2 och 3-3. Trafikens egenskaper beskrivs av korsande GC-flöde och fordonsflöde under maxtimmen på primärvägen. Hastighetsgränsen i alla platser var 50 km/timme. Med hänsyn till utformningsvariabler kan de ombyggda korsningarna i tabell 3.2 och 3.3 grupperas i tre olika typer, A – C, enligt Vägutformning 94 (VU 94). Beskrivning av de olika korsningstyperna enligt Vägutformning 94 (VU 94) finns i bilaga A.

Tabell 3-1 Ombyggda platser vid friliggande GC-överfarter.

	Ombyggda platser	Mitt-refug	Typ av överfart	Bilflöde i båda riktningar (Fordon/maximme)	Korsande GC-flöde maximme	
					fotgängare	cyklister
1	Hagagatan – Vaktelvägen (Örebro)	-	GC-överfart	520	31	140
2	Hagagatan – Väst Hagagatan (Örebro)	X	GC-överfart	520	30	98
3	Melongatan (Stockholm)	X	Övergångsställe	350	65	-
4	Bollmoravägen (Stockholm)	X	Övergångsställe	670	172	-

*) Två körfält i varje körriktning

Åtgärdsbeskrivning och placering

Tabell 3-2 Ombyggda platser vid trevägskorsningar.

	Ombyggda platser	Mitt-refug	Typ av överfart	Bilflöde i båda riktningar (Fordon/maxtimme)		Korsande GC-flöde maxtimme		Korsningstyp enligt Vägutformning 94
				primär	sekundär	fotgängare	cyklister	
5	Träsättravägen (Stockholm)	-	Övergångsställe	360	70	60	-	A
6	Teknikvägen (Stockholm)	X	GC-överfart	500	90	40	-	B
7	Banvägen (Stockholm)	X	GC-överfart	330	30	50	120	C
8	Skälbyvägen – Zenitvägen (Stockholm)	X	Övergångsställe	800	-	20	-	B
9	Hagagatan – Trumpetareg (Örebro)	X	GC-överfart	500	-	50	40	B
10	Hagagatan – Björkallén (Örebro)	-	Övergångsställe	520	-	170	-	A

*) Två körfält i ena körriktningen och ett i den andra

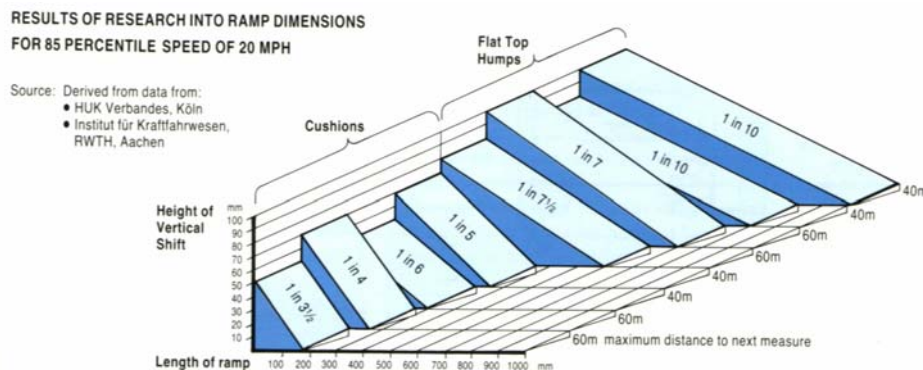
Tabell 3-3 Ombyggda platser vid fyrvägskorsningar.

	Studerade plats	Mitt-refug	Typ av överfart	Överträdesreglering	Bilflöde i båda riktningar (Fordon/maxtimme)		Korsande GC-flöde maxtimme		Korsningstyp enligt Vägutformning 94
					primär	sekundär	fotgängare	cyklister	
11	Skolvägen – Bergavägen (Stockholm)	X	GC-överfart	Väjningsplikt/Högerregeln	270	100	80	10	B
12	Upplandsg. – Rådmansg. (Stockholm)	X	Övergångsställe	Väjningsplikt/Högerregeln	750	-	250	-	A
13	Skälbyvägen – Tellusvägen (Stockholm)	X	Övergångsställe	Väjningsplikt	750	-	30	-	A
14	Hagag. – O.E. Andersson (Örebro)	X	GC-överfart	Väjningsplikt	650	260	10	70	B
15	Hagagatan – V. Vintergatan (Örebro)	X	GC-överfart	Signalreglerad	600	-	120	90	B
16	Hagagatan – Älvtomtagatan (Örebro)	X	GC-överfart	Väjningsplikt	600	100	15	240	B
17	Älvtomtag. – Karlsgratan (Örebro)	-	GC-överfart	Väjningsplikt	430	90	30	160	B

4 Tidigare genomförda studier

Hastighetsdämpande åtgärder kan anläggas i avgränsad eller i sammanhängande form. Den sammanhängande formen karakteriseras av att åtgärden vidtas i flera punkter längs med en sträcka och avgränsande form avser lokalt avgränsade områden till exempel i anslutning till en korsning.

Detaljutformningen av fysiska hastighetsdämpande åtgärder i vertikalplanet (höjden, upp- och ner-rampens gradient) samt antalet och avståndet mellan dessa åtgärder avgör hur effektivt åtgärden verkar på hastigheten. Devon County Council (1992) har genom befintliga tyska effektstudier visat olika mått på detaljutformningen av platågupp och vägkudde samt avståndet mellan dessa åtgärder för att få en 85-percentilhastighet av cirka 32 km/timme (se figur 4.1). Förutom den hastighetsdämpande effekten underlättar platåguppen passagen för fotgängare och rullstolburna genom sin utformning. Eliminering av höjdskillnaden mellan övergångsstället och trottoarkanten medför att gångtrafikanternas tidsförbrukning minskar när de vill korsa gatan.

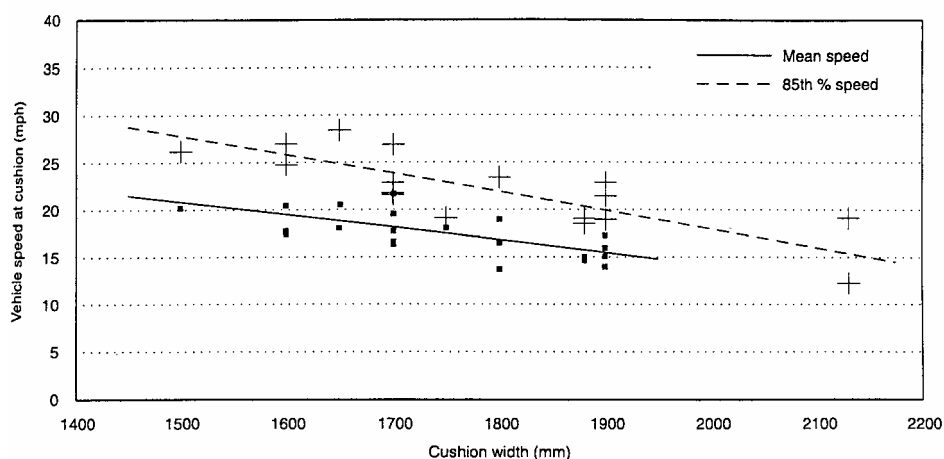


Figur 4.1 Sambandet mellan detaljutformning och avståndet mellan farthinder för att få en 85-percentilhastighet av cirka 30 km/timme (Devon County Council, 1992).

I en studie av Trafikkontoret Göteborgs stad (2000) beträffande guppens hastighetsdämpande effekt har man gjort åtskilliga hastighetsmätningar på tio platser med varierande trafikflöde mellan 1000 och 4000 fordon/dygn. Av studien framgår att gupp sänker medianhastigheten till 23 km/timme oavsett hastigheterna före införandet av åtgärden. Elvik m fl (1995) visade genom sina metaanalyser att medelhastigheterna minskade från 35 km/timme till 22 km/timme.

I en studie av Webster (1993) konstateras att medelhastigheten var cirka 21 km/timme på sträckor, där platågupp med 80 -100 mm höjd var placerade,. Webster (1993) framhåller även att biltrafikflödet, i det mest extrema fallet, minskade med 59 % där guppet med 100 mm höjd var placerat. Av en liknande studie från Webster and Layfield (1996) framgår att medelhastigheten för genomfartstrafik minskade till cirka 20,5 km/timme, där platågupp med 70-80 mm höjd var placerade. I första och andra studien varierade rampgradienten på platåguppet mellan 1:6 och 1:20 respektive 1:10 och 1:15.

Layfield (1994) undersökte hastighetsdämpningseffekten av vägkuddar med olika mått på detaljutformningen på 30 olika platser i Sheffield och York i England. Vägkuddar som testades hade 75 mm höjd, 1:8 på- och nerrampsgradient, 1:2 sidorampsgradient och bredden varierade mellan 1200 till 1900 mm. Studierna visade på sänkningar av medelhastigheterna på kudden med mellan 34 och 43 %. Medelhastigheterna efter införandet av åtgärderna var mellan 22,5 och 32 km/timme. I en liknande, fastän mer omfattande studie, har Layfield and Parry (1998) testat vägkudden på 34 olika platser med över 30 olika dimensioner. De testade vägkuddarna hade mellan 1500 till 2100 mm bredd, 1700 till 4750 mm längd och 60 till 100 mm höjd. Upp- och nerrampgradienten varierade mellan 1:3,5 och 1:12 och motsvarande siffror för sidorampsgradienten var 1:2 och 1:5,25. Hastighetsreduktionen varierade kraftigt mellan platserna men generellt kan konstateras att medelhastigheten och 85-percentilhastigheten minskade med 42 % respektive 39 % till en nivå på 28 km/timme och 35 km/timme. Författarna framhåller att det finns ett klart samband mellan vägkuddens bredd, och hastigheten på kudden enligt figur 4.2. Smala vägkuddar är inte så effektiva hastighetsdämpare som de breda. Vägkudde med 1600 mm bredd sänker medelhastigheten till 31,5 km/timme och motsvarande siffra när bredden ökar till 1900 mm är 24 km/timme.



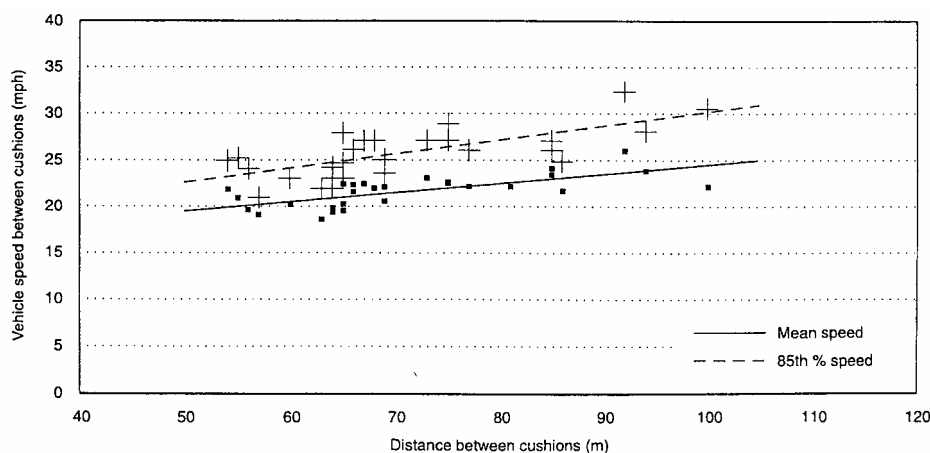
Figur 4.2 Sambandet mellan medelhastigheten på vägkudden och vägkuddens bredd (Layfield and Parry, 1998).

I en studie av Trafikkontoret Göteborgs stad (2000) har man testat vägkudden på tretton platser i Göteborg med följande mått: 2550 mm bredd, 70 mm höjd och 1:10 rampgradient. Efter införandet av vägkudden reducerades 85-percentilen i genomsnitt med 34 % till 50 km/timme. Den genomsnittliga medianhastigheten sjönk till 33 km/timme. Mätningarna gjordes under 24 timmar och trafikflödet varierade mellan 2000 och 4000 fordon per dygn på olika platser.

Towliat (2001) visar att vägkudden i kombination med avsmalning av körbanan har reducerat medelhastigheten med som mest 50 %. Medelhastigheterna före införandet av dessa åtgärder var mellan 50-60 km/timme på platsen där vägkudde skulle placeras. Man har dessutom gjort långtidsmätningar, två år efter införandet av åtgärderna, som visar att de lägre hastighetsnivåerna består.

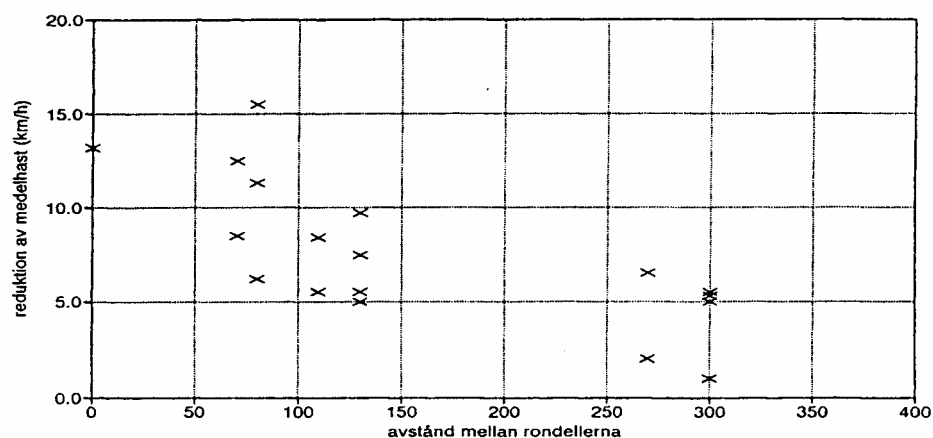
Hur avståndet mellan guppen påverkar hastigheten diskuteras i flera studier bland annat De Wit and Slop (1984) och Pharoah and Russell (1989). Författarna framhåller att guppets influensområde börjar cirka 50 meter före och slutar cirka 50 meter efter guppet. Enligt författarna måste det maximala avståndet mellan guppen vara 50 meter om man önskar ett jämnt körmönster.

Layfield and Parry (1998) konstaterar att hastigheten på sträckan mellan två vägkuddar varierar beroende på avståndet mellan vägkuddarna. Avståndet mellan vägkuddarna varierade mellan 50 till 105 meter i studien och hastighetsmätningarna gjordes på mitten av sträckan. Hur avståndet mellan vägkuddar påverkar hastigheten framgår av figur 4.3.



Figur 4.3 Sambandet mellan medelhastigheten mitt mellan två vägkuddar och avståndet mellan vägkuddar (Layfield and Parry, 1998).

Cirkulationsplatser användes i ett omfattande trafiksäkerhetsprojekt som hastighetsdämpande åtgärder i huvudgatunätets korsningar i Växjö (Hydén m fl, 1995). Efter att man inventerat trafikmiljön i stadens gatunät byggdes 21 korsningar om till cirkulationsplatser. Utformningen liksom storleken av cirkulationsplatserna varierade, men ett grundkrav var att de skulle vara enfältiga i alla till- och frånfarter samt i själva cirkulationsplatsen. Rondellradien varierade mellan fyra och arton meter och i vissa platser kunde tunga fordon vid behov köra på den inre upphöjda rondellen. Várhelyi (1993), som bland annat studerade framkomlighetseffekten av cirkulationsplatserna i Växjö, visar att den genomsnittliga tidsförbrukningen för bilar som passerade huvudgatan ökade med 2,3 sekunder per bil och minskade för bilar som passerade på sidogatorna med 4,4 sekunder per bil. Författaren konstaterar att det finns en proportionalitet mellan trafikmängden på huvudgatan och tidsfördröjningen för bilar på sidogatan vid rondellkorsningar. Men eftersom trafikflödet på sidogatorna var lågt kunde man inte bekräfta detta samband statistiskt. Hastighetsmätningar visade att bilisters medelhastighet i korsningarna på huvudgatorna reducerades med 27-34 % till cirka 30-35 km/timme, och att medelhastigheten på sträckorna mellan åtgärdade punkter minskade med 15 % till 45 km/timme. I en senare analys av hastighetsdata visar Hydén m fl (1995) relationen mellan längden på sträckan och hastigheten mellan åtgärdade platser enligt figur 4.4.



Figur 4.4 Samband mellan hastighetsänkningen och avståndet mellan två cirkulationsplatser (Hydén m fl 1995).

I samma studie visar författarna att åtgärderna inte medförde några omfördelningar av trafiken genom att göra trafikmätningar i sex korsningar. GC-trafikanternas väntetider när de skulle korsa huvudgatan studerades också i åtgärdade korsningar. Men med hänsyn till studiens och GC-trafikmängdens omfattning vid vissa av dessa platser kan man inte dra generella slutsatser. Författarna konstaterar att den tidsvinst oskyddade trafikanter gör på grund av åtgärden beror på väntetiden i föresituationen.

5 Hypoteser

För att studera åtgärdernas effekter på framkomligheten, avgasemissionsmängden, bensinförbrukningen och vägtrafikbuller ställdes fem huvudhypoteser upp. Dessa hypoteser gäller även faktorer som kan tänkas vara orsak till varför framkomligheten och miljön påverkas av sådana typer av fysiska åtgärder. Nedan anges de fem huvudhypoteser och tankar kring motiveringen för dem.

H1: *Framkomligheten för GC-trafikanter som korsar överordnad led ökar.*

Motivering: Väntetiden för GC-trafikanter påverkas av det kritiska avståndet, vilket minskar med minskande hastigheter hos bilar. Ett flertal studier bland annat Layfield and Parry (1998) och Towliat (2001) visar att de åtgärder som studeras i detta arbete är mycket effektiva hastighetsdämpare. Den radikala hastighetsdämpningen på den överordnade leden kan innebära en tidsvinst för korsande GC-trafikanter då det kritiska tidsavståndet minskar. Den erhållna hastighetsreduktionen hos fordon ger även en ökad trygghet och bekvämlighet för oskyddade trafikanter som vill korsa gatan. Speciellt gäller detta när vägkudden kombineras med mittrefug.

Flera undersökningar bland annat Wepf (1986) och Towliat (2001) visar att lägre fordonshastigheter leder till att fordonsförarna är mer benägna att släppa fram fotgängarna, samtidigt som dessa vågar vara mer aktiva i att försöka få företräde före bilarna. Detta bör innebära att lägre hastigheter leder till kortare väntetider för oskyddade trafikanter. De kommer i så fall att leda till en tidsvinst.

Det finns studier, till exempel Trafikkontoret Göteborgs stad (1997), som tyder på att alltför breda körbanor kan medföra höga fordonshastigheter som i sin tur påverkar framkomligheten positivt för bilister och negativt för oskyddade trafikanter. Avsmalning av körbanebredd, som är ett av elementen i åtgärden som studeras i detta arbete, kan underlätta för gående och cyklister att korsa en gata genom att göra passagen över körbanan kortare, samtidigt som de oskyddade trafikanterna lättare kan observera och observeras av bilisterna. Man kan tänka sig att minskad komplexitet av passagen också leder till minskade väntetider och därmed förbättrad framkomlighet för GC-trafikanter.

H2a: *Framkomligheten för bilar på överordnad led minskar.*

Motivering: Ett flertal studier bland annat Layfield and Parry (1998) och Towliat (2001) visar att de åtgärder som studeras i detta arbete är mycket effektiva hastighetsdämpare. Den radikala hastighetsdämpningen kan innebära en tidsförlust för bilister som passerar kudden på överordnad led.

Flera undersökningar bland annat Wepf (1986) och Towliat (2001) visar att lägre fordons hastigheter leder till att fordonsförarna är mer benägna att släppa fram fotgängarna, samtidigt som dessa vågar vara mer aktiva i att försöka få företräde före bilarna. Detta innebär att bilister på överordnad led kommer att drabbas av interaktionsfördröjning på grund av korsande GC-trafikanter.

Hastighetsdämpande åtgärder som till exempel gupp eller vägkudde kan betraktas som flaskhalsar då dessa åtgärder är mycket effektiva hastighetsdämpare. Därmed kan kapaciteten på en väg sjunka på grund av dessa åtgärder och detta kan påverka bilarnas hastighet särskilt under belastade perioder.

H2b: *Reshastigheten för bilar som passerar över vägkudden minskar på delsträckor mellan åtgärderna.*

Motivering: Ett flertal studier bland annat Devon County Council (1992), De Wit and Slop (1984) och Pharoah and Russell (1989) visar att hastigheten minskar på sträckan mellan hastighetsdämpande åtgärder. Hastighetsdämpningen på delsträckorna mellan åtgärderna kan innebära en tidsförlust för bilister som passerar dessa åtgärder.

H3: *Framkomligheten för bilar på underordnad led i en korsning ökar.*

Motivering: Fördröjningen för bilister från underordnad ström påverkas av det kritiska tidsavståndet vilket minskar med minskande hastigheter i de överordnade strömmarna. Den radikala hastighetsdämpningen på den överordnade leden innebär en tidsvinst för bilister från den underordnade leden då det kritiska tidsavståndet minskar.

H4a: *Avgasutsläppen och bensinförbrukningen hos bilar på överordnad led ökar.*

Motivering: Ett flertal studier bland annat Ericsson (1996) och Boulter and Webster (1997) visar att fordons avgasutsläpp och bensinförbrukning i stor utsträckning påverkas av hastigheten och hur denna förändras under körningen. Ett ojämnt körmonster, det vill säga en körning med stor andel accelerationer och retardationer, förorsakar betydligt mer avgasutsläpp än ett jämnt körmonster. Körmonstret påverkas i sin tur av många faktorer, av vilka ett antal är mycket starkt kopplade till fysiska åtgärder. I en studie av Smidfelt Rosqvist (1998), redovisas hur stor miljöpåverkan olika egenskaper (gupp, korsning, mm) i och hos gatunät i bostadsområden ger. Bostadsområdena som studerades valdes utifrån trafikmatningsprinciperna: rutnät, inifrånmatning och utifrånmatning. Resultaten visar att avgasutsläppen och bränsleförbrukningen för resor inom bostadsområden då gupp passerats under resan minskade. Man konstaterar att sambandet mellan olika åtgärder i gatunätet och miljöeffekter är komplext och att kunskapen om detta samband för närvarande är bristfälligt. Hur hastighetsdämpande åtgärder påverkar avgasutsläppen kan inte studeras lokalt utan hänsyn måste tas till trafikmiljön i sin helhet. Författaren menar att bilisters körsätt (körmonstret) inte bara påverkas vid passage av åtgärder i ett gatunät utan långt före och efter dessa.

I Austroads (1996) redovisar man att hastighetsdämpande åtgärders lokalisering och utformning påverkar avgasutsläppen negativt om de förorsakar höga accelerations- och retardationsnivåer. Man konstaterar att både bränsleförbrukning och avgasutsläpp kan öka med 30-50 % efter införandet av åtgärderna jämfört med konstant hastighet under 60 km/timme före införandet av de fysiska farthinderna. I rapporten antar man att avgasutsläppen ökar proportionellt mot bränsleförbrukningen. I en studie av Van Every and Holmes (1992) visar man att bränsleförbrukningen ökar med 50 % för gupp om åtgärden vidtas i flera punkter efter varandra. Ett nästan liknande resultat redovisas även i Höglund (1995) där emissionsberäkningar genomförs för simulerade (ej uppmätta) körningar över gupp. Simuleringen gjordes för ett trafikflöde på 5000 bilar/dygn längs med en sträcka på 1,5 km med och utan gupp. Hastigheten sattes konstant (50 km/timme) för sträckan utan gupp och 50-30-50 km/timme för sträckan med gupp. I modellen simulerades alla körningar med samma retardation och acceleration ($1,5 \text{ m/s}^2$) för bilar med och utan katalysator.

H4b: *Storleken på ökningen av avgasutsläppen och bensinförbrukningen är mindre ju kortare avståndet mellan åtgärderna är.*

Motivering: Avståndet mellan åtgärds punkter längs med en sträcka har stor betydelse för hur körmönstret ser ut längs med sträckan. Till exempel resulterar ett systematiskt införande av gupp vid 30:e meters längdintervall i en jämnare hastighetsprofil än på ett 70 meters längdintervall (Sikrere-Roligere-Renere-Oslo, 1992).

H5 *Vägrafikbullernivån ökar inte efter införandet av åtgärden.*

Motivering: Införandet av hastighetsreducerande åtgärder ökar inte bullernivån och kan i vissa fall minska denna. Várhelyi (1993) konstaterar att införandet av rondell minskade bullernivån. Resultaten av bullermättningar vid tre korsningar före och efter åtgärdernas installation visade att bullernivån minskade med cirka 4 dB vid två av korsningarna och nästan 1 dB vid den tredje.

Bullersituationen förbättras utefter en sträcka om vägkudden ger lägre och jämn hastighet (Abbott et al. 1995). Layfield and Parry (1998) visar att bullernivån minskar med 4 dB (A) på grund av vägkudden genom att mäta bullernivån på en plats före och efter placering av vägkudden.

6 Metod och genomförande

6.1 Platsurval

Innan mätningarna började gjordes ett urval bland de ombyggda platserna. De viktigaste urvalskriterierna var att:

- alla typer av korsningar (A, B och C) skulle vara med bland valda platser
- bilflödena på primär- och sekundärvägen skulle vara så stora som möjligt
- korsande GC-flöden på primärvägen skulle vara så stora som möjligt

Plats 1 – 4 i tabell 3.1, plats 6 – 7 i tabell 3.2 samt plats 10, 11, 13 och 16 i tabell 3.3 valdes för att studeras. Platserna 1, 3 och 5 valdes bort för tidsmätningar för fordon på grund av dessa platser var mycket lika andra platser som skulle studeras.

Principskisser över alla typer av utvalda platser före och efter ombyggnaden framgår av bilaga B.

6.2 Passagetidsstudier

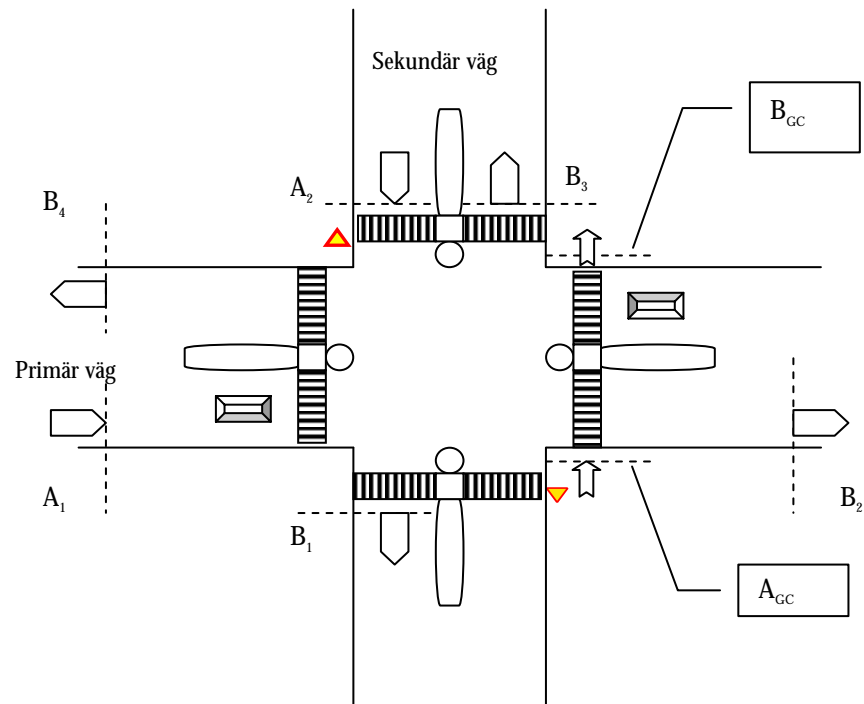
Det finns ett flertal olika metoder för att mäta tidsfördröjningen för trafikanter vid passage av korsningar eller friliggande GC-överfarter. Bender et al (1977) diskuterar olika metoder för beräkning av fotgängarfördröjning, bland annat den direkta observationsmetoden, vilken även är applicerbar för beräkning av fördröjningen för cyklisterna och bilister vid passage av korsningar.

Enligt direkt observationsmetoden observerar man en ström av GC-trafikanter som passerar över en gata och registrerar dessa trafikanters vänte- och övergångstid. Metoden är genomförbar genom filmning av platsen eller direkt mätning på platsen. Fördelen med denna metod är att alla typer av trafikanter med olika egenskaper kan studeras.

Alla de utvalda platserna videofilmades före och efter ombyggnaden. Videofilmningarna utfördes under arbetsdagar (en dag per plats) från 7:00 till 17:00 i september/oktober 1997 (före ombyggnaden) och september/oktober 1999 (efter ombyggnaden). Videokameran var så placerad att det inte påverkade trafikanternas beteende.

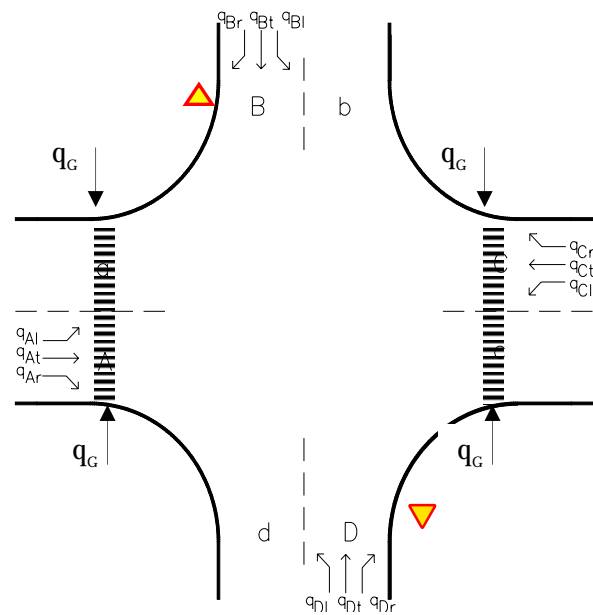
Passagetidsstudierna innebär att man mäter den tid det tar för en trafikant att förflytta sig från en punkt "A" före GC-överfarten/korsningen till en punkt "B" efter GC-överfarten/korsningen. Punkterna "A" och "B" skall i möjligaste mån ligga utanför GC-överfartens/korsningens influensområde och kunna ses i videoinspelningarna från före- och eftersituationen. En principskiss av de valda passagepunkterna framgår av figur 6.1. På den överordnade leden är A_1

ankomstpunkten och B_1 , B_2 och B_3 avgångspunkterna för högersvängande, raktframkörande respektive vänstersvängande fordon. På den underordnade leden är A_2 ankomstpunkten och B_4 , B_1 och B_2 avgångspunkterna för högersvängande, raktframkörande respektive vänstersvängande fordon. A_{GC} och B_{GC} är ankomst- respektive avgångspunkten för GC-trafikanterna.



Figur 6.1 Principskiss över mätpunkter för passagetidsstudier.

Eftersom avsikten har varit att studera fördröjningen för de olika trafikantkategorierna i korsningar eller vid en GC-överfart har mätningarna gjorts för alla trafikanter från olika trafikströmmar enligt figur 6.2.



Figur 6.2 Principskiss över valda trafikströmmar.

Tidsmätningar utfördes från videoinspelningarna under maxtimmen i alla utvalda platser före och efter det att dessa byggdes om. Såväl fordon som gående har detekterats manuellt med hjälp av tryckknapp då de passerat korsningen eller GC-överfarten enligt figur 6.1. Detekteringarna för GC-trafikanter har registrerats i en så kallad datalogg av typ TMS06. Detta är ett universalinstrument för i huvudsak trafikändamål, där samtidig information från upp till 32 kanaler kan lagras med en noggrannhet av 1/1000 sekund. Detekteringarna för fordon har registrerats i en PC med hjälp av vilken man kunde tidsbestämma alla intressanta händelser i korsningen. Bearbetning av registrerade tider för såväl GC-trafikanter som bilister gjordes med hjälp av egna program som är skrivna i programspråket Visual Basic. Skillnaden i fördröjningar erhålles efter databehandlingen av differenserna i passagetidpunkterna.

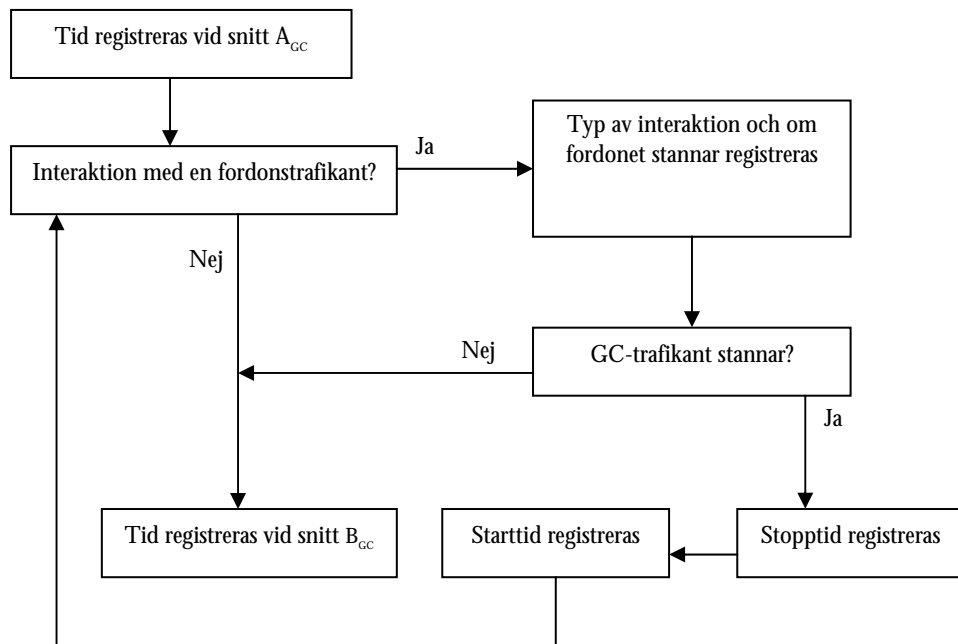
De olika händelser som uppmärksammades då en GC-trafikanter närmade sig överfarten på primärvägen var:

- passage av snittet uppströms (A_{GC})
- passage av snittet nerströms (B_{GC})
- GC-trafikanter stannade vid trottoarkanten vid ankomst
- GC-trafikanter stannade på mittrefugen
- Interaktion mellan GC-trafikanter och fordonstrafikanter, det vill säga om GC-trafikanter fick ändra sin färdhastighet på grund av fordonstrafikanter som närmade sig överfarten.

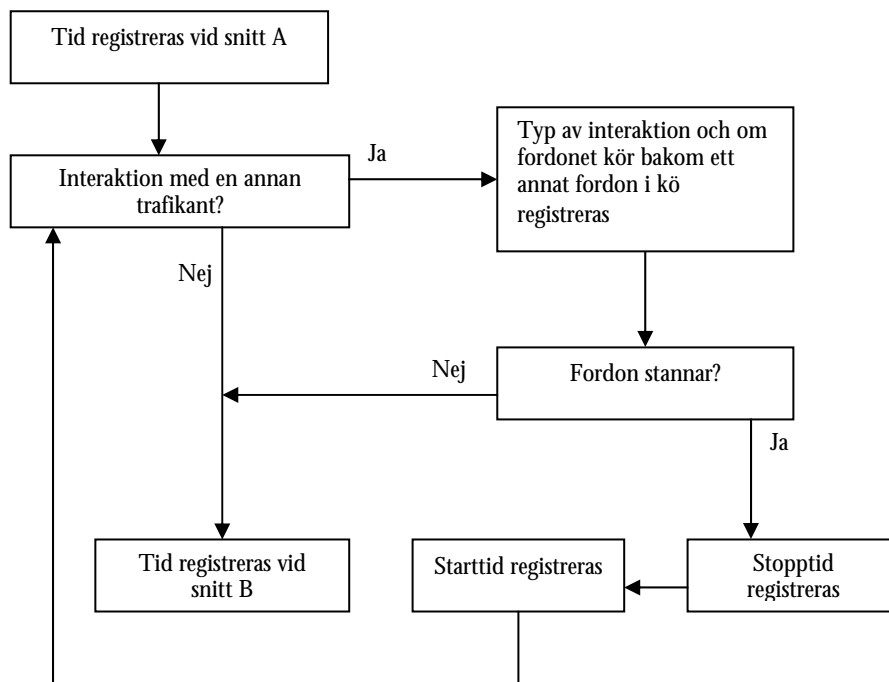
De olika händelser som uppmärksammades då en bil närmade sig korsningen på primärvägen var:

- passage av snittet uppströms (A_1 på primärvägen och A_2 på sekundärvägen) med fordonets främre del
- passage av snittet nerströms (B_1, B_2 och B_3 på primärvägen och B_1, B_2 och B_4 på sekundärvägen) med fordonets bakre del
- fordonet stannade på vägen mellan ankomstsnittet "A" och avgångssnittet "B"
- fordonet körde bakom ett annat fordon
- andra trafikanters närvaro
- fordonsslag: personbil, buss

I figur 6.3 och 6.4 visas ett flödesschema över hur kodningen för fordonstrafikanter respektive GC-trafikanter gått till.



Figur 6.3 Flödesschema för kodning för GC-trafikanter.



Figur 6.4 Flödesschema för kodning för fordonstrafikanter.

6.3 Förföljelsestudier

Avsikten med denna undersökningsmetod har varit att studera fördröjningen, förändring i avgasutsläppen och bensinförbrukningen för bilister när de kör längs med en sträcka där ett antal fysiska åtgärder förekommer efter varandra. När man söker bilisters restid längs med en lång sträcka får man använda sig av en metod som heter Bilförföljelsestudier. Metoden innebär att man med en instrumenterad bil följer efter slumpvis utvalda fordon. Föraren av mätbilen skall försöka i möjligaste mån efterlikna den förföljda bilens körbeteende. Mätbilen är vanligen utrustad med en datalogg som kontinuerligt registrerar den egna hastigheten och den körda sträckan. Utifrån registrerade data kan man efter databehandling få information om medelhastigheten, retardations- och accelerationsförloppet, körtider på sträckor mellan korsningar och eventuella väntetider.

Mätningarna med Bilförföljelsestudier genomfördes enbart längs med Hagagatan i Örebro före och efter ombyggnaden av platserna. Mätningarna gjordes under tre arbetsdagar från 7:00 till 18:00 i september 1997 (före ombyggnaden) och april 1999 (efter ombyggnaden). Den bil som användes vid båda tillfällena var en Volvo 850 till vilken kopplades en datalogg. Dataloggen utgick från de signaler i bilen som gick till hastighetsmätaren vilka ursprungligen kom från en pulsgivare som fanns i växellådan. Hastigheten och sträckan registrerades en gång i sekunden. Till

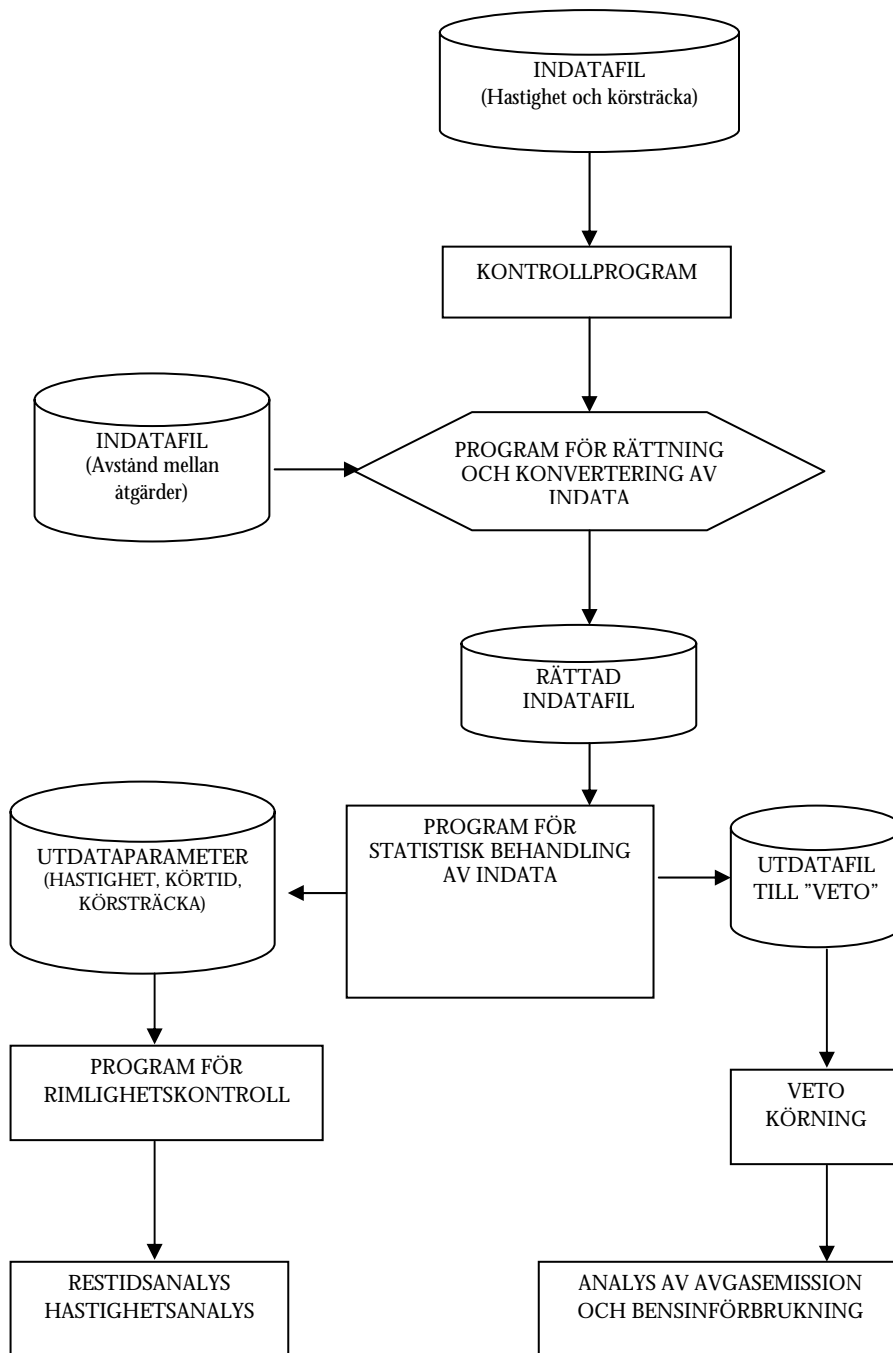
dataloggen kopplades även en bärbar dator med hjälp av vilken olika händelser registrerades och alla registrerade data lagrades.

Mätningarna genomfördes så att ett korsningsnummer/överfartsnummer så exakt som möjligt knappades in på datorn då fordonet passerade över korsningens mittlinje eller GC-överfarten. Korsnings- eller överfartsnumret som lagrades tillsammans med hastigheten och körsträckan i datorn användes som referenspunkt vid bearbetningen. Därigenom underlättades positionsbestämningen av mätfordonet. För positionsbestämning av mätfordonet behövde man enbart knappa in första referenspunkten i datorn om man hade information om avståndet mellan korsningarna. Totalt insamlades drygt 90.000 mätvärden på datorn från 293 personbilar som studerades, varav 108 före och 185 efter ombyggnaden av platserna. Mätningarna startades i någon av ändpunkterna av försökssträckan på Hagagatan (se figur 3.2). Start- och slutpunkterna valdes ca 40 meter före och efter försökssträckan. De förföljda bilarna valdes slumpvis (första fria förbipasserande personbil valdes). Mätningen avbröts då den förföljda bilen svängde ut från Hagagatan eller om den stannade för att parkera. Andelen lastbilar var så liten att dess insamlade kördata inte kunde användas inom denna studie. Eftersom stadsbussar stannade vid busshållplatser efter varje korsning eller GC-överfart var möjligheten att förfölja dem mycket begränsad.

Väderleksförhållandena var sådana att det ej bedömdes påverka resultaten varken av videofilmningar eller bilförföljelsestudier.

Utöver restiden kunde emissionsvärden från uppmätta körförlopp tas fram för CO, CO₂, HC, NO_x, partiklar och bränsleförbrukning med hjälp av VETO-modellen. VETO är ett dataprogram, utvecklat vid VTI (Statens väg- och transportforskningsinstitutet) för beräkning av transportkostnader som funktion av vägstandard. I detta ingår även en modell för beräkning av de nyssnämnda emissionsvärdena. Beräkning av emissionsvärdena i VETO-modellen baseras på mätningar från avgaslaboratorier (VTI-meddelande 501, 1987, Manual för VETO, 1988).

Mätdata från Bilförföljelsestudier bearbetades med hjälp av en PC i fyra steg enligt schema i figur 6.5. Analysmetoden innefattade inläsning, konvertering och rimlighetskontroll av mätdata. Bland annat kontrollerades att alla manuella tryckningar (referenspunkter i passerade korsningar) fanns med samt att köravståndet mellan tryckningarna överensstämde med den detaljerade uppmätningen av mätsträckorna. Vidare kontrollerades att stopp- eller startpulser inte saknades, att inga felaktiga knapptryckningar lagrats eller att det förekommit fel eller stora hopp i registrerade data. Registrerade data för varje enskilt fordon behandlades separat och analyserades längs med delsträckorna mellan åtgärderna. Analys och sammanställning av resultaten, dels för sträckor mellan åtgärderna och dels för hela Hagagatan, har gjorts med hjälp av egna program skrivna i Visual Basic och Matlab samt med ett program utvecklat på Institutionen skrivet i Matlab. En översikt över analyserna visas i figur 6.5.



Figur 6.5 Bearbetningsschema för restidsmätning, hastighetsprofil och beräkning av avgasemissionsvärden och bensinförbrukning.

6.4 Mätningarna av vägtrafikbuller

Avsikten med denna studie har varit att utföra en mätning av ekvivalent trafikbullernivå före och efter tillkomsten av åtgärden. På grund av projektets begränsade resurser valdes två av de åtgärdade platserna där det fanns flerfamiljehus i närheten. Platserna som valdes var på Skolvägen i korsningen Skolvägen/Bergavägen i Österåkers kommun och på Hagagatan i korsning Hagagatan/Älvtomtagatan i Örebro kommun.

Den ekvivalenta ljudnivån har registrerats under minst 500 bilpassager, varefter mätvärdet har räknats om till dygnsmedelvärde, **dygnskvivalent ljudnivå**. Omräkningen har skett med hjälp av trafikstatistik som erhållits från respektive kommun. Mätresultatet påverkas då ej av att trafikintensiteten är olika vid olika mättillfällen, eftersom beräkningsmetoden tar hänsyn till mättid och trafikmängd vid mättillfället.

Mätningarna av den ekvivalenta trafikbullernivån genomfördes av Ingemansson Technology AB enligt Statens Naturvårdsverk, Rapport 3298 "Buller från vägtrafik".

7 Resultat

En resultatsammanställning från passagetidsstudier och bilförföljelsestudier återfinns i bilaga C och D.

Förändringar i framkomligheten för GC-trafikanter redovisas i form av medelpassage- och medelstopptider samt andel stannande trafikanter. För bilister redovisas framkomlighetsförändringarna i form av medelpassagetider, geometrisk- och interaktionsfördröjning samt andel stannande trafikanter. För raktframkörande bilister på överordnad led på Hagagatan i Örebro redovisas framkomlighetsförändringar även i form av förändringar i medelhastighetsprofilen och medelpassagetiden längs med sträckorna mellan åtgärdade platser.

Den totala skillnaden i fördröjningen (D_t), skillnaden i den geometriska fördröjningen (D_g) och skillnaden i interaktionsfördröjningen (D_i), förorsakade av vägkuddarna, för bilister beräknas enligt följande formler.

$$D_t = T_{\text{total efter}} - T_{\text{total före}}$$

$$D_g = T_{\text{utan efter}} - T_{\text{utan före}}$$

$$D_i = (T_{\text{total efter}} - T_{\text{utan efter}}) - (T_{\text{total före}} - T_{\text{utan före}}) = D_t - D_g$$

där,

$T_{\text{total före}}$ = Medelpassagetiden för alla observerade bilister före ombyggnaden (inkluderar passager med och utan interaktion).

$T_{\text{total efter}}$ = Medelpassagetiden för alla observerade bilister efter ombyggnaden (inkluderar passager med och utan interaktion).

$T_{\text{utan före}}$ = Medelpassagetiden för de bilister som inte interagerar med någon trafikant före ombyggnaden.

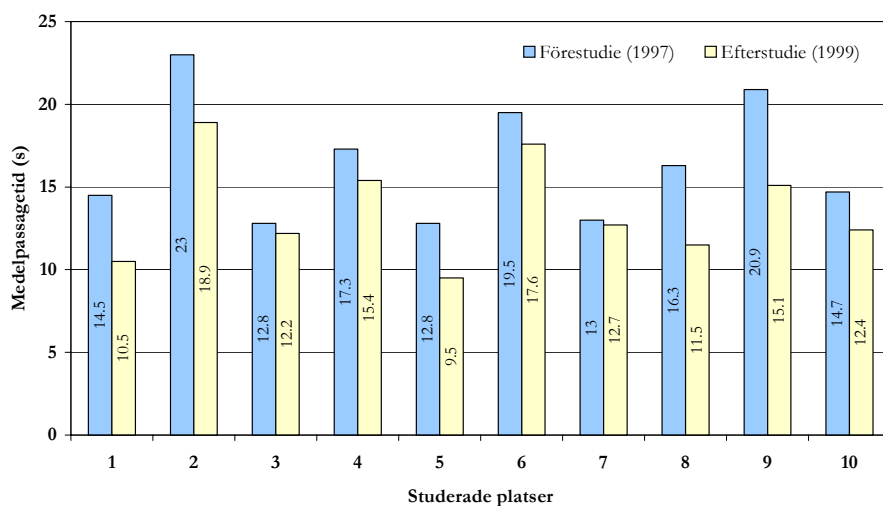
$T_{\text{utan efter}}$ = Medelpassagetiden för de bilister som inte interagerar med någon trafikant efter ombyggnaden.

Enligt den ovan beskrivna beräkningsmetoden för skillnaden i fördröjningen kommer att den totala skillnaden i fördröjningen (D_t) vara lika stor som summan av skillnaden i den geometriska och skillnaden i interaktionsfördröjningen. Men enligt de teoretiska beräkningsmodellerna i CAPCAL2 är den totala skillnaden i fördröjningen större eller lika med summan av skillnaden i den geometriska och skillnaden i interaktionsfördröjningen.

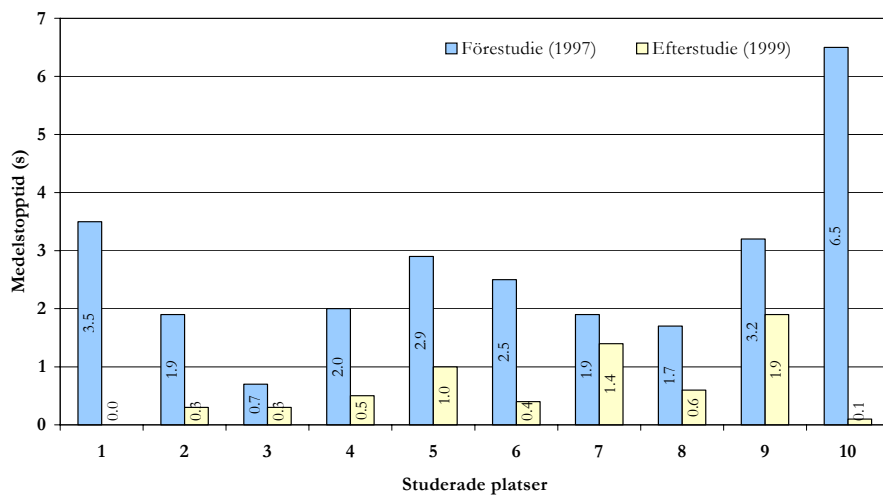
7.1 Framkomligheten för GC-trafikanter

7.1.1 Framkomligheten för fotgängare

I figurerna 7.1 och 7.2 redovisas medelpassage- och medelstoppetiderna för fotgängare på alla undersökta platser.



Figur 7.1 Medelpassagetider i sekunder för alla observerade fotgängare vid passage av huvudgatan.

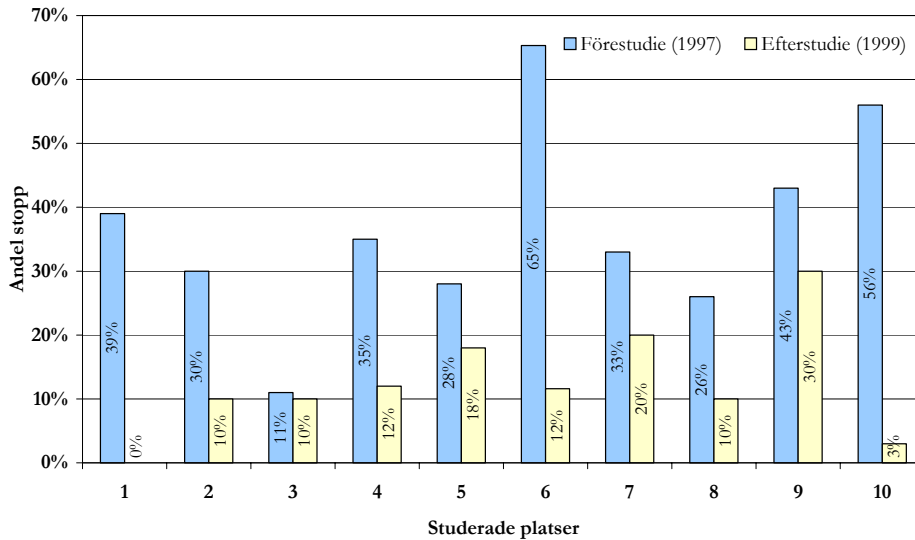


Figur 7.2 Medelstoppetider i sekunder för alla observerade fotgängare vid passage av huvudgatan.

Resultat

Som framgår av figurerna minskade både medelpassagetider och medelstopptider för fotgängare som korsar gatan efter ombyggnaden på alla studerade platser. Medelpassagetiderna över gatan minskade för fotgängare med mellan 2 och 29 procent efter ombyggnaden. Den största minskningen, som i absoluta tal är 4,8 sekunder, var på plats 8 som ligger i en fyrvägs korsning på Älvtomtagatan/Karlskatan i Örebro. Minskningarna är statistiskt signifikanta på 95 % nivån på alla platser förutom plats nummer 7 och 9 enligt t-test (se bilaga F).

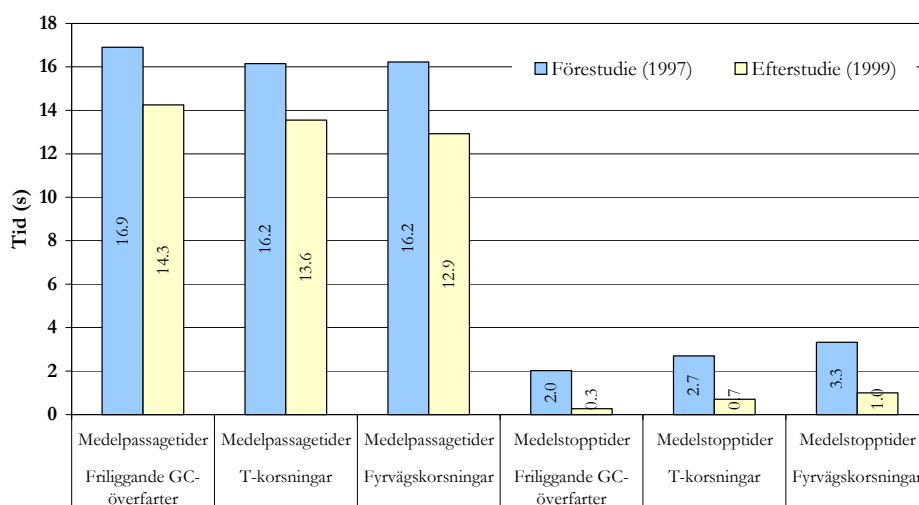
Medelstopptiden för fotgängare minskade från 3,5 sekunder till noll på plats nummer ett som ligger vid en friliggande GC-överfart. På de övriga platserna minskade medelstopptiden med mellan 26 och 97 procent efter ombyggnaden. T-testet visade att minskningarna på plats nummer 3 och 5 samt 7 till 9 inte är statistiskt signifikanta på 95 % nivån.



Figur 7.3 Andel stoppande fotgängare vid passage av huvudgatan.

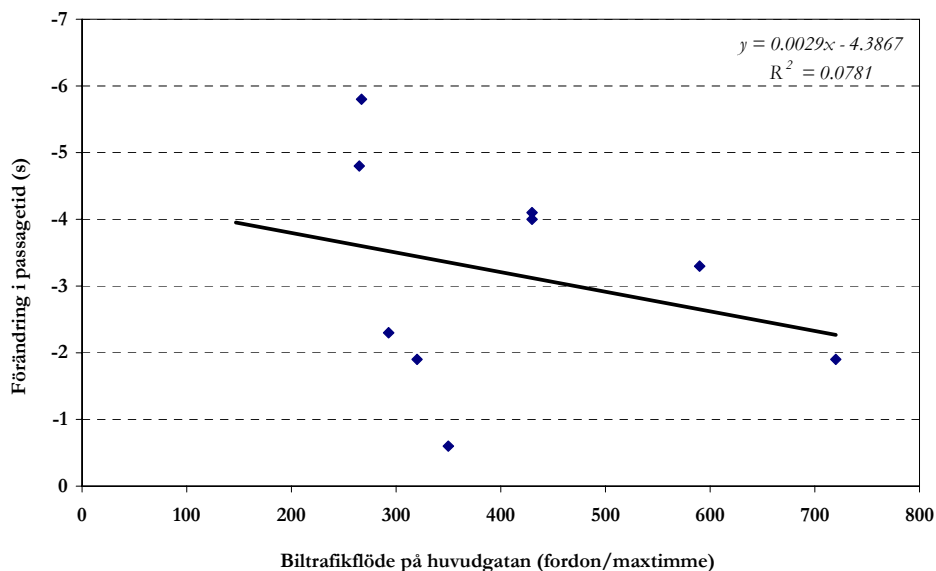
Figur 7.3 visar att andel stoppande fotgängare vid passage av huvudgatan minskade i alla studerade platser. På plats nummer 1 behövde ingen fotgängare stanna för att korsa gatan och på de övriga platserna minskade andelen stannande fotgängare med mellan 9 och 95 procent.

Resultat



Figur 7.4 Medelpassage- och medelstopptider för fotgängare i olika typer av korsningar med markerat övergångsställe.

En sammanställning av medelpassage- och medelstopptider för fotgängare i olika typer av korsningar enligt figur 7.4 visar att dessa minskade på alla studerade platser. Medelpassagetiderna minskade mest i fyrvägskorsningar och medelstopptiderna minskade mest vid friliggande GC-överfarter. I det förstnämnda fallet var minskningen 20 procent och i det andra fallet 86 procent.

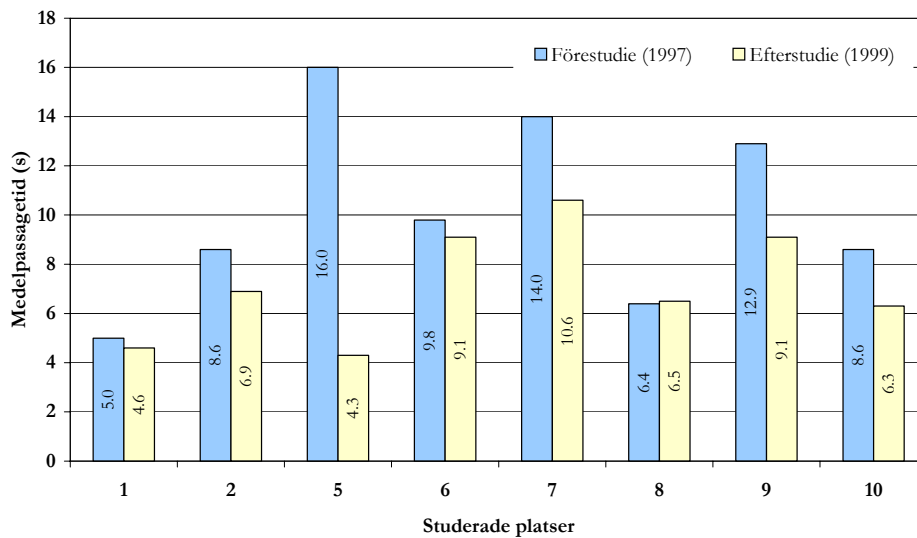


Figur 7.5 Sambandet mellan förändringen i passagetider för fotgängare som skall korsa en huvudgata och biltrafikflöde på huvudgatan.

Av figur 7.5 framgår att det finns ett samband mellan förändringen i passagetider för fotgängare som vill korsa huvudgatan och biltrafikflödet på huvudgatan. Det kan konstateras att tidsvinsten för dessa trafikanter minskar när biltrafikmängden på huvudgatan ökar.

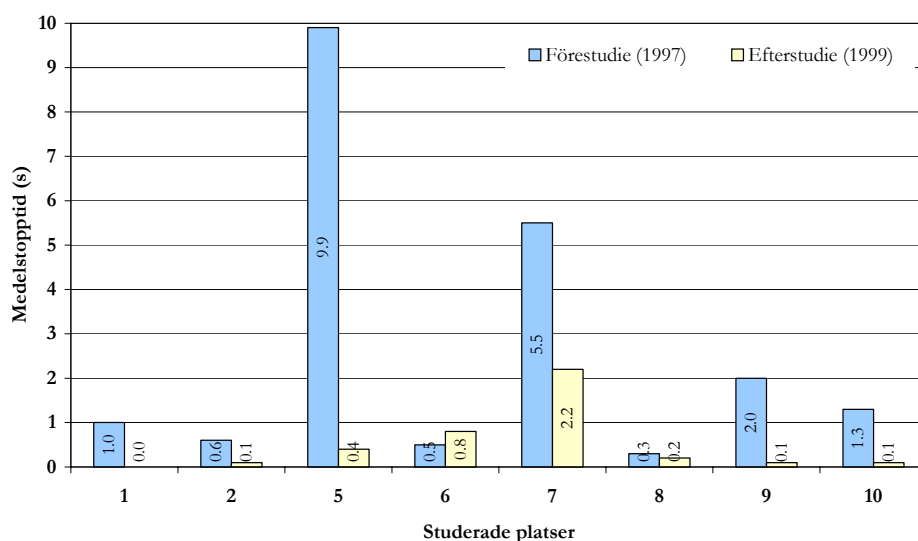
7.1.2 Framkomligheten för cyklister

I figurerna 7.6 och 7.7 nedan redovisas medelpassage- och medelstopptiderna för cyklister på alla undersökta platser där det fanns cykelöverfart.



Figur 7.6 Medelpassagetider för alla observerade cyklister som korsar huvudgatan.

Resultat

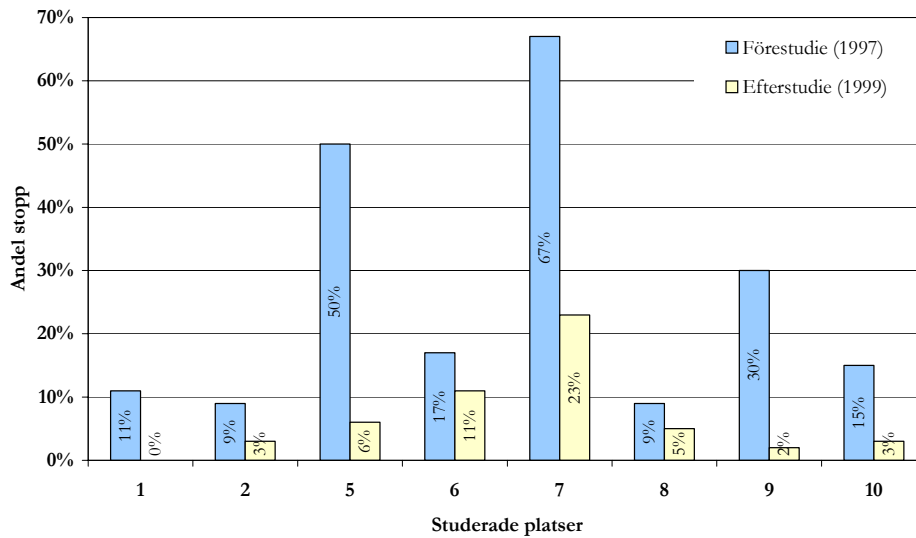


Figur 7.7 Medelstoptider för alla observerade cyklister som korsar huvudgatan.

Figurerna visar att medelpassagetiderna för cyklister minskade då dessa trafikanter korsade gatan efter ombyggnaden på alla studerade platser förutom på plats nummer 8 som visar en ökning på 0,1 sekunder. Medelpassagetiderna över gatan minskade för cyklister med mellan 7 och 73 procent efter ombyggnaden. Den största minskningen, som i absoluta tal är 11,7 sekunder, var på plats nummer 5 som ligger i en trevägskorsning på Teknikvägen i Stockholm. Att minskningen i medelstoptiden på denna plats är så extremt stor kan bero på att antal observationer är få.

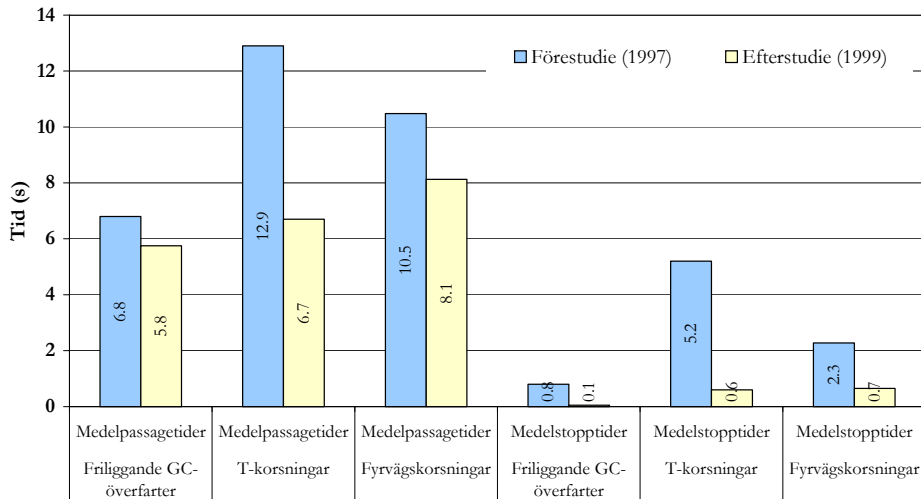
Medelstoptiden för cyklister minskade till noll på plats nummer 1 som ligger vid en friliggande GC-överfart. På de övriga platserna minskade medelstoptiden med mellan 33 och 96 procent efter ombyggnaden. Förändringen i medelpassage- och medelstoptiderna är inte statistiskt signifikanta för platserna 5 till 8.

Resultat



Figur 7.8 Andel stoppande cyklister vid passage av huvudgatan.

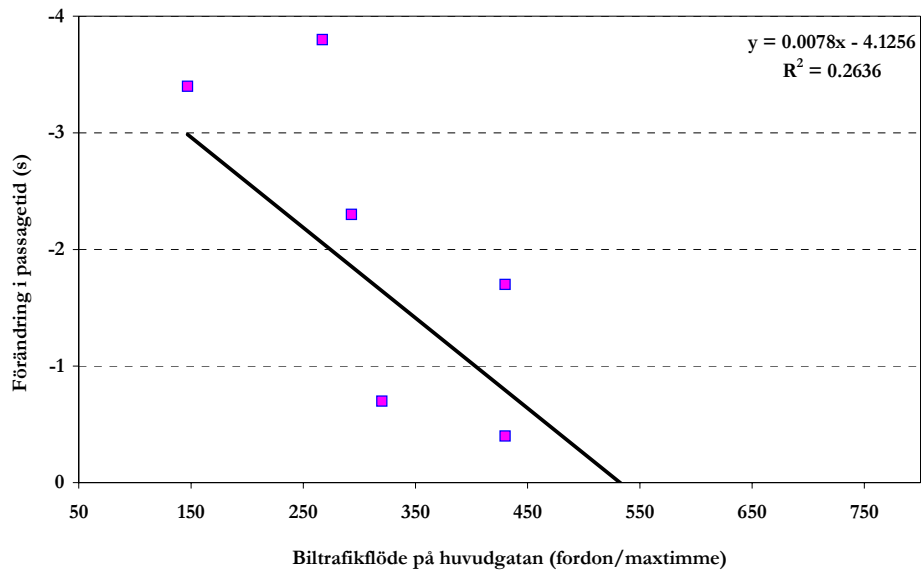
Figur 7.8 visar att andel stoppande cyklister vid passage av huvudgatan minskade på alla studerade platser. På plats nummer 1 behövde inga cyklister stanna för att korsa gatan och på de övriga platserna minskade andel stannande cyklister med mellan 35 och 93 procent.



Figur 7.9 Medelpassage- och medelstopptider för cyklister i olika typer av korsningar.

Resultat

En sammanställning av medelpassage- och medelstopptider (oviktat medelvärde) för cyklister i olika typer av korsningar enligt figur 7.9 visar att dessa minskade på alla studerade platser. Medelpassagetiderna minskade mest i trevägskorsningar, med 48 procent och medelstopptiderna minskade mest vid friliggande GC-överfarter, med 94 procent.



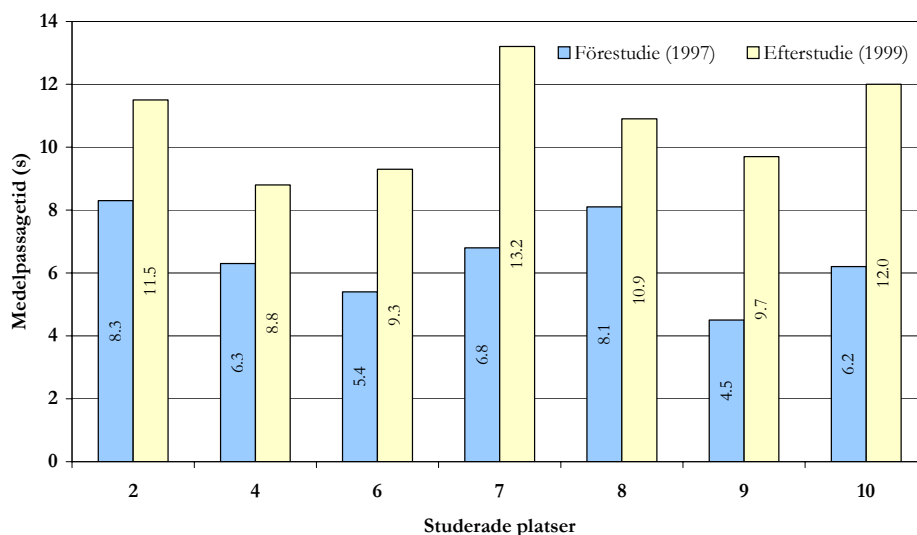
Figur 7.10 Sambandet mellan förändringen i passagetider för cyklister som skall korsa en huvudgata och biltrafikflöde på huvudgatan.

Av figur 7.10 framgår att det finns ett samband mellan förändringen i passagetider för cyklister som vill korsa huvudgatan och biltrafikflödet på huvudgatan. Det kan konstateras att tidsvinsten för dessa trafikanter minskar när biltrafikmängden på huvudgatan ökar.

7.2 Framkomligheten för bilister på överordnad led

7.2.1 Framkomligheten för raktframkörande bilister på överordnad led

I figur 7.11 nedan redovisas medelpassagetiderna för raktframkörande bilister på överordnad led.



Figur 7.11 Medelpassagetider för alla observerade raktframkörande bilister på överordnad led.

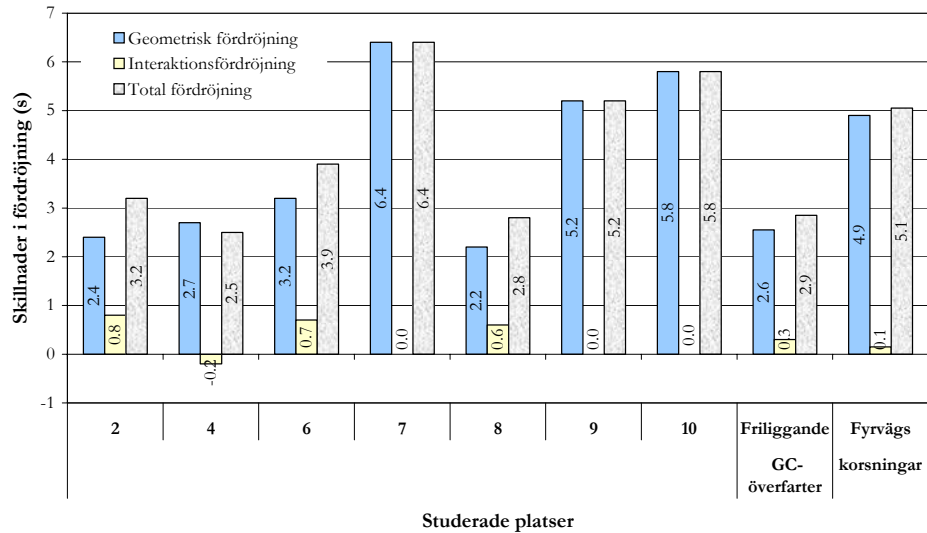
Av figuren framgår att tidsförbrukningen för raktframkörande bilister på överordnad led ökade vid passage av alla studerade platser efter att dessa byggts om. Medelpassagetiderna ökade med mellan 35 och 116 procent. Den största ökningen, som i absoluta tal är 5,2 sekunder, var på plats 9 som ligger i en fyrvägskorsning på Hagagatan/O.E. Andersson i Örebro.

Medelstopptiden ökade med mellan 0,2 och 0,5 sekunder på fyra av de studerade platserna medan den var nästan oförändrad på de övriga platserna (se bilaga C).

Ökningarna i tidsförbrukningen är statistiskt signifikanta på 95 % nivån på alla studerade platser enligt t-test (se bilaga F).

Figur 7.12 visar förändringen i tidsförbrukningen uppdelad i den geometriska och interaktionsfördröjningen samt den totala fördröjningen.

Resultat

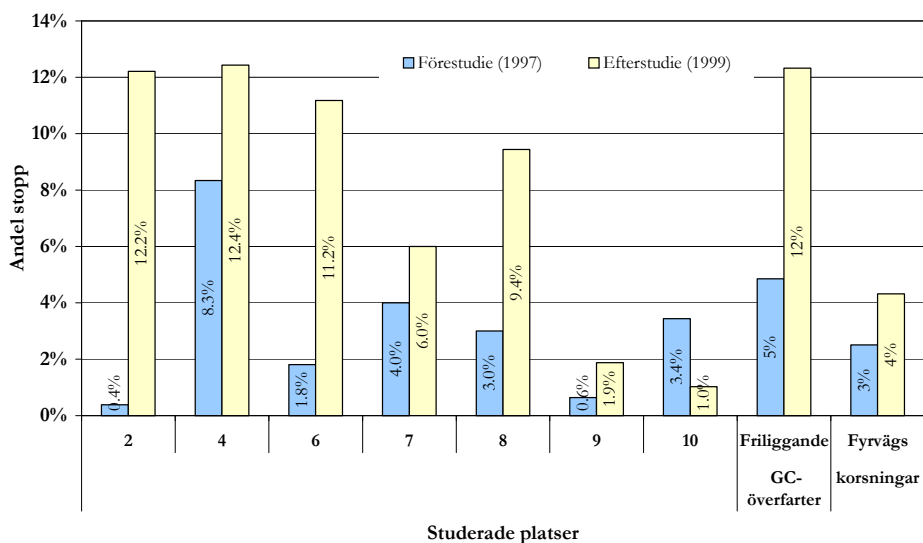


Figur 7.12 Förändringen i medelfördröjning för alla observerade raktframkörande bilister på överordnad led.

Resultaten visar att den geometriska fördröjningen ökade på alla studerade platser och stod för den största delen av den totala fördröjningen. På platserna 7, 9 och 10 stod den geometriska fördröjningen för hela den totala fördröjningen. Interaktionsfördröjningen stod bara för en liten del av den totala fördröjningen och på plats nummer 4 har den till och med minskat.

Medelfördröjningarna (oviktat medelvärde enligt tabell 3 och 4 i bilaga C) för raktframkörande bilister på överordnad led ökade såväl vid friliggande GC-överfarter som i fyrvägskorsningar. Skillnader i medelpassagetiderna, det vill säga den totala fördröjningen, ökade mest i fyrvägskorsningar (med 79 procent).

Resultat



Figur 7.13 Andel stannande raktframkörande bilister på överordnad led på alla studerade platser.

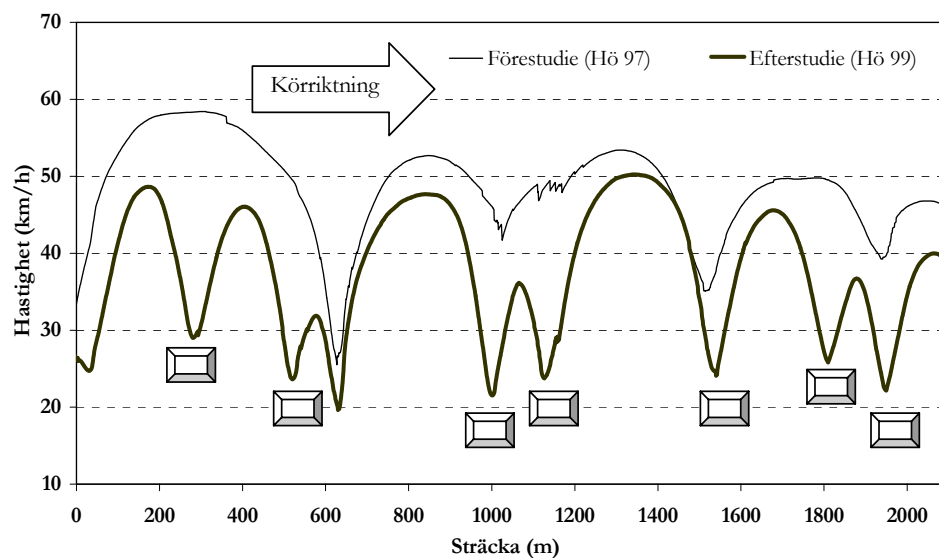
Figur 7.13 visar att andelen stannande raktframkörande bilister på överordnad led ökade kraftigt på alla studerade platser förutom på plats nummer 10 där andelen minskade med 70 procent. Andel stannande bilister ökade mest vid friliggande GC-överfarter jämfört med i fyrvägskorsningar.

Figur 7.15 och 7.16 visar sammanställning av resultatet från hastighetsmätningarna genom bilföljelsestudier i form av medelhastighetsprofiler för de olika körriktningarna på Hagagatan i Örebro. Reshastighetsprofilerna har sammanställts genom att beräkna medelvärdet på de enskilda bilarnas reshastigheter på varje meter. De ombyggda platserna på Hagagatan är orienterade enligt figur 7.14.

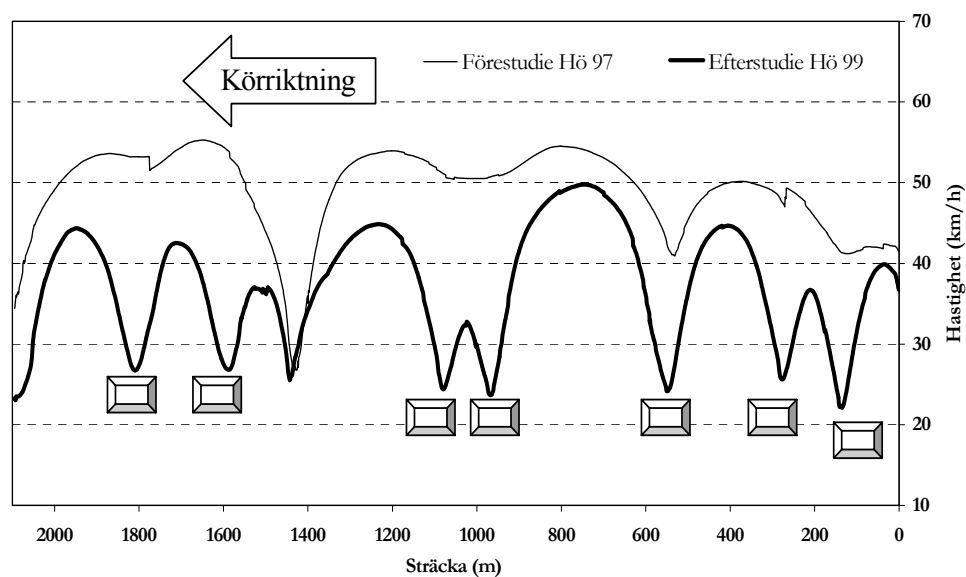


Figur 7.14 Karta över försökssträckan med lokalisering av åtgärdade platser på Hagagatan i Örebro.

Resultat



Figur 7.15 Medelhastighetsprofil, för raktframkörande bilister längs med Hagagatan i Örebro i färdriktning mot centrum.

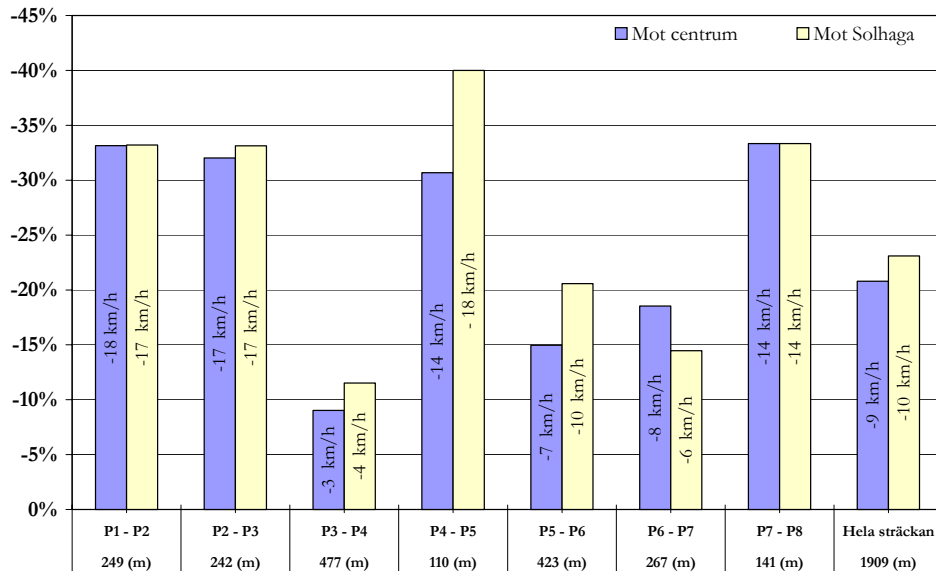


Figur 7.16 Medelhastighetsprofil, för raktframkörande bilister längs med Hagagatan i Örebro i färdriktning mot Solhaga.

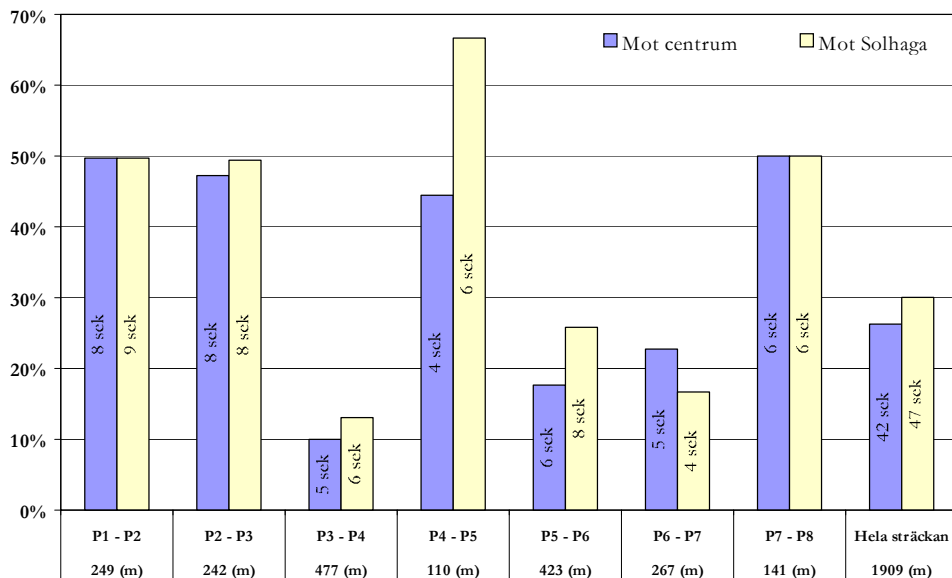
Av figurerna framgår att medelhastigheten efter ombyggnaden av Hagagatan minskade både vid de ombyggda platserna och på sträckorna mellan dessa.

Resultat

Figur 7.17 och 7.18 visar den procentuella förändringen av medelshastighet och tidsförbrukning för raktframkörande bilister på sträckor mellan åtgärdade platser längs med Hagagatan, sammanställt från mätningarna genom bilföljelsestudier i bilaga D.



Figur 7.17 Procentuell förändring av medelshastigheten för raktframkörande bilister längs med Hagagatan. P_i avser försöksplats i.



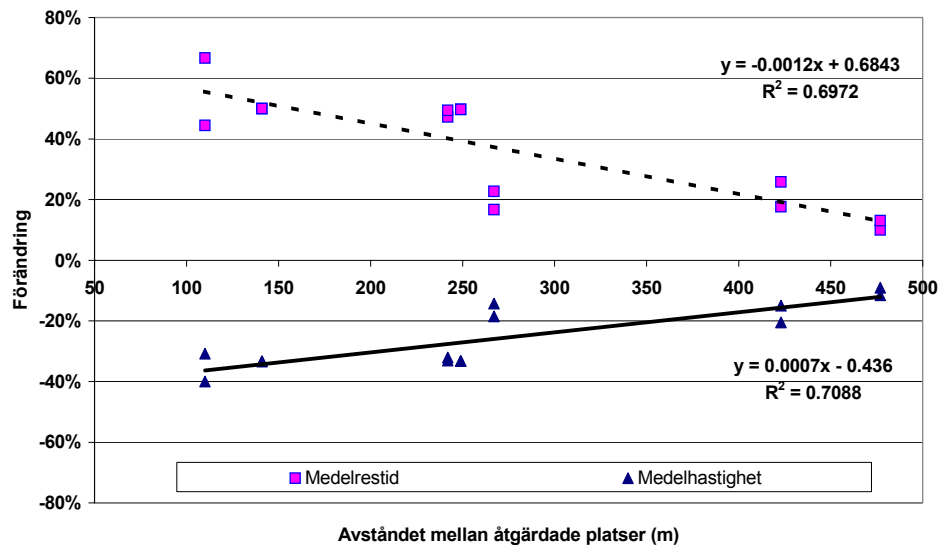
Figur 7.18 Procentuell förändring av tidsförbrukningen för raktframkörande bilister på sträckor mellan åtgärdade platser längs med Hagagatan. Siffrorna inom staplarna visar förändringen i absoluta tal. P_i avser den ombyggda platsen i.

Resultat

Resultaten visade att medelhastigheten minskade med mellan 9 och 33 procent, vilket i absoluta tal motsvarar 3,1 respektive 17,8 km/timme, i riktning mot centrum. Motsvarande hastighetsminskning i riktning mot Solhaga uppgick till mellan 12 och 40 procent, vilket i absoluta tal är 4,3 respektive 17,6 km/timme. Hastighetsminskningen för hela sträckan uppgick till 9,2 och 10,1 km/timme i riktning mot centrum respektive mot Solhaga.

Man kan konstatera att den minsta procentuella förändringen är på de längsta sträckorna.

Resultaten visade att tidsförbrukningen per delsträcka ökade med mellan 10 och 50 procent, vilket i absoluta tal är 5 respektive 8 sekunder, i riktning mot centrum. Förändringen av tidsförbrukningen i riktning mot Solhaga per delsträcka uppgick till mellan 13 till 67 procent vilket i absoluta tal är 6 sekunder i båda fallen. Tidsförbrukningen för hela sträckan i riktningen mot centrum ökade i genomsnitt med 42 sekunder från sitt ursprungliga värde på 160 sekunder, medan den ökade i riktningen mot Solhaga med 47 sekunder från sitt ursprungliga värde på 156 sekunder.

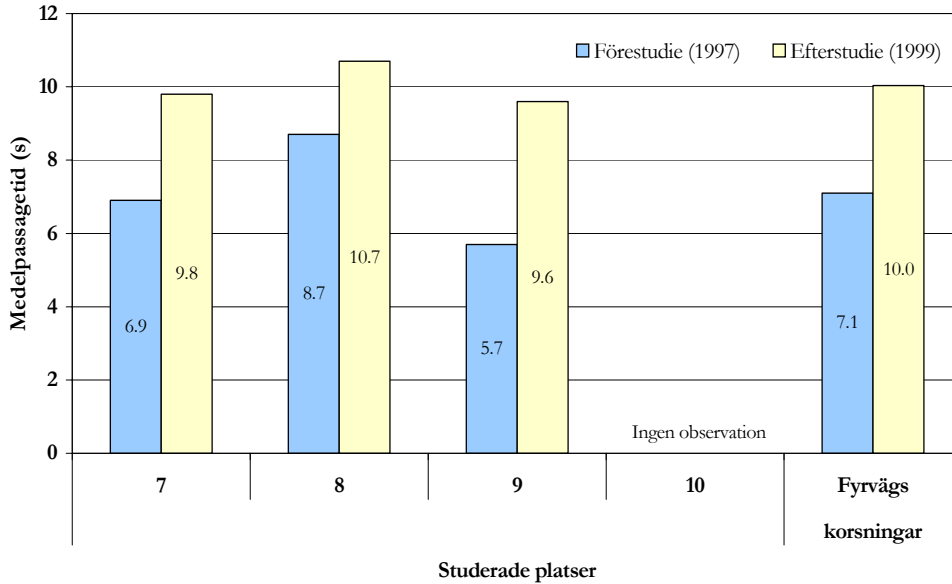


Figur 7.19 Förändringar i medelhastighet och medelrestid för raktframkörande bilister i funktion av sträckor mellan åtgärdade platser längs med Hagagatan.

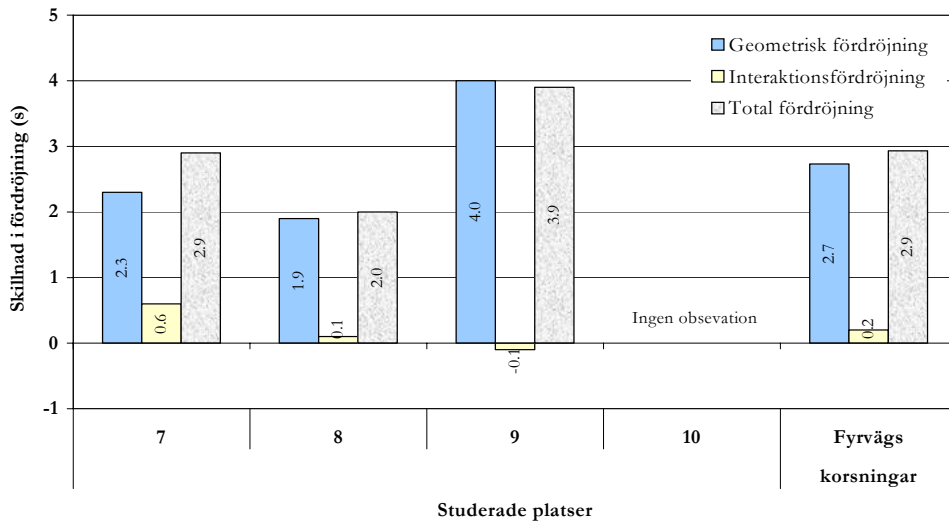
Av figur 7.19 framgår att hastigheterna ökar med avståndet mellan de åtgärdade platserna och som en följd av hastighetsminskningarna ökar restiden med minskande avstånd mellan åtgärdade platser.

7.2.2 Framkomligheten för högersvängande bilister från överordnad led

I figur 7.20 och 7.21 redovisas medelpassagetiderna respektive medelfördröjningen för högersvängande bilister på överordnad led.



Figur 7.20 Medelpassagetider för alla observerade högersvängande bilister på överordnad led i fyrvägskorsningar.



Figur 7.21 Skillnader i medelfördröjning för alla observerade högersvängande bilister på överordnad led i fyrvägskorsningar.

Resultat

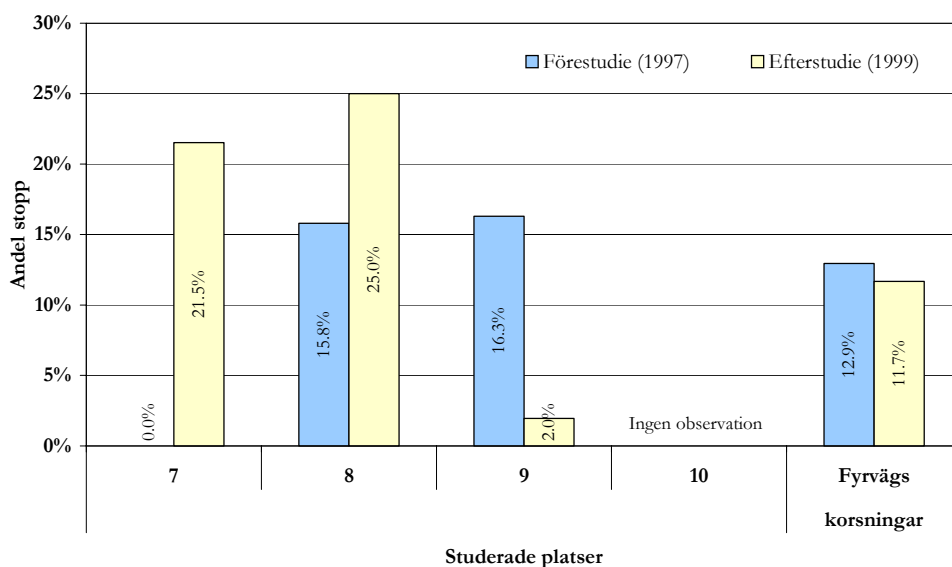
Av figurerna framgår att tidsförbrukningen ökade för högersvängande bilister på överordnad led i fyrvägs korsningar efter att dessa byggts om. Medelpassagetiderna ökade med mellan 23 och 68 procent. Den största ökningen, som i absoluta tal är 3,9 sekunder, var på plats 9 som ligger i en fyrvägs korsning på Hagagatan/O.E. Andersson i Örebro.

Medelstoppetiderna ökade med 0,4 och 0,8 sekunder på platserna 7 och 8 men minskade med 0,4 sekunder på plats nummer 9.

Förändringen i medelpassage- och medelstoppetiderna är statistiskt signifikanta på 95 %-nivån enligt t-test på alla studerade platser.

Resultaten visade att den geometriska fördröjningen ökade på alla studerade platser och stod för den största delen av den totala fördröjningen. På plats 9 stod den geometriska fördröjningen för hela den totala fördröjningen. Interaktionsfördröjningen stod för en liten del av den totala fördröjningen och på plats nummer 9 har den till och med minskat.

Den totala fördröjningen (oviktat medelvärde enligt tabellerna 5 och 6 i bilaga C) för högersvängande bilister på överordnad led ökade med 41 procent i fyrvägs korsningar.

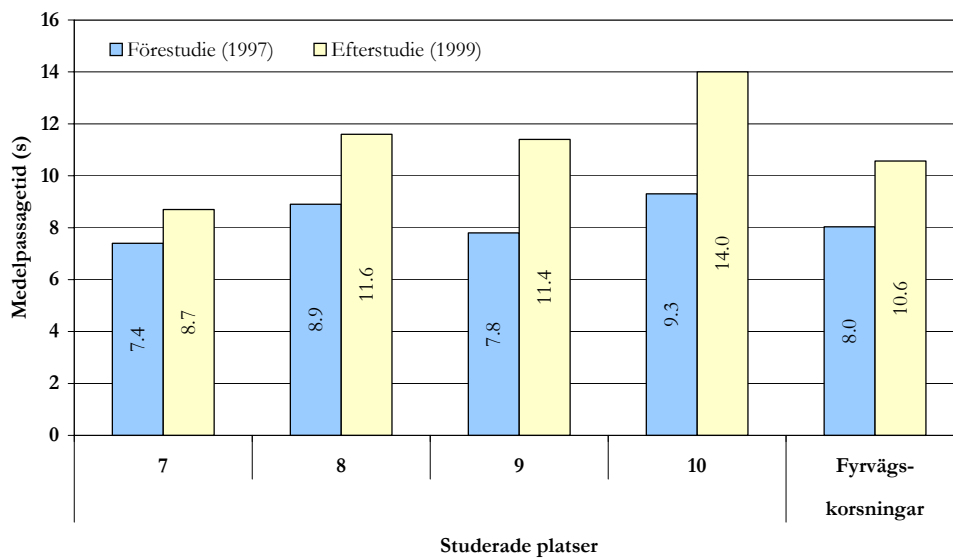


Figur 7.22 Andel stannande högersvängande bilister på överordnad led.

Figur 7.22 visar att andelen stannande högersvängande bilister på överordnad led ökade på två och minskade på en av de studerade platserna. Totalt sett minskade andel stannande bilister med 9,3 procent i fyrvägs korsningar.

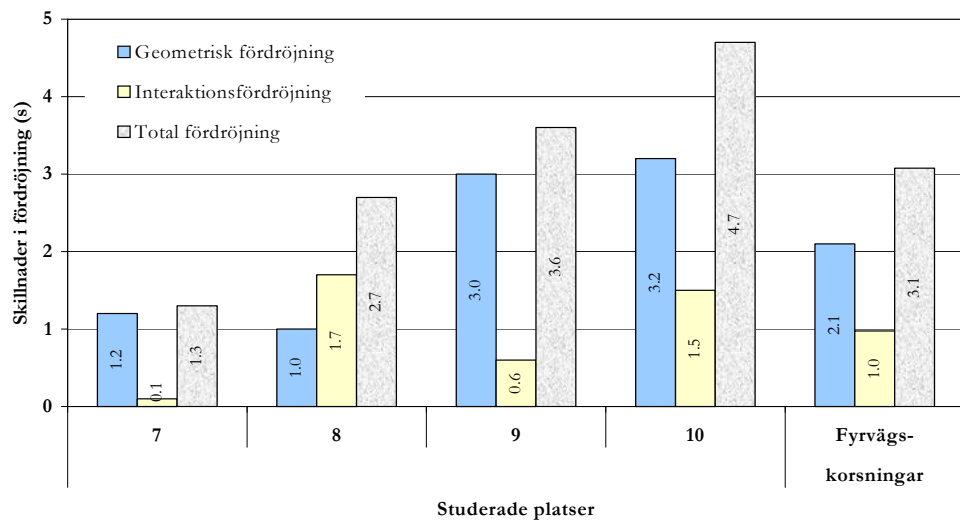
7.2.3 Framkomligheten för vänstersvängande bilister från överordnad led

I figur 7.23 och 7.24 redovisas medelpassagetider respektive medelfördröjning för vänstersvängande bilister på överordnad led på studerade platser.



Figur 7.23 Medelpassagetider för alla observerade vänstersvängande bilister på överordnad led i fyrvägs korsningar.

Resultat



Figur 7.24 Skillnader i medelfördröjning för alla observerade vänstersvägande bilister på överordnad led i fyrvägs-korsningar.

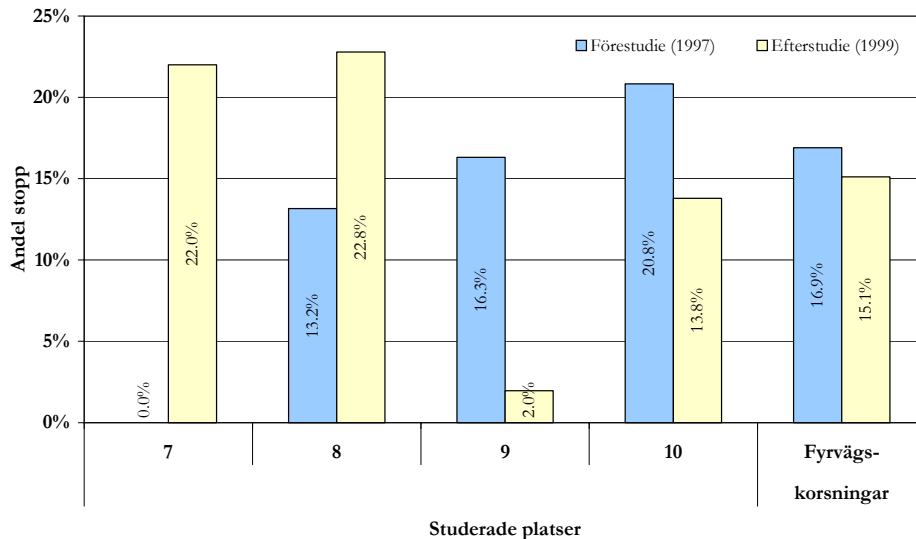
Av figurerna framgår att tidsförbrukningen för vänstersvägande bilister på överordnad led ökade i fyrvägs-korsningar efter att dessa byggts om. Medelpassagetiderna ökade med mellan 18 och 51 procent. Den största ökningen, som i absoluta tal är 4,7 sekunder, var på plats 10 som ligger i en fyrvägs-korsning på Hagagatan/Älvtomtagatan i Örebro. Förändringen i medelpassagetiderna är statistiskt signifikant på 95 %-nivån enligt t-test på alla studerade platser.

Medelstopptiderna ökade med 0,6 sekunder på plats nummer 8 men minskade med 0,3 sekunder på plats nummer 9 och 10. På plats nummer 7 var den oförändrad. Förändringen i medelstopptiderna är dock inte statistiskt signifikant på någon av dessa platser.

Resultaten visade att såväl den geometriska som interaktionsfördröjningen ökade på alla studerade platser. Den geometriska fördröjningen stod för den största delen av den totala fördröjningen dock med undantag för plats nummer 8.

Resultat

Den totala fördröjningen (oviktat medelvärde enligt tabellerna 7 och 8 i bilaga C) för vänstersvägande bilister på överordnad led ökade i genomsnitt med 32 procent, vilket i absoluta tal är 2,5 sekunder i fyrvägs korsningar.



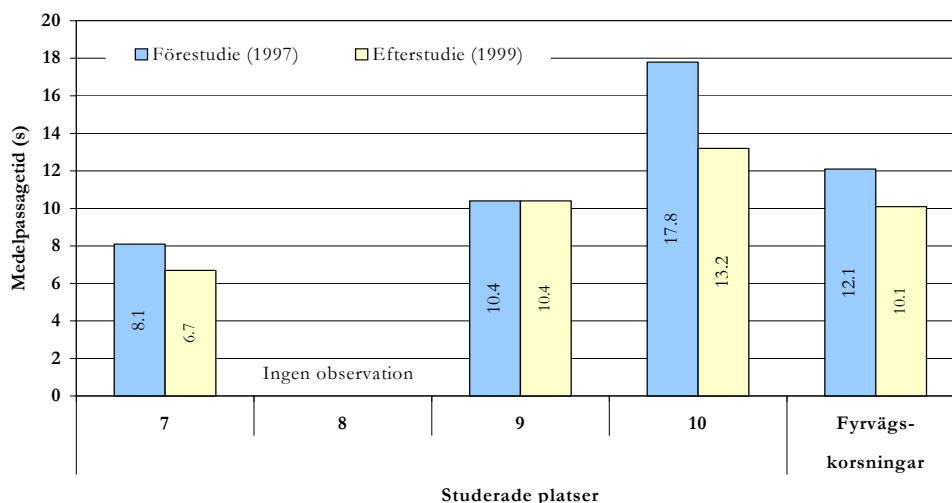
Figur 7.25 Andel stannande vänstersvägande bilister på överordnad led i fyrvägs korsningar.

Figur 7.25 visar att andel stannande vänstersvägande bilister på överordnad led ökade i två av studerade fyrvägs korsningar och minskade i de två andra. Totalt minskade andel stannande bilister i genomsnitt med 10,7 procent i fyrvägs korsningar.

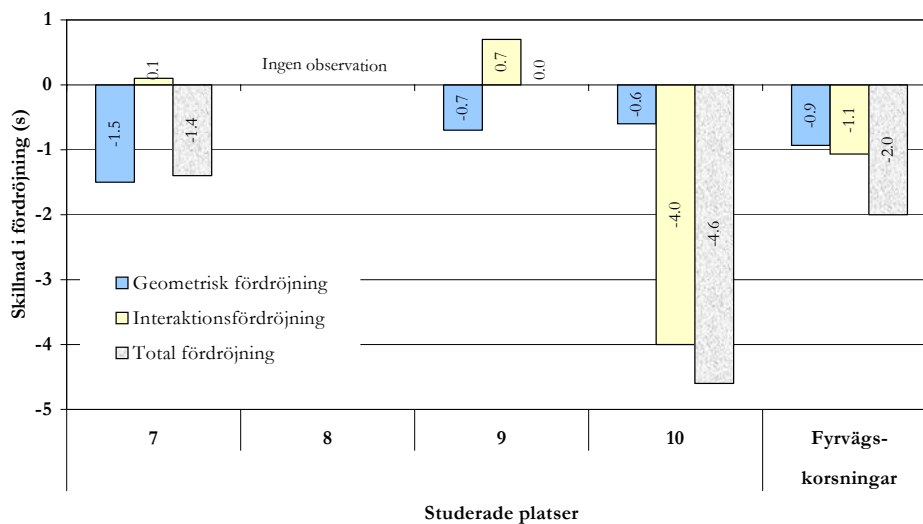
7.3 Framkomligheten för bilister på underordnad led

7.3.1 Framkomligheten för raktframkörande bilister på underordnad led

I figur 7.26 och 7.27 redovisas medelpassagetider respektive medelfördröjning för raktframkörande bilister på underordnad led på studerade platser.



Figur 7.26 Medelpassagetider för alla observerade raktframkörande bilister på underordnad led i fyrvägskorsningar.



Figur 7.27 Skillnader i medelfördröjning för alla observerade raktframkörande bilister på underordnad led i fyrvägskorsningar.

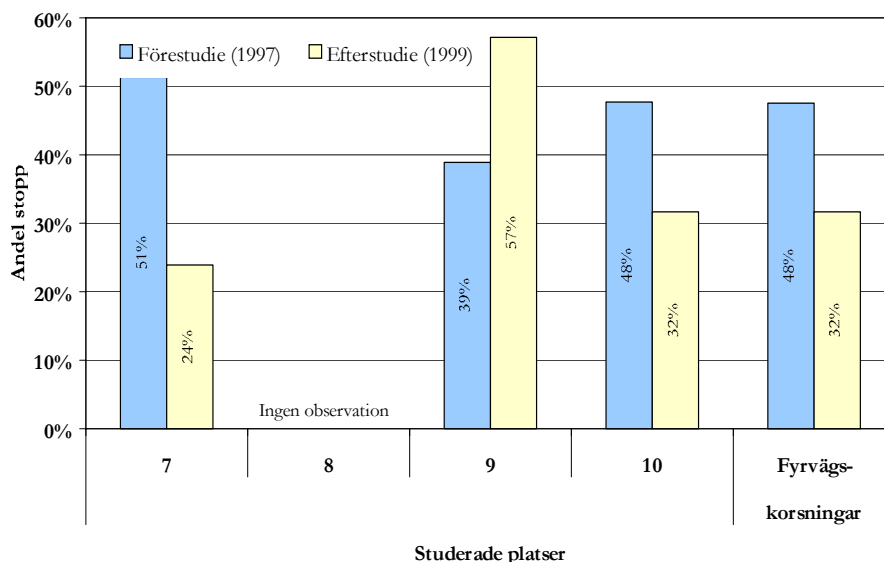
Resultat

Av figurerna framgår att tidsförbrukningen för raktframkörande bilister på underordnad led minskade på platserna 7 och 10 med 17 respektive 26 procent efter att dessa byggts om. På plats 9 var medelpassagetiden oförändrad. Den största minskningen, som i absoluta tal är 4,6 sekunder, var på plats 10 som ligger i en fyrvägs korsning på Hagagatan/Ålvtomtagatan i Örebro. Förändringen i medelpassagetiderna är enligt t-test statistiskt signifikanta på 95 % nivån på platserna 7 och 10 men inte på plats 9.

Medelstopptiderna minskade i alla korsningar med mellan 0,1 och 1,9 sekunder. Förändringen i medelstopptiderna är endast statistiskt signifikant på plats nummer 10.

Resultaten visade att den geometriska fördröjningen minskade på alla studerade platser med mellan 0,7 och 1,5 sekunder i medeltal. Den geometriska fördröjningen stod för den största delen av den totala fördröjningen på plats nummer 7. Interaktionsfördröjningen varierade olika mellan de studerade korsningarna. På plats nummer 7 och 8 ökade interaktionsfördröjningen men på plats 10 minskade den med 4 sekunder.

Den totala fördröjningen (oviktat medelvärde enligt tabellerna 9 och 10 i bilaga C) för raktframkörande bilister på underordnad led minskade i genomsnitt med 17 procent, vilket i absoluta tal är 2 sekunder i fyrvägs korsningar.

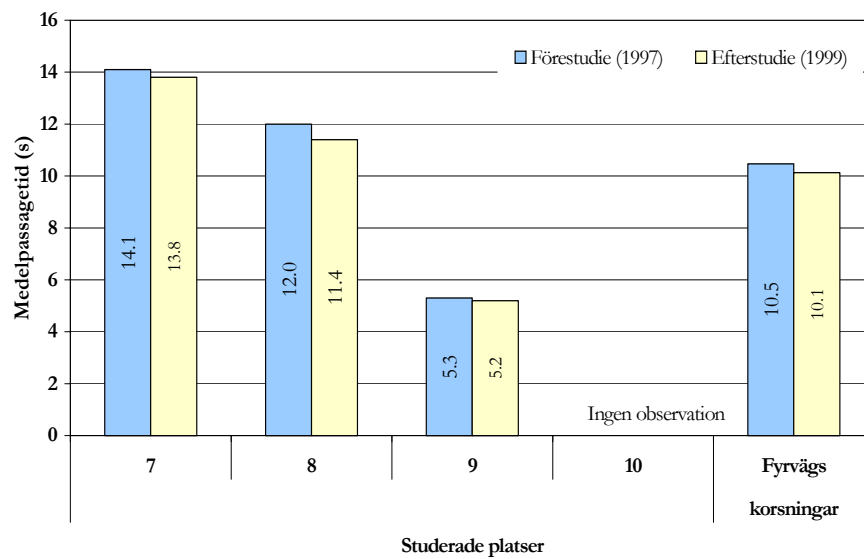


Figur 7.28 Andel stannande raktframkörande bilister på underordnad led

Figur 7.28 visar att andel stannade raktframkörande bilister på underordnad led minskade i två av studerade fyrvägskorsningar och ökade i en av dem. Men andel stannande bilister minskade i genomsnitt med 33 procent i fyrvägskorsningar.

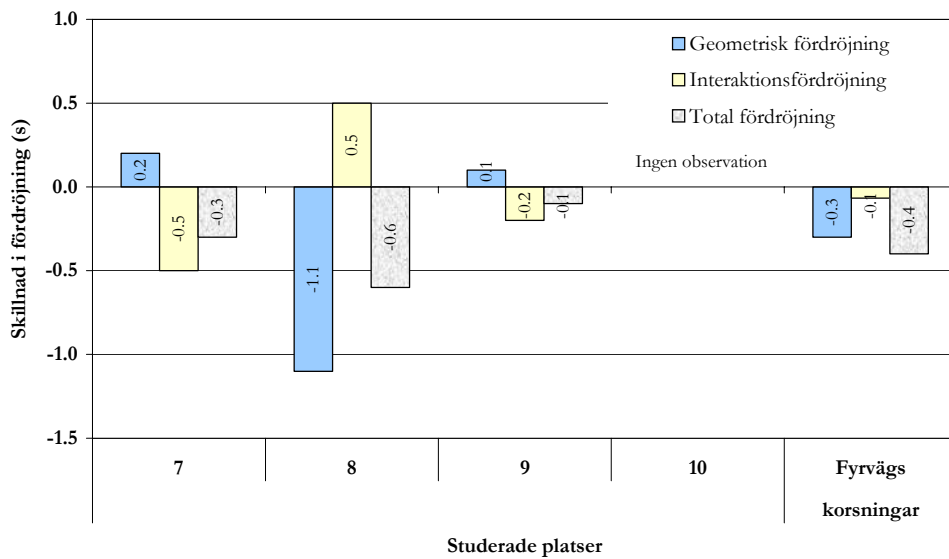
7.3.2 Framkomligheten för högersvängande bilister på underordnad led

I figur 7.29 och 7.30 redovisas medelpassagetider respektive medelfördröjning för högersvängande bilister på underordnad led på studerade platser.



Figur 7.29 Medelpassagetider för alla observerade högersvängande bilister på underordnad led i fyrvägskorsningar.

Resultat



Figur 7.30 Skillnader i medelfördröjning för alla observerade högersvängande bilister på underordnad led i fyrvägskorsningar.

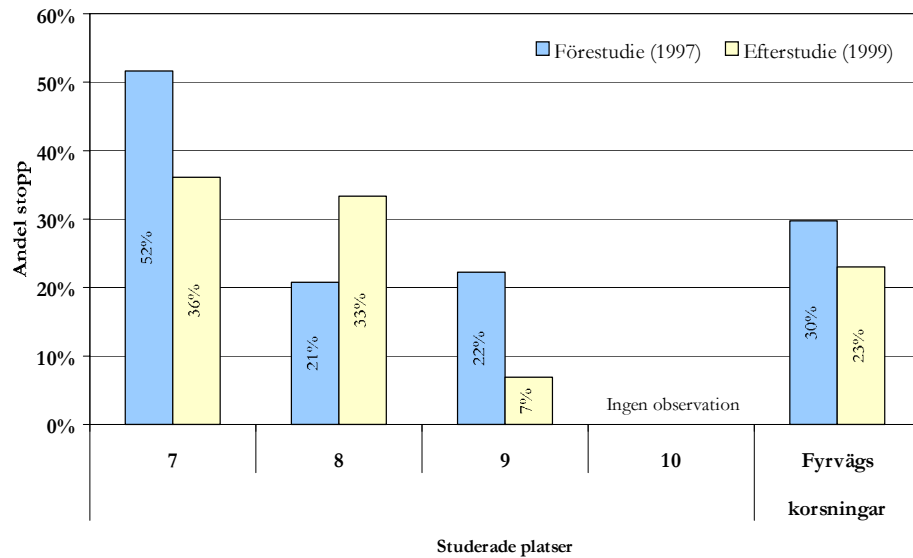
Av figurerna framgår att tidsförbrukningen för högersvängande bilister på underordnad led minskade på alla undersökta platser med mellan 0,1 och 0,6 sekunder. Förändringen i medelpassagetiderna är inte statistiskt signifikant på någon av de undersökta platserna.

Medelstopptiderna minskade i korsningar på plats nummer 7 och 9 med 1,3 respektive 0,9 sekunder och den ökade med 0,2 sekunder på plats nummer 8. Förändringen i medelstopptiderna är inte statistiskt signifikant på någon av dessa platser.

Resultaten visade att den geometriska fördröjningen minskade på plats nummer 8 med 1,1 sekunder och ökade med 0,2 och 0,1 sekunder på platserna 7 respektive 9. Förändringen i interaktionsfördröjningen varierade mellan de studerade korsningarna. På plats nummer 7 och 9 minskade interaktionsfördröjningen med 0,5 respektive 0,2 sekunder medan den ökade med 0,5 sekunder på plats nummer 8.

Resultat

Den totala fördröjningen (oviktat medelvärde enligt tabellerna 11 och 12 i bilaga C) för högersvängande bilister på underordnad led minskade i genomsnitt med 4 procent, som i absoluta tal är 0,4 sekunder.

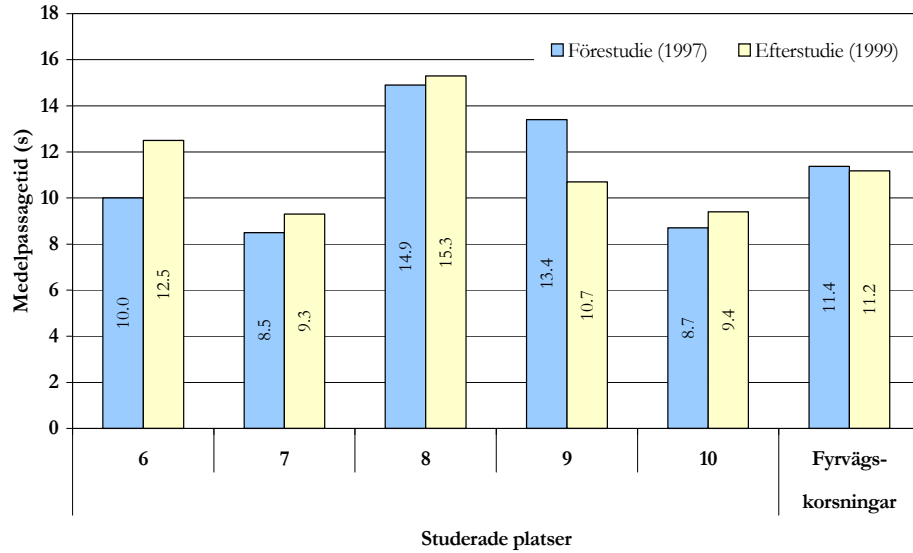


Figur 7.31 Andel stannande högersvängande bilister på underordnad led i fyrvägs korsningar.

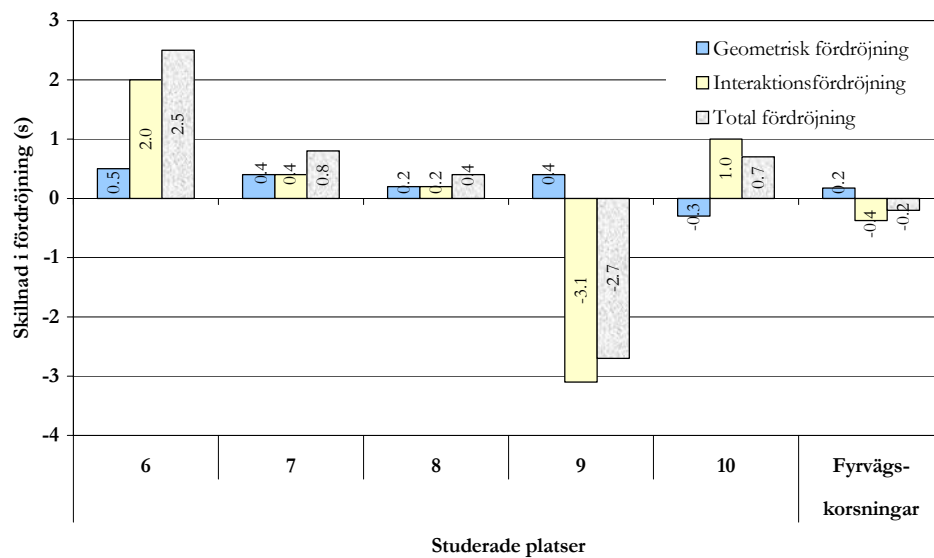
Figur 7.31 visar att andelen stannande högersvängande bilister på underordnad led minskade i två av de studerade fyrvägs korsningarna och ökade i en av dem. Totalt sett minskade andelen stannande bilister med 23,3 procent i fyrvägs korsningar.

7.3.3 Framkomligheten för vänstersvängande bilister på underordnad led

I figur 7.32 och 7.33 redovisas medelpassagetider respektive medelfördröjning för vänstersvängande bilister på underordnad led på studerade platser.



Figur 7.32 Medelpassagetider för alla observerade vänstersvängande bilister från underordnad led i fyrvägskorsningar.



Figur 7.33 Förändringen i medelfördröjning för alla observerade vänstersvängande bilister på underordnad led i fyrvägskorsningar.

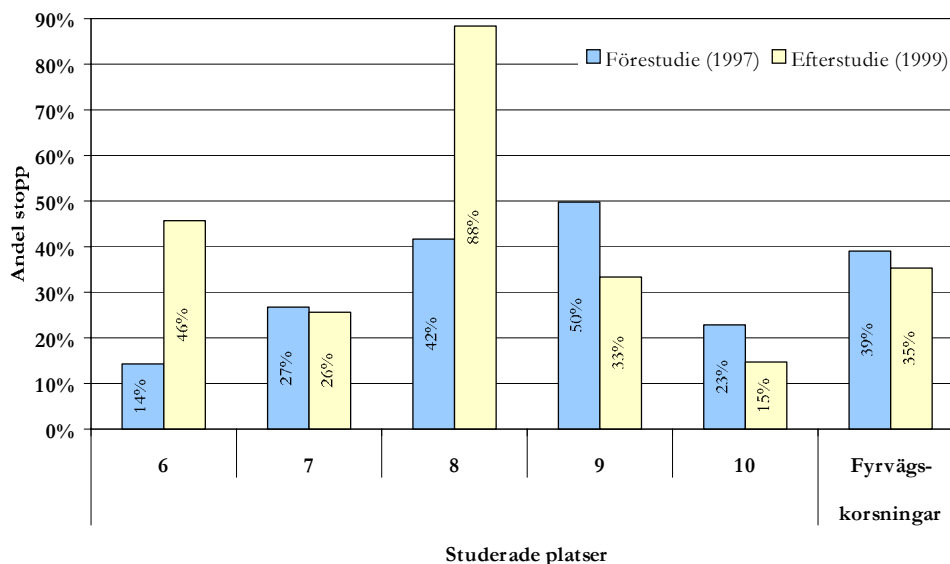
Resultat

Av figurerna framgår att tidsförbrukningen för vänstersvägande bilister på underordnad led ökade på fyra av de studerade platserna med mellan 3 och 25 procent. Ökningen på dessa platser var inte statistiskt signifikant på 95 %-nivån med undantag för plats nummer 6. På en av de studerade platserna har medelpassetiden minskat med 20 procent motsvarande 2,7 sekunder i absoluta tal, vilket visade sig statistiskt signifikant på 95 % nivån enligt t-test.

Medelstopptiden ökade i korsningarna på plats nummer 6 och 7 med 2,6 respektive 0,6 sekunder. I de tre andra korsningarna minskade medelstopptiden med mellan 0,1 och 2,9 sekunder. Förändringen i medelstopptiderna var inte statistiskt signifikant på platserna 7, 8 och 10.

Resultaten visade att den geometriska fördröjningen minskade på plats nummer 10 med 0,3 sekunder och ökade med 0,5 och 0,4 sekunder på platserna 6 respektive 9. Den geometriska fördröjningen stod för hälften av den totala fördröjningen på plats nummer 7 och 8 och ökade i genomsnitt med 0,4 respektive 0,2 sekunder. Den geometriska fördröjningen minskade i medeltal med 0,4 sekunder i fyrvägs-korsningar. Interaktionsfördröjningen ökade med mellan 0,2 och 2,0 sekunder på fyra av de studerade platserna den minskade med 0,5 sekunder på plats nummer 9.

Totalt minskade fördröjningen (oviktat medelvärde enligt tabellerna 13 och 14 i bilaga C) för vänstersvägande bilister på underordnad led i genomsnitt med 2 procent, vilket i absoluta tal är 0,2 sekunder.



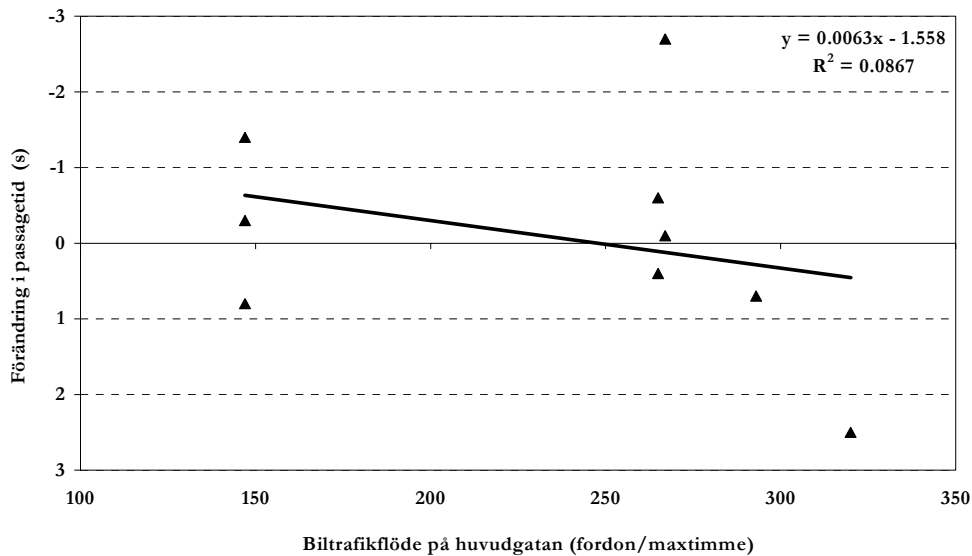
Figur 7.34 Andel stannande vänstersvägande bilister på underordnad led i fyrvägs-korsningar.

Figur 7.34 visar att andel stannande vänstersvägande bilister på underordnad led minskade i tre av de studerade korsningarna och ökade i två av dem. Totalt sett minskade andelen stannande bilister med 10,3 procent i fyrvägs-korsningarna.

7.3.4 Sambandanalys

Figur 7.35 visar sambandet mellan förändringen i medelpassagetider för bilister på underordnad led och biltrafikflödet på huvudgatan.

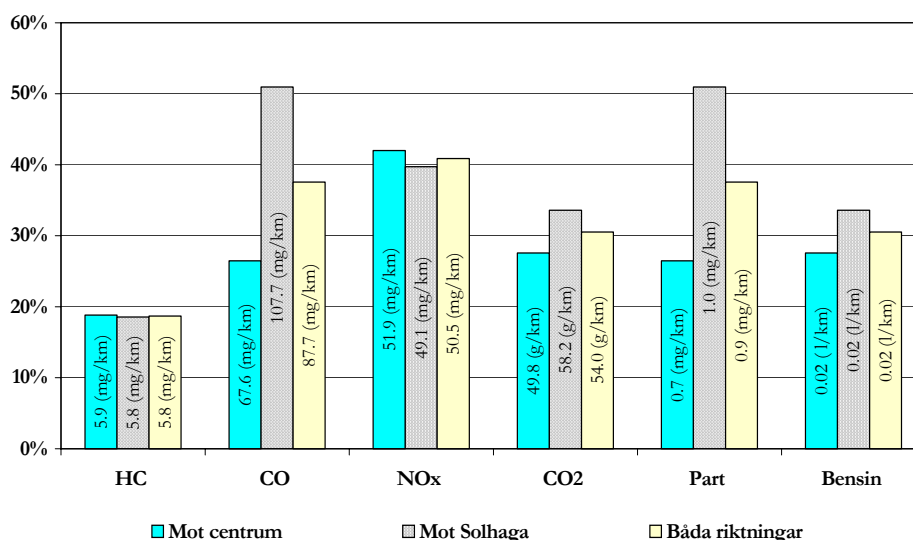
Av figuren framgår att det finns ett samband mellan förändringen i passagetider för bilister på sidogatorna som vill korsa huvudgatan och biltrafikflödet på huvudgatan. Det kan konstateras att tidsvinsten för dessa trafikanter minskar när biltrafikmängden på huvudgatan ökar.



Figur 7.35 Sambandet mellan förändringen i passagetider för bilister på underordnad led som skall korsa en huvudgata och biltrafikflöde på huvudgatan.

7.4 Avgasutsläpp och bensinförbrukning

En detaljerad sammanställning av förändringen i avgasemissionsfaktorer och bensinförbrukning längs med Hagagatan framgår av tabellerna 1, 2, 3 och 4 i bilaga E.



Figur 7.36 Procentuell ökning av avgasutsläpp och bensinförbrukning längs med Hagagatan.

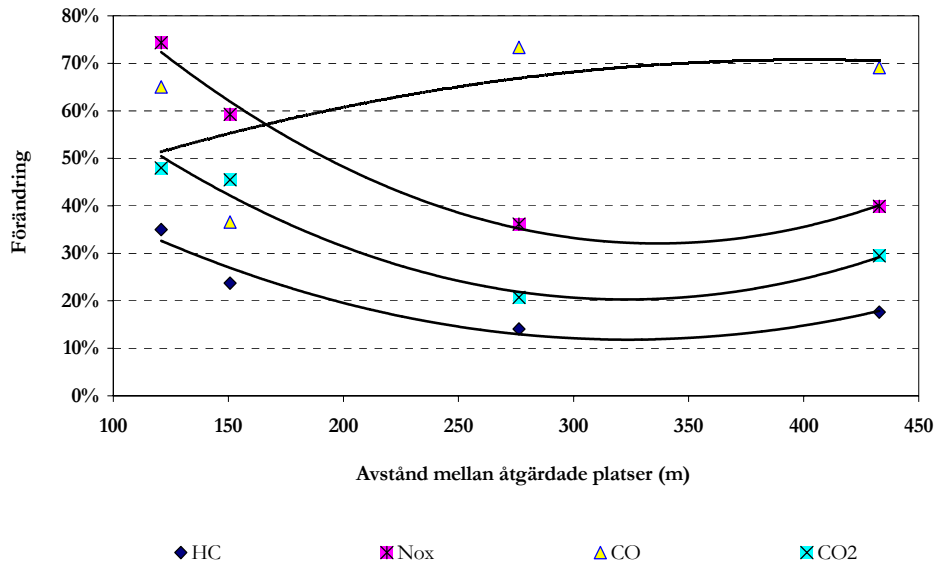
Figur 7.36 visar procentuell förändring i emissionsfaktorer för olika ämnen (HC, CO, NO_x, CO₂, Partiklar) av avgasutsläppen och bensinförbrukningen i varje körriktning separat och för båda körriktningarna tillsammans. Inom staplarna anges även förändringen i viktade medelvärden per kilometer för vart och ett av dessa ämnen.

Av figuren framgår att emissioner av alla ovan nämnda ämnen har ökat längs med Hagagatan. De genomsnittliga utsläppen av HC med 18 procent och NO_x med 41 procent är den minsta respektive största ökningen i båda körriktningarna bland alla ämnen. Förändringar i utsläppen av CO och partiklar samt CO₂ och bensinförbrukningen är lika stora enligt VETO-modellen.

Den minsta och den största förändringen i utsläppen mellan de två körriktningarna har skett i riktningen mot Solhaga där utsläppen av HC ökat med 17 och CO med 50 procent.

I figur 7.37 redovisas sambandet mellan förändringen i avgasutsläppen och avståndet mellan åtgärdade platser.

Resultat



Figur 7.37 Procentuell förändring i avgasutsläppen som funktion av avståndet mellan åtgärdade platser längs med Hagagatan i Örebro. Trendlinjerna är skapade med polynomer av grad 2 med ekvationen $y = b + C_1X + C_2X^2$.

Resultaten visade att utsläppen av HC, NO_x och CO₂ minskar med ökande avstånd mellan åtgärdade platser upp till mellan 300 och 350 meter och att utsläppen därefter ökar med avståndet. Utsläppen av CO avviker från övriga ämnen och ökar kontinuerligt med avståndet mellan åtgärdade platser.

7.5 Bulleremission

Tabell 7-1 visar resultatet av bullermätningar som genomfördes av Ingemansson Technology AB på två av de ombyggda platserna.

Tabell 7-1 Beräknade ekvivalent- och maximalnivåer i två åtgärdade platser.

	Ekvivalentnivå L_{eq} dB(A)		Maximalnivå L_{max} dB(A)	
	Före Ombyggnad	Efter Ombyggnad	Före ombyggnad	Efter ombyggnad
Hagagatan / Ålvtomtagatan	67	63	79	78
Skolvägen / Bergavägen	62	59	79	77

Som framgår av resultatet i tabell 7-1 har den dygnsekvivalenta ljudnivån på samtliga mätplatser minskat något efter införandet av åtgärderna. Minskningen ligger inom felmarginalen för mätnoggrannheten, men visar ändå en tydlig tendens till att ljudnivån inte har ökat.

7.6 Sammanfattning av resultatet

Tabell 7-2 visar en sammanställning av förändringen i medelpassagetider och korsande biltrafikmängd för olika trafikantgrupper i olika typer av korsningar och vid friliggande GC-överfarter.

Framkomligheten för fotgängarna och cyklisterna ökar efter placering av vägkuddar vid övergångsställen.

Medelpassagetiden för fotgängarna minskar med 2,8 sekunder och medelstopptiden minskar med 2,0 sekunder per fotgängare efter ombyggnaden. Fotgängarnas fördröjning minskar mest i fyrvägs korsningar jämfört med andra typer av platser.

Man kan konstatera att cyklisternas tidsvinster är högst bland alla andra trafikantgrupper. Deras medelpassage- och medelstopptider minskar med 3,2 respektive 2,3 sekunder. Vidare kan det konstateras att åtgärden ger den högsta tidsvinsten i trevägs korsningar för cyklister. Det senare beror på att i en av de två studerade trevägs korsningarna var skillnaden i medelstopptiden för cyklister mycket stor (-9,5 sekunder) och antal observerade cyklister var mycket få i föresituationen (2 observationer) jämfört med de andra platserna.

Vidare visar studien att tidsvinsten för GC-trafikanter minskar med ökande trafikmängd och ökar med lägre hastigheter hos bilisterna på huvudgatan.

En annan trafikantgrupp som tillhör vinnargruppen ur framkomlighetssynpunkt är bilister på sidogatorna. Minskningen av den genomsnittliga tidsförbrukningen för bilister på sidogatorna är 0,84 sekunder i fyrvägs korsningar. Vidare visar studien att medeltidsvinsten (med 2 sekunder) för raktframkörande bilister på sidogatorna är högst bland alla manövrarna. Den är 6 och 10 gånger större än tidsvinsten för höger- respektive vänstersvängande bilister. Vidare visar studien att stopptiden för bilister på sidogatorna ökar med medelhastigheten för bilister på huvudgatan. Medelpassagetiden för vänstersvängande bilister från sidogatan på den enda studerade trevägs korsningen ökade med 2,4 sekunder.

Resultat

Tabell 7-2 Sammanställning av förändringen i medelfördröjning för olika trafikantgrupper.

	Fyrvägskorsningar			T-korsningar			Friliggande GC-överfarter		
	Förändringen i fördröjning	Trafikmängd under maxtimme		Förändringen i fördröjning	Trafikmängd under maxtimme		Förändringen i fördröjning	Trafikmängd under maxtimme	
		Före	Efter		Före	Efter		Före	Efter
Fotgängare	-3.30	33	38	-2.6	44	75	-2.65	75	81
Cyklister	-2.35	122	109	-6.2	60	50	-1.0	60	55
Raktframkörande bilister på överordnad led	5,1	379	243	3.9	332	322	2.85	299	288
Högersvängande bilister på överordnad led	2,9	43	62	-	-	-	-	-	-
Vänstersvängande bilister på överordnad led	2.53	71	70	-	-	-	-	-	-
Raktframkörande bilister på underordnad led	-2,0	40	40	-	-	-	-	-	-
Högesvängande bilister på underordnad led	-0.33	37	46	-	-	-	-	-	-
Vänstersvängande bilister på underordnad led	-0.20	107	102	2.4	28	35	-	-	-

Tidsförbrukningen ökar för bilister på överordnad led. Tidsförlusten varierade kraftigt mellan de olika manövrarna och var högst för raktframkörande bilister (5,1 sekunder). Den genomsnittliga tidsförlusten för bilister på överordnad led är 3,5 sekunder vid passage av åtgärden i fyrvägskorsningar. Tidsförlusten var vid passage av fyrvägskorsningar var 3,5 sekunder och vid trevägskorsningar och friliggande GC-överfarter uppgick förlusterna till 3,9 respektive 2,9 sekunder.

Studien visar att medelreshastigheten minskar på sträckor mellan åtgärdade platser vilket innebär längre restider för raktframkörande bilar. Medelrestiden för bilar som kör längs hela försökssträckan på Hagagatan i båda riktningar ökar med

89 sekunder från sitt ursprungliga värde på 316 sekunder. Ökningen av restiden minskar ju längre avståndet blir mellan åtgärdade platser.

Denna studie visar entydigt att utsläppen av alla ämnen som behandlas i VETO-modellen (HC, CO, NO_x, CO₂, och Partiklar) och bensinförbrukningen för raktframkörande bilister längs med Hagagatan ökar efter ombyggnaden. Storleken på ökningen varierar mellan ämnena, fast den procentuella ökningen är lika stor för CO och partiklar respektive CO₂ och bensinförbrukningen.

Då det totala avgasutsläppet i absoluta tal beror på trafikarbetet måste hänsyn tas till förändringen i biltrafikmängden på Hagagatan efter ombyggnaden. Towliat (2001) visar genom trafikmätningar att trafikmängden på Hagagatan i genomsnitt minskat med 25 procent i eftersituationen. Detta innebär att utsläppsmängden på Hagagatan reduceras med 25 procent. Däremot har avgasutsläppen med största sannolikhet ökat på de andra gator som har använts av bilister som alternativa vägar till Hagagatan.

Tabell 7-3 visar en sammanställning av resultatet som återfinns i bilaga F med hänsyn till minskning av trafikmängden längs med Hagagatan och ökningen av trafikmängden på andra rutter.

Tabell 7-3 Förändringen av avgasutsläppsmängden efter ombyggnaden av Hagagatan. Det genomsnittliga biltrafikflödet har varit 5000 fordon/dygn före ombyggnaden av försökssträckan. Trafikflödet har minskat med 25 % i eftersituationen.

	HC kg/dygn	CO kg/dygn	NO _x kg/dygn	CO ₂ kg/dygn	Partiklar mg/dygn
U _{före}	0.6	4.5	2.4	3375.1	43.9
U1 _{efter}	0.5	4.6	2.5	3303.0	44.4
U2 _{efter}	0.1	1.1	0.6	843.8	11.0
U1 _{efter} - U _{före}	-0.06	0.14	0.13	-72.06	0.48
(U1 _{efter} + U2 _{efter}) - U _{före}	0.08	1.25	0.72	771.71	11.45

U_{före} = Den totala utsläppsmängden för raktframkörande bilar på Hagagatan i båda riktningar (kg/dygn) i föresituationen.

U1_{efter} = Den totala utsläppsmängden för raktframkörande bilar på Hagagatan i båda riktningar (kg/dygn) i eftersituationen (trafikarbetet minskade med 25 %).

U2_{efter} = Den totala utsläppsmängden för de bilar som väljer andra rutter än Hagagatan (kg/dygn) i eftersituationen. Emissionsfaktorerna och trafikarbetet för dessa trafikanter antas vara lika stora i föresituationen som i eftersituationen.

Resultat

$U1_{\text{efter}} - U_{\text{före}}$ = Förändringen i utsläppsmängden på Hagagatan med hänsyn till minskningen av trafikarbetet med 25 procent.

$(U1_{\text{efter}} + U2_{\text{efter}}) - U_{\text{före}}$ = Den totala förändringen i utsläppsmängden.

Som det framgår av resultaten i tabell 7-3 ökar den totala emissionsmängden för alla ämnen efter ombyggnaden av försökssträckan. Emissionsmängden ökar för CO, NOx och Partiklar medan den minskar för HC och CO₂ om man räknar med att trafiken har minskat med 25 procent i eftersituationen.

Utsläppen av HC, NOx och CO₂ minskar med ökande avstånd mellan åtgärdade platser, medan utsläppen av CO och partiklar avviker från detta mönster.

8 Diskussion och slutsatser

8.1 Sammanställning av hypoteserna

I detta kapitel besvaras de uppställda hypoteserna i kapitel 5 och sedan diskuteras de negativa och positiva effekterna samt implikationerna för de studerade åtgärderna.

Tabell 8-1 visar en sammanställning av hypoteserna med avseende på deras verifiering.

Tabell 8-1 Verifiering av de uppställda hypoteserna.

Hypotes	Verifiering på grund av studierna
H1: Framkomligheten för GC-trafikanter som korsar överordnad led ökar.	Verifieras
H2a: Framkomligheten för bilister på överordnad led minskar.	Verifieras
H2b: Medelreshastigheten för bilister som passerar över vägkudden minskar på delsträckor mellan åtgärderna.	Verifieras
H3: Framkomligheten för bilister på underordnad led i korsningar ökar.	Verifieras
H4a: Avgasutsläppen och bensinförbrukningen hos bilar på överordnad led ökar.	Verifieras
H4b: Storleken på ökningen av avgasutsläppen och bensinförbrukningen är mindre ju kortare avståndet mellan åtgärderna är.	Verifieras delvis
H5: Vägtrafikbullernivån ökar inte efter införandet av åtgärden.	Kan inte verifieras

8.2 Diskussion av resultat

Framkomligheten för GC-trafikanter

Studien visar tydligt att framkomligheten för GC-trafikanter ökar efter placering av vägkuddar före övergångsställena. Både medelpassagetiden och medelstopptiden minskar för GC-trafikanterna efter ombyggnaden. Resultatet

stämmer överens med resultaten från Växjöprojektet (Hydén, et al 1995) som visar att fotgängarnas och cyklisternas medelpassagetider minskade efter byggandet av små cirkulationsplatser för sänkning av hastigheten i korsningar.

Att framkomligheten för GC-trafikanter ökar beror främst på att medelstopptiden och andelen stopp för dessa trafikanter minskar efter ombyggnaden, vilket i sin tur påverkar passagetiderna. Minskningen kan förmodligen bero på att det kritiska tidsavståndet minskade efter ombyggnaden som en följd av den lägre hastigheten hos bilisterna, men eftersom det kritiska tidsavståndet inte studerades i detta projekt kan detta påstående inte styrkas här.

Generellt kan man konstatera att GC-trafikanternas fördröjning vid passage av en överordnad led minskar mer i korsningar än på friliggande GC-överfarter. Detta beror på att hastigheterna på huvudgatan är lägre vid GC-överfarter än i korsningar i föresituationen och att hastigheterna minskar mest i korsningar som en följd av förändringen av den fysiska utformningen. En sammanställning av hastighetsmätningar baserat på resultatet i Towliat (2001) visar att medelhastigheterna vid friliggande GC-överfarter minskar med 22 km/timme från sitt ursprungliga värde på 45 km/timme. I korsningar minskar medelhastigheten med 25 km/timme från sitt ursprungliga värde på 50 km/timme.

En jämförelse mellan fotgängarnas och cyklisternas tidsvinst visar att fotgängarnas tidsvinst är större än cyklisternas såväl i korsningar som vid friliggande GC-överfarter med en respektive två sekunder i medeltal. Detta resultat avviker för trevägskorsningar. Skälet är att antalet observationer i föresituationen var litet och medelstopptiden extremt hög i en av de två studerade trevägskorsningarna så att skillnaden i stopptid i före- och eftersituationen blivit mycket stor och resultatet statistiskt osäkert.

Att tidsvinsten är större för fotgängarna än för cyklisterna beror på att både stopptiden och andel stopp för fotgängarna minskar mer än vad den gör för cyklisterna. Man kan tänka sig att det kritiska tidsavståndet, som teoretiskt skulle vara kortare för cyklister än för fotgängare på grund av deras högre hastighet, för fotgängare förändrades mer än vad det gjorde för cyklister efter ombyggnaden. Detta skulle ge större tidsvinster för fotgängarna än för cyklisterna. Vi kan dock inte bekräfta detta på grund av att det kritiska tidsavståndet inte studerades här.

Studien visar att ju större trafikmängd på huvudgatan desto mindre blir tidsvinsten (fördröjningens minskning som är en följd av vägkuddarna) för GC-trafikanter. En fördubbling av bilflödet minskar tidsvinsten för fotgängare med 0,6 sekunder. Detta resultat bör särskilt beaktas om vägkudden skall implementeras på huvudgator med stort bilflöde.

En uppdelning av fördröjningen i geometrisk och interaktionsfördröjning gjordes inte för GC-trafikanterna i denna studie då passagesträcken förblev oförändrad efter ombyggnaden. En annan tänkbar situation som kunde leda till att geometrisk fördröjning uppstår är att GC-trafikanterna skulle börja korsa gatan utanför övergångsstället så att ressträcken påverkades på grund av åtgärderna. Towliat (2001) visade dock genom studier av GC-trafikanter passagebeteende på dessa ställen att andelen snedkorsande GC-trafikanter förändrades marginellt efter ombyggnaden. Därför tycks den totala fördröjningen för GC-trafikanterna bestå av enbart interaktionsfördröjning vid passage vid de studerade platserna.

Framkomligheten för bilister på överordnad led

En annan konsekvens av åtgärdernas placering på huvudgator är att tidsförbrukningen ökar för bilister på överordnad led. Att tidsförbrukningen ökar beror dels på att hastigheterna har minskat och dels på att andelen stopp och stopptiden har ökat. Att andel stopp och stopptiden ökar efter ombyggnaden beror i stort sett på att en stor del av bilisterna stannar och släpper fram GC-trafikanterna då de kör med lägre hastighet i eftersituationen än i föresituationen. Detta kan styrkas av en sammanställning av väjningsstudier på dessa ställen, baserad på Towliat (2001), som visar att andelen bilister på huvudgatan som väljer att släppa fram GC-trafikanter ökar till 67 procent från sitt ursprungliga värde på 20 procent före ombyggnaden av de studerade platserna.

Den genomsnittliga tidsförlusten för bilister på huvudgatan är 3,5 sekunder per bil vid passage av åtgärden som kan jämföras med tidsförlusten vid passage av små cirkulationsplatser på huvudgator, som i genomsnitt var 2,3 sekunder per bil (Hydén m fl, 1995). Åtgärden slår hårdast mot framkomligheten för de trafikanter som hade den minsta fördröjningen i föresituationen, det vill säga raktframkörande bilister på huvudgatan. Detta är i linje med det primära syftet av hastighetsdämpande åtgärder vilket är att öka trafiksäkerheten genom att sänka framförallt de högsta hastigheterna hos bilister.

Ett generellt antagande i modeller för beräkning av kapaciteten, till exempel CAPCAL2, är att raktframkörande bilister på överordnad led inte drabbas av interaktionsfördröjning. Denna studie visar att dessa trafikanter drabbades av interaktionsfördröjning såväl i före- som i eftersituationen. Studien visar också att interaktionsfördröjningen ökar betydligt efter ombyggnaden vilket kan innebära att störningar från andra trafikanter i andra trafikströmmar ökar som en följd av den lägre hastigheten hos raktframkörande bilister på överordnad led i eftersituationen. Detta kan tolkas med hjälp av den kritiska tidsavståndsteorin där korsande trafikanters minsta godtagbara tidlucka avgör om passagen skall ske. I och med att hastigheterna hos raktframkörande bilister på överordnad led minskar rejält i eftersituationen minskar även de korsande trafikanternas accepterade tidlucka vilket gör det att dessa trafikanter vågar korsa gatan trots det korta sträckavståndet till det överordnade fordonet. Towliats- (2001) observation, att antalet lindriga konflikter ökade i eftersituationen, indikerar också en sådan tolkning.

Ovanstående gör att dagens tillgängliga kapacitetsmodeller borde revideras så att effekterna av interaktionsfördröjning som drabbar raktframkörande bilister på överordnad led inräknas i kapacitets- och framkomlighetsberäkningar.

Framkomligheten för bilar på underordnad led

En annan trafikantgrupp som tillhör vinnargruppen ur framkomlighetssynpunkt är bilister på sidogatorna. Minskningen av den genomsnittliga tidsförbrukningen för bilister på sidogatorna i fyvägskorsningar, som en följd av placering av vägkuddar på huvudgator, är 0,84 sekunder per bil. Det är betydligt mindre än vad cirkulationsplatserna i Växjö åstadkom, där tidsvinsten var 4,4 sekunder per bil (Hydén m fl 1995). Att skillnaden i tidsvinst för dessa trafikanter är så stor mellan de olika typerna av korsningarna beror på att förutsättningarna när bilister skall ut i en vanlig korsning med vägkudde är så annorlunda jämfört med korsningar med rondell. Exempel på de förutsättningarna är hastighetsnivån, gällande trafikregler och den geometriska utformningen.

En sammanställning av medelhastigheterna i korsningar med vägkudde och med rondell visar att medelhastigheten är cirka 5 km/timme lägre i korsningar med vägkudde (25 km/timme på väg med vägkudde) än vad den är i korsningar med rondell (30 km/timme). Denna jämförelse visar att hastighetsnivån på huvudgatan inte kan vara det främsta skälet till den stora skillnaden i tidsvinsten för bilister på sidogatorna i de två typer av korsningarna. Annars borde den lägre hastigheten i korsningar med vägkuddar leda till högre tidsvinster för bilisterna på sidogatorna än vad korsningar med rondell gör.

Studien visar också att en stor del av tidsvinsten för raktframkörande och högersvängande bilister från sidogatan uppstår genom att den geometriska fördröjningen minskat vilket kan innebära att dessa trafikanter generellt kör med högre hastighet när de närmar sig och passerar korsningen än vad de gjorde före ombyggnaden. Detta beror på att bilisterna på sidogatorna känner sig säkrare och känner därmed att de kan köra lite fortare utan att deras säkerhet påverkas. Detta resonemang överensstämmer med den av Wilde (1982) presenterade riskkompensationsteorin. Riskkompensationsteorin utgår från att en trafikant som känner sig säkrare i trafiken betar sig gärna lite mindre säkert.

Resultatet kan tolkas positivt ur framkomlighetssynpunkt men kan vara oönskat ur trafiksäkerhetssynpunkt. Man kan konstatera att bilister på sidogatorna tar ut den erbjudna trafikmiljöförbättringen, som skapats genom hastighetsminskningen på huvudgatan, i en ökad framkomlighet i stället för i en förbättrad trafiksäkerhet. Men eftersom de allvarliga konflikterna minskar som en följd av hastighetsminskningen på huvudgatan kommer den totala trafiksäkerheten ändå att förbättras i eftersituationen, trots de något högre hastigheterna på sidogatorna i eftersituationen.

Avgasutsläppen

Denna studie bekräftar att hastighetsdämpande åtgärder påverkar avgasutsläppen och bensinförbrukningen negativt. Körmönstret längs med Hagagatan har blivit mycket ojämnt efter ombyggnaden vilket tycks vara orsaken till den stora ökningen av avgasutsläppet och bensinförbrukningen. Fordons avgasutsläpp och bensinförbrukning påverkas av hur hög hastighetsnivån är från början och hur den förändras under körningen. Flera studier, bland annat Ericsson (1996) visar att ett ojämnt körmönster, det vill säga en körning med stor andel accelerationer och retardationer, leder till att avgasutsläppen ökar betydligt mer än ett jämnt körmönster.

Om trafikmängden förändras i samband med införandet av en åtgärd, förändras även totaleffekten både lokalt och inom ett större influensområde. Eftersom trafikmängden längs med Hagagatan har minskat efter ombyggnaden kommer ökningen av emissionsmängden där att bli mindre än vad den annars skulle blivit. Men de bilister som väljer alternativa vägar i stället för Hagagatan kommer naturligtvis att släppa ut avgaser på andra platser än på Hagagatan och därför bör naturligtvis även deras avgasutsläpp vara med i beräkningarna. En viktig aspekt som skall särskilt beaktas är hur känsliga de alternativa vägarna är med avseende på miljön. Inom ramen för detta projekt gjordes dock inte några sådana studier som kunde ha medgivit att dessa effekter kunde beaktas.

Hur avgasutsläppen påverkas inom ett större influensområde till följd av de hastighetsdämpande åtgärderna längs med en sträcka kan inte besvaras här eftersom studien genomfördes enbart på försökssträckan på Hagagatan. Smidfelt Rosqvist (1998) visar att det totala avgasutsläppen och bränsleförbrukningen för resor inom bostadsområden då gupp passerats under resan minskade. Minskningen berodde förmodligen på att bilisterna kör "lugnare", det vill säga har "jämnare körmönster" inom ett område med gupp än ett område utan gupp. Att jämföra resultatet i Smidfelt Rosqvists studie med denna studie är dock inte relevant eftersom resultatet här gäller enbart en del av Hagagatan och inte utanför den medan Smidfelt Rosqvists studie avser ett större område. Dessutom är Hagagatan en huvudgata med stor och snabb trafik och kan inte jämföras med lokala gator inom ett bostadsområde.

Miljöstudierna i detta projekt genomfördes enbart för raktframkörande bilister på Hagagatan vilket gör att resultatet kan vara en överskattning av vägkuddens effekt på avgasutsläppen och bensinförbrukningen. Ökningen av avgasutsläppet kunde ha reducerats om vi hade tagit med förändringen av avgasutsläppen för bilisterna på sidogator. Framkomlighetsstudierna i denna studie visar att både stopptiden och andel stopp för bilister på sidogatorna minskar efter placering av vägkuddarna vilken i sin tur leder till att avgasutsläppen sannolikt minskar för dessa trafikanter. Men med hänsyn till de låga trafikflödena på sidogatorna på Hagagatan och den lilla tidsvinsten bilisterna har på sidogatorna kan det inte ge radikala minskningar av den utsläppsnivå som resovisas här. Resultatet kan jämföras med studierna i Växjö (Hydén m fl 1995) där avgasutsläppen också ökade för bilister på huvudgatorna. Emellertid visades i Växjöstudien att

avgasmängderna minskade för bilister på sidogatorna efter placering av cirkulationsplatser.

Vägtrafikbullernivån

Denna studie visar att den dygnsekvivalenta ljudnivån har minskat något efter tillkomsten av vägkuddarna. Minskningen ligger inom felmarginalen för mätnoggrannheten, men visar ändå en tydlig tendens till att ljudnivån inte har ökat.

Hydén m fl (1995) visade att ljudnivån minskade med 1,6 dB(A), 3,9 dB(A) och 4,2 dB(A) på tre olika platser efter byggandet av små cirkulationsplatser. Att vägkuddarna inte minskar vägtrafikbullret lika mycket som cirkulationsplatserna i Växjö gjorde kan förmodligen bero på att vägkuddar leder till ojämna körmönster än vad små cirkulationsplatser gör.

8.3 Övriga slutsatser

I denna studie har framkomligheten för GC-trafikanter som korsar sidogatorna inte studerats. Eftersom framkomligheten för alla andra trafikanter i korsningarna har förändrats bör även framkomligheten för GC-trafikanter som korsar sidogatorna ha förändrats. Det är troligt att förändringen i framkomligheten för dessa trafikanter, som troligen är liten, påverkar i en mindre grad den totala bilden av framkomligheten i korsningarna.

Framkomligheten för bussar och tunga fordon har inte behandlats i denna studie eftersom underlaget för att kunna beräkna framkomligheten för dessa trafikanter inte var tillräckligt. Men eftersom Towliat (2001) visar att medelhastigheten för bussar på vägkuddar minskade med 18,5 km/timme från sitt ursprungliga värde på 44 km/timme kan man konstatera att framkomligheten för bussarna på huvudgatan minskar. En jämförelse mellan personbilarnas- och bussarnas medelhastighet strax före vägkudden visar att framkomligheten för personbilar minskar mer än vad den gör för bussar vid passage av vägkudden. Medelhastigheten för personbilarna minskar med 24 km/timme till cirka 23,5 km/timme efter placering av vägkuddar på huvudgatan. Man kan konstatera att vägkudden uppfyller sin uppgift som en hastighetsdämpande åtgärd som inte ger större besvär för bussarna än för personbilarna, det vill säga att framkomligheten för bussar inte minskar mer än framkomligheten för personbilar.

Placering av vägkuddarna på huvudgatan leder till att de modellerna som beskrivits i figur 2.8, 2.10 och 2.11 förändras. Trafikanterna i den underordnade strömmen tar mindre hänsyn till företrädesrätten, som är grunden i de modellerna, för trafikanterna i den överordnade strömmen i eftersituationen än vad de gjorde i föresituationen.

Att placering av många hastighetsdämpande åtgärder på en gata leder till att en del av bilisterna väljer alternativa vägar diskuteras i en studie av

Trafiksäkerhetsverket (1985) och bekräftas av de trafikmätningar som gjordes i Towliat (2001) på Hagagatan. Den visade en genomsnittlig flödesminskning på 25 procent vilket kan ha betydelse för de hastighetsförändringar man uppmäter på försökssträckan. En tänkbar anledning till att hastigheterna på försökssträckan - mellan åtgärdade platser - minskar så mycket som den gör, är att de bilister som hade de högsta hastigheterna före ombyggnaden väljer andra alternativa vägar som saknar hastighetsdämpande åtgärder. Detta innebär både positiva och negativa konsekvenser ur såväl framkomlighetssynpunkt som trafiksäkerhetssynpunkt. Att flödet minskar på huvudgatan leder till att framkomligheten för korsande trafikanter ökar. Men däremot leder det till att de alternativa vägarna drabbas negativt. Man kan också tänka sig att de bilister som väljer de alternativa vägarna gör det för att kunna hålla hastigheten hög, inte minst för att kompensera tidsförlusten de drabbas av på grund av den ofta längre sträckan de kör. Detta innebär att medelhastigheten ökar på de alternativa vägarna, vilket minskar trafiksäkerheten på dessa vägar.

Resultatet av denna studie kan inte ha påverkats av andra effekter än effekten av de studerade åtgärderna eftersom Towliat (2001) visade genom hastighetsmätningar, trafikflödesmätningar och väjningsbeteendestudier att det inte fanns några statistiskt signifikanta förändringar i dessa variabler i i andra platser än i de ombyggda platserna.

Denna studie omfattar enbart de positiva och negativa framkomlighets- och miljöeffekterna av vägkuddar men åtgärden har även positiva säkerhetseffekter som till exempel reduktion av antalet allvarliga konflikter och en positiv förändring i bilisters väjningsbeteende gentemot fotgängare. Att bedöma om de positiva säkerhetseffekterna överväger över de negativa eller tvärtom är inte enkelt. Man kan använda samhällsekonomiska kalkylmetoder som till exempel Kostnad-nytta- analysmetoden för att bedöma vilka trafikanter som vinner/förlorar eller om samhället överhuvudtaget vinner eller förlorar på grund av åtgärden. Inom ramen för denna studie gjordes inte någon samhällsekonomisk analys av de olika effekterna men man kan jämföra den med en ekonomisk utvärdering av små cirkulationsplatser i Växjö som gjordes av Persson et al (1994). Den studien visade att byggandet av cirkulationsplatserna var samhällsekonomiskt lönsamt trots negativa effekter på restider och avgasutsläpp. Studien visade också att den totala trafikmängden och typ av reglering av korsningen i föresituationen har stor betydelse för om det blir en samhällsekonomisk vinst eller förlust.

Det bör också påpekas att denna studie inte har tagit hänsyn till framkomlighetseffekter för GC-trafikanterna som korsar sidogatan och effekterna på andra delar av vägnätet. Dessa effekter är troligen negativa med hänsyn till framkomlighet, miljö och trafiksäkerhet. Således ger denna studie något för positiv bild av vägkuddens effekter.

Resultatet av Towliats (2001) och denna studie kan sammanställas kort på följande sätt. Placering av vägkuddar före övergångsställen på huvudgator leder till att:

- Trafiksäkerheten avsevärt förbättrats.
- Det skapas opinioner för och emot åtgärden.
- Framkomligheten avsevärt minskar för bilister på huvudgatan.
- Framkomligheten ökar något för bilister på sidogatan.
- Framkomligheten ökar för GC-trafikanter som korsar huvudgatan.
- Avgasutsläppen och bensinförbrukningen ökar.

Man kan fråga sig om under vilka förutsättningar vi nu skall placera vägkuddar i gatutrafiknätet. Att svara på denna fråga är inte så enkelt. Men med hjälp av erfarenheterna i denna studie lämnas några rekommendationer till trafikplanerare som vill använda sig av vägkuddar för att främja trafiksäkerheten samtidigt som inte framkomligheten och avgasutsläppen försämras mer än nödvändigt.

Rekommendationerna kan formuleras på följande sätt:

- På huvudgator med lågt bilflöde och högt korsande GC-flöde är vägkudden lämplig att användas. Det skall särskilt noteras att storleken på tidsvinsten för GC-trafikanterna minskar med ökande biltrafik på huvudgatan.
- Vägkudden bör bara användas vid stort bilflöde om man specifikt är ute efter trafiksäkerhetsvinster. Men man måste då vara beredd att ta hand om de ökande framkomlighetsproblem för bilar på huvudgatan. Erfarenheterna i denna studie visar inte några tecken på köbildningar på huvudgator med cirka 600 bilar/maxtimme men konsekvensen vid större flöde än detta bör studeras. Man skall samtidigt tänka på att CAPCAL-modellerna inte är användbara vid kapacitets- och framkomlighetsberäkningar för korsningar med vägkudde.
- I korsningar med lika stora flöden i alla tillfarter rekommenderas inte vägkudden som en lämplig åtgärd. Då är förmodligen små cirkulationsplatser lämpligare.
- Skall vägkudden placeras på flera platser längs med en huvudgata bör avståndet mellan dessa platser vara över 300 meter med hänsyn till avgasutsläppen. Men man kan också tänka sig att placera vägkuddarna med kort avstånd (runt 50 meter) så att körmönstret blir jämnare och avgasutsläppen mindre. I så fall riskerar man dock att kraftigt minska framkomligheten också för bussar. Då ökar också risken att en del trafik flyttar till andra rutter vilket kan ge negativa effekter.

8.4 Fortsatt forskning

I denna undersökning, trots dess stora omfattning, lämnades ett antal relevanta frågor ur framkomlighetssynpunkt och miljösynpunkt obesvarade då vi saknade resurser för att göra mer omfattande studier än vad som gjordes.

Frågor beträffande en eventuell förändring i det kritiska tidsavståndet och i tidsavståndsfördelningen är frågor som bör utforskas vidare.

Vidare måste ytterligare forskning genomföras för att kunna klarlägga effekten av hastighetsdämpande åtgärder på framkomlighet och miljön inom ett större influensområde. En kritisk fråga är om bilisterna på något sätt försöker kompensera sig för den lägre hastigheten genom att till exempel köra fortare än vad de gjort tidigare när de passerat ut från gatan med åtgärder. Ett sådant forskningsprojekt pågår för närvarande vid institutionen för Teknik och samhälle vid Lunds Tekniska Högskola. I en studie av vägkuddar på Regementsgatan i Malmö använder vi ett större influensområde än vad jag gjorde här.

Diskussionen ovan pekar tydligt på behovet av att utveckla metoder för att studera åtgärdernas effekt på hela trafiksystemet och inte enbart på de lokala effekterna.

Hur hastighetsdämpande åtgärder påverkar vägvalet och hur vägvalet i sin tur påverkar framkomligheten och miljön och inte minst trafiksäkerheten på alternativa vägar är också ett område som behöver utforskas vidare. Studier av vägkuddarnas tillämplighet vid olika typer av trafikomgivningar och trafikammansättningar borde också göras.

Referenser

- Abbott, PG, Phillips, SM, Layfield, RE, (1995). Vehicle and traffic noise surveys alongside speed control cushions in York. Transport Research Laboratory. TRL project report 103. Crowthorne.
- Adams, W. F., 1936. Road traffic considered as a random series. Journal of the Institution of Civil Engineers. P. 121 - 130.
- Anveden, J., (1987). Swedish Research on unsignalized Intersections. W. Brilon (ed.) Intersection Without Traffic Signals. Proceedings of an International Workshop in Bochum, Germany. Heidelberg: Springer-Verlag.
- Austroroads, 1996. Urban speed management in Australia. Sydney.
Bender, G., Palholmen, P. & Westberg, J., 1977. Analys av metoder att mäta fotgängarfördrojning vid övergångställen. Institutionen för Stadsbyggnad, CTH. Göteborg.
- Boulter, PG, Webster, DC, 1997. Traffic calming and vehicle emissions: A literature review. Transport Research Laboratory, TRL report 307.
- Brilon, W., Grossmann, M., Blanke, H., 1994. Verfahren für die Berechnung der Leistungsfähigkeit und Qualität des Verkehrsablaufes auf Strassen. Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik. Heft 669. Bonn.
- CAPCAL 2: model description of intersection without signalcontrol. Vägverket. Publikation 1995:007E. Borlänge.
- Cowan, R, J, 1975. Useful headway models. Transportation Research 9(6).
- De Wit T and Slop M, 1984. traffic humps as recommended by SVT: Design and effects. Traffic operation and management. London.
- Devon County Council, 1992. Traffic calming guidelines, Engineering and planning department.
- Elvik, Rune ; Borger, Anne ; Vaa, Truls, 1995. Trafikkregulering. Utkast til reviderte tiltakskapitler i Trafikk- sikkerhetshåndbok. Transportøkonomisk Institutt, TØI (TEI) Stiftelsen Norsk senter for samferdselsforskning. TØI, arbeidsdokument TST/0687/95 (TEI). Oslo.
- Ericsson, Eva, 1996. Att mäta bilars körmönster. En metodstudie, Institutionen för Trafikteknik, LTH.
- Gedda, M, 1985. Restidsmätning i tätorter. Lunds Universitet. Tekniska Högskolan. Trafikteknik. Bulletin 59. Lund.

- Greenshields, B.D, D. Schapiro and E.L. Erickso, 1947. Traffic Performance at Urban Street Intersectios. Technical Report 1, Yale Bureau of Highway Traffic, New Haven.
- Hagring, Ola, 2000. Framkomlighet i korsningar utan trafiksignaler: en litteraturöversikt. Lunds universitet. Tekniska högskolan. Teknik och samhälle. Trafikplanering. Bulletin 190. Lund.
- Hagring, Ola, 2001. Beräkning av framkomlighetsmått i korsningar utan trafiksignaler: en litteraturöversikt. Lunds universitet. Tekniska högskolan. Teknik och samhälle. rafikplanering. Bulletin 196. Lund.
- Hammarström, Ulf, Karlsson, Bo, 1987. VETO: Ett datorprogram för beräkning av transportkostnader som funktion av vägstandard. Statens Väg- och Trafikinstitut. VTI meddelande 501. Linköping.
- Hansson, A, 1975. Studies in driver behaviour, with applications in traffic design and planning. Two examples: Bilaga 2. Trafikavveckling i korsningar utan signalreglering. Lunds Tekniska Högskola. Trafikteknik. Bulletin nr 11. Lund.
- Hydén, C, Odelid, K, Varhelyi, A, 1995. Effekten av generell hastighetsdämpning i tätort: resultat av ett storskaligt försök i Växjö. I: Huvudrapport. Lunds universitet. Tekniskahögskolan, Trafikteknik. Bulletin 131, Lund.
- Höglund, Paul G, (1995). Estimating traffic related exhaust emissions and immisions at road - and street intersections. KFB & VTI forskning/research. 1995, nr 14:2, s 63-76.
- Johannessen, S, 1984. Kapasitet og avviklingsforhold i ikke signalregulerte kryss: Metodesamling. Norges Tekniske Høgskole. SINTEF Avd. 63. Oppdragsrapport A84006. Trondheim.
- Korner, J, 1979. Trafikanläggningars barriäreffekter 1: Problembeskrivning, begreppsanalys och teoriansats. En litteraturstudie, Chalmers Tekniska Högskola. Trafikplanering - arkitektur. TACTH rapport 1979:1, Göteborg.
- Kyte, Michael et al, (1996). Analysis of traffic operations at all-way stop-controlled intersections by simulation. Transportation Research Record.
- Layfield R E, 1994. The effectiveness of speed cushions as traffic calming devices. Proceedings of Seminar J. 22nd PTRC Eroupean Transport Forum. London.

Referenser

- Layfield, R E and Parry, DI, 1998. Traffic calming: Speed cushion schemes. TRL report 312, Transport Research Laboratory, Crowthorne.
- Luoma, S, 1998. TRANSPORT SYSTEM EFFICIENCY AND ITS ESTIMATION Finnish National Road Administration (Finnra). HELSINKI, Finland.
- Naturvårdsverkets buller rapport "Beräkningsmodell för vägtrafikbuller", SNV RR 1979:1.
- Persson, U., Marianne, 1994. Minirondeller i Växjö - en ekonomisk utvärdering. Institutionen för Trafikteknik, LTH. 121 Bulletin 121, CODEN LUTDG(TVTT-3100)1-15/1994, Lund.
- Pharoah, T and Russell, John, 1989. Traffic calming. Policy and evaluations in three European countries. South Bank Polytechnic. Faculty of Built Environment. Department of Planning, Housing and Development. London.
- Sikrere - roligrere - renere. Hur miljöprioritert gjennomkjöring bør planlegges for mindre støy og luftforurensing i boligveger og hovedgater, 1992. Vegdirektoratet. Oslo.
- Smidfelt Rosqvist, L. 1998. Avgasemissioner och bränsleförbrukning i gatunät med olika egenskaper. Institutionen för Trafikteknik, LTH. 167 Bulletin 167 CODEN LUTVDG/(TVTT-1019)/1-101/(1998) Lic. Lund.
- Statens Vägverket. TV 131, 1977. Beräkning av kapacitet, kölängd, fördröjning i vägtrafikanläggningar. Stockholm.
- Svenska kommunförbundet 1998. Lugna gatan!: en planeringsprocess för säkrare, miljövänligare, trivsammare och vackrare tätortsgator. Stockholm.
- Tanner J.C. , 1951. The delay to pedestrians crossing a road. Biometrika, vol. 38. p. 383-392.
- Teply S., Abou-Henaldy M.I. And Hunt J. D., 1997. Gap acceptance behaviour: aggregate and logit perspectives- Part 1. Traffic Engineering & control 38(9).
- Towliat, Mohsen, 2001. Effects of safety measures for pedestrians and cyclists at crossing facilities on arterial roads. Lunds universitet. Tekniska högskolan. Teknik och samhälle. Trafikplanering. Bulletin 195.
- Trafikkontoret Göteborgs stad, 1997. Säkrare, friliggande signalreglerade övergångsställen i Göteborg. Göteborgs stad. Trafikkontoret. Rapport 9:1997. Göteborg.

- Trafikkontoret Göteborgs stad, 2000. Farthinder som används i Göteborgs kommun. Rapport NR 6:2000.
- Transportation Research Board, 2000. Highway capacity manual. National Research Council. Washington DC.
- Tråd -90: förslag till råd för planering av stadens trafiknät och trafik i sammanhållen bebyggelse (1990). Boverket, Vägverket, Trafiksäkerhetsverket, Naturvårdsverket, Svenska kommunförbundet, Testupplaga. Karlskrona.
- Van Every, Bruce; Holmes, Michael, 1992. Local area traffic management: Effects on the environment. Engineering and the Environment. Local Government Engineering Conference, Adelaide 18-19 March 1992. Conference paper.
- Várhelyi Andras, 1993. Minirondellers effekter på hastighet, tidsförbrukning, bensinförbrukning och avgasutsläpp. Institutionen för Trafikteknik, LTH, 113 Bulletin 113, Lund.
- Vägutformning 94 (VU 94), 1994. Vägverket. Trafikkontoret för vägutformning. Borlänge.
- Webster, David C, 1993. Road humps for controlling vehicle speeds. Transport Research Laboratory, TRL project report 18, Crowthorne.
- Webster, David C and Layfield, Roger E, 1996. Traffic calming: Road hump schemes using 75 mm high humps. Transport Research Laboratory, TRL report 186, Crowthorne.
- Wepf, V. W., 1986. Das verhalten von fussgänger und fahrzfüren an fussgängerstreifen. Strassenverkeherstechnik. Schweiz.
- Wilde, Gerald J S, 1982. The Theory of Risk Homeostatis: Implications for Safety. Risk Analysis, vol 2, No 4, 1982.

BILAGA A - KORSNINGSTYPER

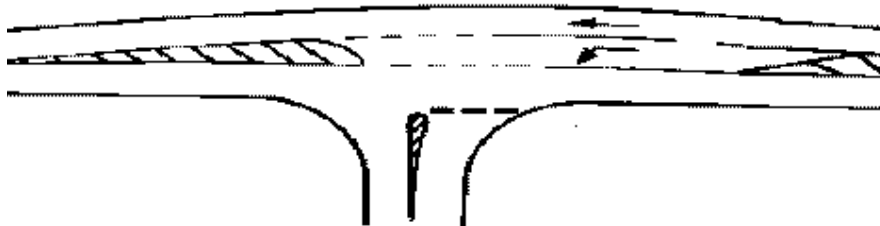
Med korsning (vägkorsning) avses en väganläggning där trafik på olika vägar korsas, åtskiljs eller sammanförs. De anslutande vägarna normalt indelas i primärväg och sekundärväg. Korsningar har med hänsyn till förhållandena för biltrafik från sekundärvägen delats in i mindre korsningar A-C.



Korsningstyp A saknar trafiköar och har normalt ett körfält i varje tillfart. I tätort kan fyrfältig primärgata förekomma.

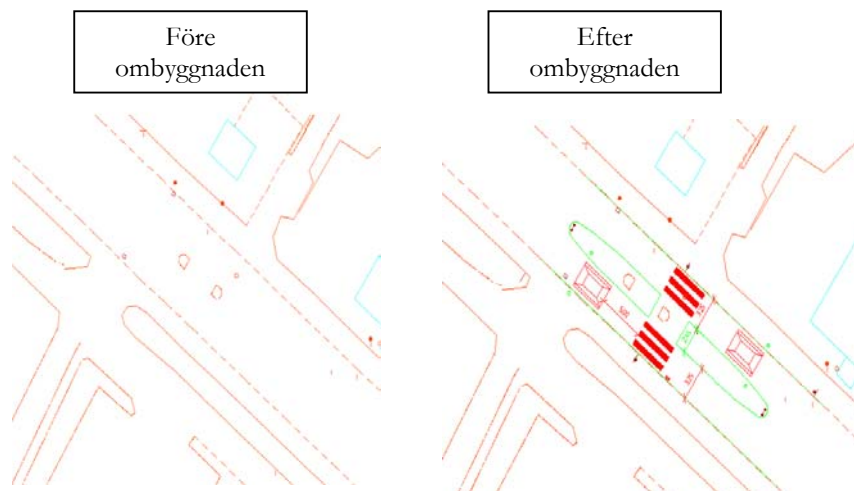


Korsningstyp B är kanaliserad med trafikö: normalt, med refug. I tätort ibland också på primärväg för att underlätta för gående att korsa vägen. Korsningstyp B har normalt ett körfält i varje tillfart. I tätort kan fyrfältig primärgata förekomma.

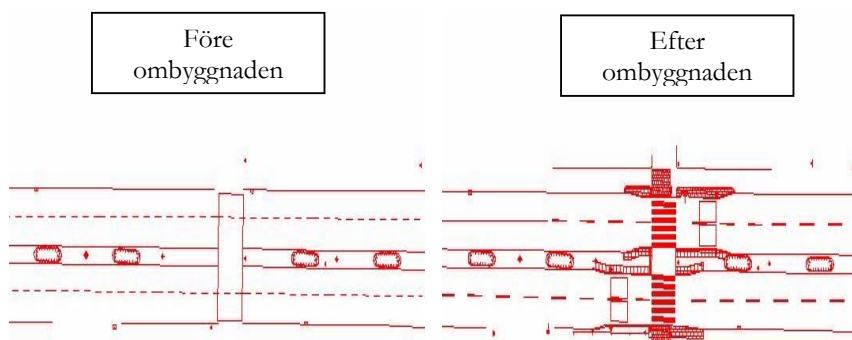


Korsningstyp C, har vänstersvängskörfält på primärvägen kanaliserat med trafikö för att minska riskerna för påkörning bakifrån och för att öka framkomligheten på primärvägen. Refug kan förekomma för att underlätta för gående att korsa. Korsningstyp C har i övrigt normalt inga extra körfält.

Bilaga B – Principskiss över ombyggda platser

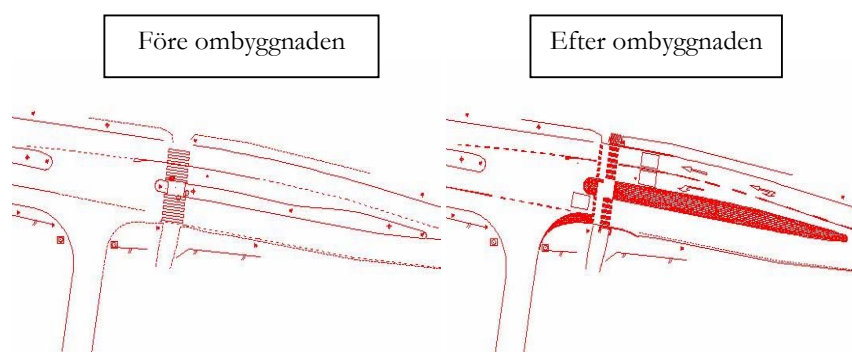


Figur B:1 Skiss över friliggande övergångsställe med ett körfält i varje riktning före och efter ombyggnaden. Skissen visar den ombyggda platsen på Melongatan öster om Stockholm.

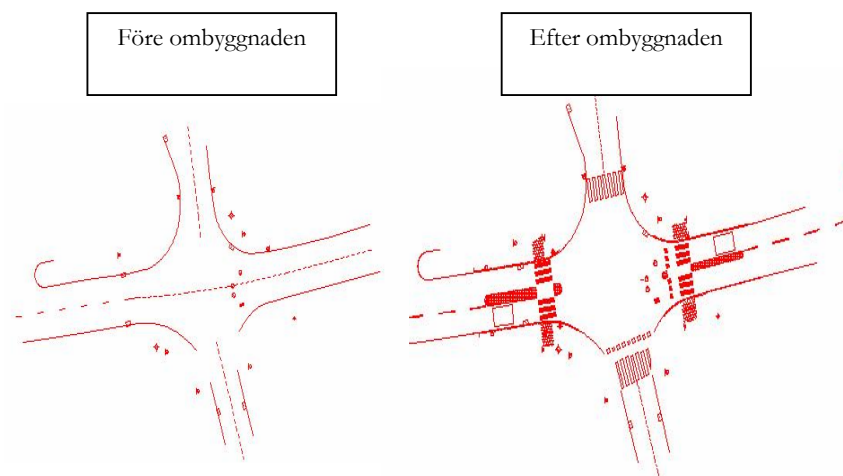


Figur B:2 Skiss över friliggande övergångsställe med två körfält i varje riktning för och efter ombyggnaden. Skissen visar den ombyggda platsen på Bollmoravägen i Tyresö utanför Stockholm.

Bilaga B – principskiss över ombyggda platser



Figur B:3 Skiss över en T-korsning med separat körfält för vänstersvängande fordon i en körriktning på primärvägen före och efter ombyggnaden. Skissen visar den ombyggda platsen på Skolvägen/Bergavägen i Österåker utanför



Figur B:4 Skiss över en fyrvägs korsning före och efter ombyggnaden. Skissen visar den ombyggda platsen Skolvägen/Bergavägen i Österåker utanför Stockholm.

Bilaga C – Passagetidsstudier

Tabell C: 1 Passage- och stopptider i sekunder för följare.

	Passagetider (s)										Stopptider (s)				Antal observationer		Antal stopp	
	Medelvärde					STDA					Medelvärde		STDA		Före	Efter	Före	Efter
	Före	Efter	Diff.	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter					
1	Hagagatan/Vaktelvägen	14.5	10.5	-4.0*	7.7	3.1	3.5	0.0	-3.5*	6.1	0.0	31	25	12	0			
2	Hagagatan/Västhagagatan	23.0	18.9	-4.1*	6.7	3.7	1.9	0.3	-1.6*	3.5	0.9	30	21	9	2			
3	Melongatan	12.8	12.2	-0.6*	3.8	8.0	0.7	0.3	-0.4	1.5	2.2	65	81	7	10			
4	Bollmoravägen	17.3	15.4	-1.9*	5.5	3.9	2.0	0.5	-1.5*	3.8	1.7	172	195	61	24			
5	Teknikvägen	12.8	9.5	-3.3*	7.4	3.4	2.9	1.0	-1.9	6.2	2.3	39	38	11	7			
6	Banvägen	19.5	17.6	-1.9*	5.4	3.4	2.5	0.4	-2.1*	3.3	1.3	49	112	32	13			
7	Skolvägen/Bergavägen	13.0	12.7	-0.3	4.7	4.7	1.9	1.4	-0.5	3.6	4.1	76	92	25	18			
8	Älvtomtagatan/Karlsgratan	16.3	11.5	-4.8*	5.9	3.9	1.7	0.6	-1.1	3.3	1.9	31	21	8	2			
9	Hagagatan/O.E. Andersson	20.9	15.1	-5.8	6.4	6.1	3.2	1.9	-1.3	4.1	3.6	7	10	3	3			
10	Hagagatan/Älvtomtagatan	14.7	12.4	-2.3*	4.1	2.7	6.5	0.1	-6.4*	6.1	0.8	16	30	9	1			
*) Signifikant förändring enligt Welch t-test på 95 % nivå (+ ökning; - minskning)																		
Frliggande GC-överfarter		16.9	14.3	-2.7	4.5	3.7	2.0	0.3	-1.8	1.1	0.2	298	322	89	36			
T-korsningar		16.2	13.6	-2.6	4.7	5.7	2.7	0.7	-2.0	0.3	0.4	88	150	43	20			
Fyrvägskorsningar		16.2	12.9	-3.3	3.4	1.5	3.3	1.0	-2.3	2.2	0.8	130	153	45	24			

Bilaga C - Passagetidsstudier

Tabell C: 2 Passage- och stopptider i sekunder för cyklister.

	Passagetider (s)						Stopptider (s)						Antal observationer		Antal stopp	
	Medelvärde			STDA			Medelvärde			STDA			Före		Efter	
	Före	Efter	Diff.	Före	Efter	STDA	Före	Efter	Diff.	Före	Efter	STDA	Före	Efter	Före	Efter
Studerade platser																
1 Hagagatan/Vaktelvägen	5.0	4.6	-0.4*	4.1	1.7	1.0	0.0	-1.0*	3.3	0.0	140	78	16	0		
2 Hagagatan/Västhagagatan	8.6	6.9	-1.7*	3.5	2.2	0.6	0.1	-0.5*	1.9	0.8	152	143	9	5		
5 Teknikvägen	16.0	4.3	-11.7	16.6	0.8	9.9	0.4	-9.5	14.0	1.5	2	18	1	1		
6 Banvägen	9.8	9.1	-0.7	3.6	4.0	0.5	0.8	0.3	1.1	2.5	120	83	20	9		
7 Skolvägen/Bergavägen	14.0	10.6	-3.4	7.6	7.2	5.5	2.2	-3.3	6.3	6.2	12	13	8	3		
8 Älvtomtagatan/Karlsgratan	6.4	6.5	0.1	3.1	2.4	0.3	0.2	-0.1	1.4	1.0	163	183	14	9		
9 Hagagatan/O.E. Andersson	12.9	9.1	-3.8*	9.8	6.6	2.0	0.1	-1.9*	5.4	0.4	71	52	21	1		
10 Hagagatan/Älvtomtagatan	8.6	6.3	-2.3*	5.3	1.9	1.3	0.1	-1.2*	3.5	0.8	240	186	37	6		
*) Signifikant förändring enligt Welch t-test på 95 % nivå (+ ökning; - minskning)																
Friliggande GC-överfarter	6.8	5.8	-1.0	2.1	1.6	0.8	0.1	-0.8	0.3	0.1	238	221	25	5		
T-korsningar	12.9	6.7	-6.2	4.4	3.4	5.2	0.6	-4.6	6.6	0.3	122	101	21	10		
Fyrvägskorsningar	10.5	8.1	-2.4	3.6	2.1	2.3	0.7	-1.6	2.3	1.0	486	434	80	19		

Bilaga C - Passagetidsstudier

Tabell C: 3 Passage- och stopptider i sekunder för raktframkörande bilister på överordnad led.

Nummer	Studerade platser		Passagetider (s)						Stopptider (s)				Antal observationer		Antal stopp		
			Medelvärde			STDA			Medelvärde		STDA		Före		Efter		
			Före	Efter	Diff.	Före	Efter	STDA	Före	Efter	Före	Efter	Diff.	Före	Efter	Före	Efter
2	Hagagatan/Västhagagatan		8.3	11.5	3.2*	1.7	2.5	2.5	0.01	0.49	0.48*	0.2	1.5	524	428	2	52
4	Bollmoravägen		6.3	8.8	2.5*	2.8	2.8	0.4	0.6	0.2*	1.6	1.9	672	724	56	90	
6	Banvägen		5.4	9.3	3.9*	1.8	2.9	0.02	0.56	0.5*	0.2	2.1	332	322	6	37	
7	Skolvägen/Bergavägen		6.8	13.2	6.4*	2.7	3.3	0.25	0.31	0.06	1.4	2.1	223	147	8	9	
8	Älvtomtagatan/Karlsgratan		8.1	10.9	2.8*	2.2	3.2	0.1	0.4	0.3*	0.9	1.5	333	265	10	25	
9	Hagagatan/O.E. Andersson		4.5	9.7	5.2*	1.4	2.1	0.02	0.04	0.02	0.3	0.3	467	267	3	5	
10	Hagagatan/Älvtomtagatan		6.2	12.0	5.8*	2.7	2.7	0.13	0.05	-0.08	0.9	1.5	494	293	17	3	
*) Signifikant förändring enligt Welch t-test på 95 % nivå (+ ökning; - minskning)																	
Frliggande GC-överfarter			7.3	10.2	2.9	1.4	1.9	0.2	0.5	0.3	0.28	0.08	1196	1152	58	142	
Fyrvägskorsningar			6.4	11.5	5.1	1.5	1.5	0.1	0.2	0.1	0.10	0.18	1517	972	38	42	

Bilaga C - Passagetidsstudier

Tabell C: 4 Passagetider med och utan interaktion i sekunder för raktframkörande bilister på överordnad led.

Nummer	Passagetider med interaktion (s)										Passagetider utan interaktion (s)										Interaktionsfördröjning (s)												
	Medelvärde					STDA					Antal					Medelvärde					STDA					Antal					Medelvärde		
	Före	Efter	Diff.	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Diff.							
2	8.6	12.4	3.8*	1.8	2.5	2.58	2.36	8.1	10.5	2.4*	1.6	2.2	266	192	7.8	9.6	1.8*	3.7	3.2	286	407	5.2	7.9	2.7*	1.0	1.7	386	317	0.2	1.0	0.8		
4	6.3	10.8	4.5*	2.7	3.4	98	132	5.1	8.3	3.2*	1.0	1.9	234	190	6.3	10.8	4.5*	2.7	3.4	98	132	5.1	8.3	3.2*	1.0	1.9	234	190	1.1	0.9	-0.2		
6	7.9	13.7	5.8*	4.5	4.2	62	64	6.3	12.7	6.4*	1.4	2.2	161	83	6.3	13.7	5.8*	4.5	4.2	62	64	6.3	12.7	6.4*	1.4	2.2	161	83	0.5	0.5	0.0		
7	8.9	12.1	3.2*	2.5	3.8	150	125	7.5	9.7	2.2*	1.5	1.9	183	140	8.9	12.1	3.2*	2.5	3.8	150	125	7.5	9.7	2.2*	1.5	1.9	183	140	0.6	1.2	0.6		
9	4.9	10.1	5.2*	1.4	2.0	185	109	4.1	9.3	5.2*	1.1	1.9	282	158	4.9	10.1	5.2*	1.4	2.0	185	109	4.1	9.3	5.2*	1.1	1.9	282	158	0.4	0.4	0.0		
10	7.1	12.9	5.8*	3.2	3.0	274	150	5.2	11.0	5.8*	1.1	2.0	220	143	7.1	12.9	5.8*	3.2	3.0	274	150	5.2	11.0	5.8*	1.1	2.0	220	143	1.0	1.0	0.0		
*) Signifikant förändring enligt Welch t-test på 95 % nivå (+ ökning; - minskning)																																	
Friliggande GC-överfarter																																	
Fyrvägskorsningar																																	

Bilaga C - Passagetidsstudier

Tabell C: 5 Passage- och stopptider i sekunder för högersvängande bilister på överordnad led.

Nummer	Passagetider (s)						Stopptider (s)						Antal observationer		Antal stopp	
	Medelvärde			STDA			Medelvärde			STDA			Före	Efter	Före	Efter
	Före	Efter	Diff.	Före	Efter	Diff.	Före	Efter	Diff.	Före	Efter	Diff.	Före	Efter	Före	Efter
7	6,9	9,8	2,9*	1,3	3,2	0,8	0,0	0,8	0,8*	0	1,8	28	79	0	17	
8	8,7	10,7	2,0*	2,1	2	0,4	0,4	0,8	0,4	1	1,6	19	16	3	4	
9	5,7	9,6	3,9*	2,7	3	0,6	0,6	0,2	-0,4*	1,6	1,5	92	102	15	2	
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
*) Signifikant förändring enligt Welch t-test på 95 % nivå (+ ökning; - minskning)																
Fyrvägskorsningar																
7,1 10,0 2,9 3,8 5,0 0,3 0,6 0,3 0,30 0,42 139 197 18 23																

Bilaga C - Passagetidsstudier

Tabell C: 6 Passagetider med och utan interaktion i sekunder i sekunder för högersvängande bilister på överordnad led.

Nummer	Passagetider med interaktion (s)										Passagetider utan interaktion (s)										Interaktionsfördröjning (s)			
	Medelvärde					STDA					Medelvärde					STDA					Antal		Medelvärde	
	Före	Efter	Diff.	Före	Efter	Före	Efter	Diff.	Före	Efter	Före	Efter	Diff.	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Diff.		
7	7.0	10.5	3.5	2.8	4.1	2	39	6.8	9.1	2.3*	1.2	1.8	26	40	0.1	0.7	0.6							
8	10.1	12.0	1.9*	1.5	1.3	11	10	6.8	8.7	1.9*	0.9	1.0	8	6	1.9	2.0	0.1							
9	7.3	10.3	3.0*	3.4	3.1	34	51	4.8	8.8	4.0*	1.6	2.7	58	51	0.9	0.8	-0.1							
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0	0.0							
*) Signifikant förändring enligt Welch t-test på 95 % nivå (+ ökning; - minskning)																								
Fyrvägskorsningar																								
	3.6	5.2	1.6	4.1	6.0	36	90	6.1	8.9	2.7	1.2	0.2	92	97	1.0	1.2	0.2							

Bilaga C - Passagetidsstudier

Tabell C: 7 Passage- och stopptider i sekunder för vänstervängande bilister på överordnad led.

Nummer	Passagetider (s)						Stopptider (s)						Antal observationer		Antal stopp	
	Medelvärde			STDA			Medelvärde			STDA			Före	Efter	Före	Efter
	Före	Efter	Diff.	Före	Efter	Diff.	Före	Efter	Diff.	Före	Efter	Diff.	Före	Efter	Före	Efter
7	7.4	8.7	1.3*	1.8	3	0.0	0.5	0.5	1.1	1.7	0.6	18	44	4	5	
8	8.9	11.6	2.7*	3.8	6.1	0.6	0.8	1.4	2.9	3.5	0.6	76	79	10	18	
9	7.8	11.4	3.6*	3.5	4.1	-0.3	0.7	0.4	2.2	1.4	-0.3	94	97	14	11	
10	9.3	14.0	4.7*	4.5	4.2	-0.3	0.8	0.5	1.8	1.3	-0.3	96	58	20	8	
*) Signifikant förändring enligt Welch t-test på 95 % nivå (+ ökning; - minskning)																
Fyrvägskorsningar																
			8.0	10.6	2.6	0.9	2.2	0.7	0.8	0.1	0.15	0.49	284	278	48	42

Bilaga C - Passagetidsstudier

Tabell C: 8 Passagetider med och utan interaktion i sekunder för vänstersvängande bilister på överordnad led

Nummer	Passagetider med interaktion (s)										Passagetider utan interaktion (s)						Interaktionsfördröjning (s)					
	Medelvärde					Antal					Medelvärde			Antal			Medelvärde					
	Före	Efter	Diff.	STDA	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Diff.	
7	8.1	9.7	1.6	2.3	3.6	8	8.1	6.8	8.0	1.2*	1.1	2.2	10	25	0.6	0.7	0.1					
8	9.9	14.8	4.9*	4.6	7.2	44	9.9	7.5	8.5	1.0*	1.6	1.6	32	39	1.4	3.1	1.7					
9	9.8	13.0	3.3*	4.9	4.5	34	9.8	6.7	9.7	3.0*	1.3	2.9	60	49	1.1	1.7	0.6					
10	10.8	17.4	6.6*	4.9	1.8	58	10.8	7.0	10.2	3.2*	2.5	2.3	38	28	2.3	3.8	1.5					
*) Signifikant förändring enligt Welch t-test på 95 % nivå (+ ökning; - minskning)																						
Fyrvägskorsningar		9.7	13.7	4.0	1.1	3.2	144	137	7.0	9.1	2.1	0.4	1.0	140	141	1.4	2.3	1.0				

Bilaga C - Passagetidsstudier

Tabell C: 9 Passage- och stopptider i sekunder för raktframkörande bilister på underordnad led.

Nummer	Passagetider (s)						Stopptider (s)						Antal observationer		Antal stopp	
	Medelvärde			STDA			Medelvärde			STDA			Före	Efter	Före	Efter
	Före	Efter	Diff.	Före	Efter	Diff.	Före	Efter	Diff.	Före	Efter	Diff.	Före	Efter	Före	Efter
7	8.1	6.7	-1.4*	2.4	3.5	3.5	1.5	1.2	-0.3	2.1	2.8	39	46	20	11	
8	0	0	0				0	0	0			0	0			
9	10.4	10.4	0.0	7.5	8.1	8.1	3.6	3.5	-0.1	6.3	7.3	18	14	7	8	
10	17.8	13.2	-4.6*	9.8	7.0	7.0	3.3	1.4	-1.9*	9.7	6.8	65	60	31	19	
*) Signifikant förändring enligt Welch t-test på 95 % nivå (+ ökning; - minskning)																
Fyrvägskorsningar		12.1	10.1	-2.0	6.6	6.2	2.8	2.0	-0.8	6.0	5.6	122	120	58	38	

Bilaga C - Passagetidsstudier

Tabell C: 10 Passagetider med och utan interaktion i sekunder för raktframkörande bilister på underordnad led.

Nummer	Passagetider med interaktion (s)										Passagetider utan interaktion (s)						Interaktionsfördröjning (s)				
	Medelvärde					STDA					Medelvärde			STDA			Medelvärde				
	Före	Efter	Diff.	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Antal	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Diff.		
7	8.7	8.4	-0.3	2.7	4.4	4.4	26	22	6.8	5.3	-1.5	0.8	1.1	13	24	1.3	1.4	0.1			
8							0	0			0.0			0	0		0.0	0.0			
9	13.9	13.2	-0.7	8.6	8.8	8.8	10	9	6.1	5.4	-0.7	2.0	3.2	8	5	4.3	5.0	0.7			
10	21.2	18.0	-3.2	9.4	7.1	7.1	47	30	9.0	8.4	-0.6	1.8	1.0	18	30	8.8	4.8	-4.0			
*) Signifikant förändring enligt Welch t-test på 95 % nivå (+ ökning; - minskning)																					
Fyrvägskorsningar					14.6	13.2	-1.4	6.3	4.8	83	61	7.3	6.4	-0.9	1.5	1.8	39	59	4.8	3.7	-1.1

Bilaga C - Passagetidsstudier

Tabell C: 11 Passage- och stopptider i sekunder för högersvängande bilister på underordnad led.

Nummer	Passagetider (s)						Stopptider (s)						Antal observationer		Antal stopp		
	Medelvärde			STDA			Medelvärde			STDA			Före	Efter	Före	Efter	
	Före	Efter	Diff.	Före	Efter	STDA	Före	Efter	Diff.	Före	Efter	STDA	Före	Efter	Före	Efter	
7	14.1	13.8	-0.3	5.5	5.7	5.5	5.7	5.5	5.7	5.5	5.7	5.5	5.7	31	36	16	13
8	12	11.4	-0.6	4.3	4.8	4.3	4.8	0.2	1.8	1.6	3.7	3.4	53	45	11	15	
9	5.3	5.2	-0.1	3.5	2.0	3.5	2.0	-0.9	0.2	1.1	3.0	0.8	27	58	6	4	
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
*) Signifikant förändring enligt Welch t-test på 95 % nivå (+ ökning; - minskning)																	
Fyrvägskorsningar		10.5	10.1	-0.4	6.4	6.2	6.2	-0.7	1.5	2.1	1.6	1.2	111	139	33	32	

Bilaga C - Passagetidsstudier

Tabell C: 12 Passagetider med och utan interaktion i sekunder för högersvängande bilister på underordnad led.

Nummer	Passagetider med interaktion (s)										Passagetider utan interaktion (s)						Interaktionsfördröjning (s)					
	Medelvärde					STDA					Medelvärde			STDA			Medelvärde					
	Före	Efter	Diff.	Före	Efter	STDA	Före	Efter	Antal	Före	Efter	Antal	Före	Efter	Antal	Före	Efter	Antal	Före	Efter	Diff.	
7	15.7	17.2	1.4	5.8	6.0	22	18	10.2	10.4	0.2	1.2	2.7	9	18	3.9	3.4	-0.5					
8	14.4	14.1	-0.3	4.9	5.1	26	23	9.7	8.6	-1.1	1.7	2.1	27	22*	2.3	2.8	0.5					
9	7.8	7.1	-0.7	4.9	1.1	10	22	3.9	4.0	0.1	0.6	1.3	17	36	1.4	1.2	-0.2					
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0	0.0					
*) Signifikant förändring enligt Welch t-test på 95 % nivå (+ ökning; - minskning)																						
Fyrvägskorsningar		9.5	9.6	0.1	7.2	7.7	58	63	7.9	7.7	-0.3	3.5	3.3	53	76	2.5	2.5	-0.1				

Bilaga C - Passagetidsstudier

Tabell C: 13 Passage- och stopptider i sekunder för vänstervängande bilister på underordnad led.

Nummer	Passagetider (s)						Stopptider (s)						Antal observationer		Antal stopp	
	Medelvärde			STDA			Medelvärde			STDA			Före	Efter	Före	Efter
	Före	Efter	Diff.	Före	Efter	Diff.	Före	Efter	Diff.	Före	Efter	Diff.	Före	Efter	Före	Efter
6	10.0	12.5	2.5*	3.0	5.5	2.6*	0.5	3.1	1.4	4.8	28	35	4	16		
7	8.5	9.3	0.8	3.2	4.6	0.6	1.0	1.6	2	3.7	146	121	39	31		
8	14.9	15.3	0.4	9.9	9.4	-0.1	5.4	5.3	9.6	8.6	36	43	15	38		
9	13.4	10.7	-2.7*	9.8	7.3	-2.9*	5.8	2.9	9	6.3	211	210	105	70		
10	8.7	9.4	0.7	2.2	2.1	-0.4	0.90	0.50	1.8	1.3	35	34	8	5		
*) Signifikant förändring enligt Welch t-test på 95 % nivå (+ ökning; - minskning)																
Fyrvägskorsningar																
	11.4	11.2	-0.2	3.3	2.8	-0.7	3.3	2.6	2.69	2.06	428	408	167	144		

Bilaga C - Passagetidsstudier

Tabell C: 14 Passagetider med och utan interaktion i sekunder för vänstervängande bilister på underordnad led.

Nummer	Passagetider med interaktion (s)										Passagetider utan interaktion (s)						Interaktionsfördröjning (s)				
	Medelvärde					STDA					Medelvärde			STDA			Medelvärde				
	Före	Efter	Diff.	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Antal	Före	Efter	Diff.	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Diff.	
6	10.0	14.8	4.8*	2.0	5.7	16	22	8.0	8.5	0.5	1.0	1.0	1.0	1.0	12	13	2.0	4.0	2.0		
7	10.1	11.6	1.5	3.5	5.3	79	62	6.6	7.0	0.4	1.2	1.7	1.7	67	59	1.9	2.3	0.4			
8	17.0	20.0	2.9	10.9	10.3	26	24	9.2	9.4	0.2	2.3	1.8	1.8	10	19	5.7	5.9	0.2			
9	15.9	13.3	-2.5*	10.4	8.7	155	121	6.7	7.1	0.4*	1.2	1.2	1.2	56	89	6.7	3.6	-3.1			
10	11.0	10.7	-0.3	1.2	1.6	14	19	7.3	7.0	-0.3	1.6	1.6	1.6	21	15	1.4	2.4	1.0			
*) Signifikant förändring enligt Welch t-test på 95 % nivå (+ ökning; - minskning)																					
Fyrvägskorsningar					13.5	13.9	0.4	3.5	4.2	274	226	7.5	7.6	0.2	1.2	1.2	154	182	3.9	3.6	-0.4

Bilaga D - Medelrestid och medelreshastighet längs med Hagagatan i Örebro

Bilaga D - Medelrestid och medelreshastighet längs med Hagagatan i Örebro.

Tabell D: 1 Medelrestiden och medelreshastigheten på delsträckor mellan åtgärdade platser längs med Hagagatan i färdriktningen mot centrum i Örebro. Pi avser plats i.

Mot Centrum							
Snitt	Avstånd	Restid (s)			Medelreshastighet (km/timme)		
		före	efter	Förändring	före	efter	Förändring
P1 - P2	249	16.7	25.0	8.3	53.7	35.9	-17.8
P2 - P3	242	16.3	24.0	7.7	53.4	36.3	-17.1
P3 - P4	477	50.0	55.0	5.0	34.3	31.2	-3.1
P4 - P5	110	9.0	13.0	4.0	44.0	30.5	-13.5
P5 - P6	423	34.0	40.0	6.0	44.8	38.1	-6.7
P6 - P7	267	22.0	27.0	5.0	43.7	35.6	-8.1
P7 - P8	141	12.0	18.0	6.0	42.3	28.2	-14.1
Hela sträckan	1909	160.0	202.0	42.0	43.0	34.0	-8.9

Bilaga D - Medelrestid och medelreshastighet längs med Hagagatan i Örebro

Tabell D: 2 Medelrestiden och medelreshastigheten på delsträckor mellan åtgärdade platser längs med Hagagatan i färdriktningen mot Solhaga i Örebro. Pi avser plats i.

Mot Solhaga							
Snitt	Avstånd	Restid (s)			Medelreshastighet (km/timme)		
		före	efter	Förändring	före	efter	Förändring
P1 - P2	249	17.3	25.9	8.6	51.8	34.6	-17.2
P2 - P3	242	16.8	25.1	8.3	51.9	34.7	-17.1
P3 - P4	477	46.0	52.0	6.0	37.3	33.0	-4.3
P4 - P5	110	9.0	15.0	6.0	44.0	26.4	-17.6
P5 - P6	423	31.0	39.0	8.0	49.1	39.0	-10.1
P6 - P7	267	24.0	28.0	4.0	40.1	34.3	-5.7
P7 - P8	141	12.0	18.0	6.0	42.3	28.2	-14.1
Hela sträckan	1909	156.1	203.0	46.9	44.0	33.9	-10.2

Bilaga E – Avgasutsläpp och bensinförbrukning

Tabell E: 1 Avgasemissionsfaktorer och bensinförbrukning längs med Hagagatan i färdriktningen mot centrum i Örebro. Pi avser plats i.

Snitt		Sträcka (m)	Antal		HC mg/fkm			CO mg/fkm			Nox mg/fkm			CO ₂ g/fkm			Part mg/fkm			Bensin lit/fkm		
			Före	Efter	Före	Efter	Diff.	Före	Efter	Diff.	Före	Efter	Diff.	Före	Efter	Diff.	Före	Efter	Diff.	Före	Efter	Diff.
P1 - P3	38	491	30.5	36.2	5.7*	338.5	345.0	6.5	117.6	179.3	61.7*	166.3	223.7	57.5*	3.3	3.3	0.1*	0.07	0.095	0.024*		
P3 - Signalen	30	120	42.5	55.2	12.7*	296.9	431.3	134.4*	135.2	209.8	74.6*	231.7	309.8	78.0*	2.9	4.2	1.3*	0.098	0.131	0.033*		
Signalen - P4	22	357	34.8	35.0	0.3	349.3	302.3	-47.0	166.1	168.2	2.1	222.4	227.9	5.5	3.4	2.9	-0.5	0.094	0.097	0.002		
P4 - P5	20	110	30.9	40.0	9.2*	182.2	304.5	122.3*	97.0	186.0	89.1*	158.5	232.5	73.9*	1.8	3.0	1.2	0.067	0.099	0.031*		
P5 - P6	26	423	28.3	35.1	6.7*	150.6	304.5	153.9	105.2	167.8	62.5*	158.0	221.6	63.6*	1.5	3.0	1.5*	0.067	0.094	0.027*		
P6 - P7	31	267	33.3	36.4	3.2	235.3	340.6	105.2	142.9	176.3	33.4*	201.5	228.0	26.5	2.3	3.3	1.0*	0.085	0.097	0.011		
P7 - P8	29	141	22.7	38.3	15.6*	112.8	249.2	136.3	66.6	163.7	97.1*	123.8	218.7	94.9*	1.1	2.4	1.3*	0.052	0.093	0.040*		
Hela sträckan	-	1909	31.4	37.3	5.9	255.5	323.1	67.6	123.5	175.4	51.9	180.4	230.1	49.8	2.5	3.1	0.7	0.076	0.098	0.021		

*) Signifikant förändring enligt Welch t-test på 95 % nivå (+ ökning; - minskning)

Bilaga E – Avgasutsläpp och bensinförbrukning

Tabell E: 2 Avgasemissionsmängder och bensinförbrukning längs med Hagagatan i färdriktningen mot Solhaga i Örebro. Pi avser plats i.

Snitt		Sträcka (m)	Antal		HC mg/fkm		CO mg/fkm		Nox mg/fkm		CO2 g/fkm		Part mg/fkm		Bensin lit/fkm					
			Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter				
P1 - P3	18	491	24.3	35.9	11.6*	147.3	315.9	168.6*	91.6	176.9	85.4*	137.2	235.3	98.0*	1.4	3.1	1.6*	0.058	0.1	0.042*
P3 - Signalen	21	120	55.0	39.8	-15.2*	607.0	352.4	-254.7*	298.8	183.7	-115.1*	313.4	243.5	-69.9*	5.9	3.4	-2.5*	0.133	0.103	-0.030*
Signalen - P4	29	357	30.2	37.7	7.5*	190.1	326.4	136.2*	106.9	175.2	68.3*	166.8	239.9	73.2*	1.8	3.2	1.3*	0.071	0.102	0.031*
P4 - P5	33	110	29.3	41.2	11.9*	148.0	240.0	92.0*	105.1	166.5	61.3*	157.6	235.4	77.8*	1.4	2.3	0.9*	0.067	0.1	0.033*
P5 - P6	34	423	30.5	34.1	3.6*	215.0	313.5	98.5*	133.3	165.9	32.6*	181.5	217.7	36.2*	2.1	3.0	1.0*	0.077	0.092	0.015*
P6 - P7	33	267	29.9	35.6	5.7*	156.9	339.3	182.3*	104.2	160.0	55.8*	165.7	215.2	49.5*	1.5	3.3	1.8*	0.07	0.091	0.021*
P7 - P8	32	141	41.6	41.6	0.1	302.9	327.0	24.1	155.1	192.4	37.3*	199.3	253.4	54.1*	2.9	3.2	0.2	0.084	0.107	0.023*
Hela sträckan	-	1909	31.0	36.8	5.8	211.4	319.2	107.7	123.6	172.8	49.1	173.2	231.4	58.2	2.1	3.1	1.0	0.073	0.098	0.025

*) Signifikant förändring enligt Welch t-test på 95 % nivå (+ ökning; - minskning)

Tabell E: 3 Avgasemissionsmängder och bensinförbrukning längs med Hagagatan i båda färdriktningar i Örebro. Pi avser plats i.

Hagagatan båda riktningarna																					
Snitt	Sträckan (m)	Antal		HC mg/fkm		CO mg/fkm		Nox mg/fkm		CO ₂ g/fkm		Part mg/fkm		Bensin lit/fkm							
		Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Diff.					
P1 - P3	491	56	98	28.5	36.1	7.6*	277.0	330.7	53.7*	109.2	178.1	68.9*	156.9	229.4	72.4*	2.7	3.2	0.5*	0.066	0.097	0.031*
P3 - Signalen	120	51	99	47.6	47.9	0.2	424.6	393.8	-30.8	202.6	197.4	-5.2	265.4	278.3	12.9	4.1	3.8	-0.3	0.112	0.118	0.005
Signalen - P4	357	51	107	32.2	36.4	4.2*	258.8	314.2	55.4*	132.4	171.7	39.2*	190.8	233.9	43.1*	2.5	3.1	0.5*	0.081	0.099	0.018*
P4 - P5	110	53	103	29.9	40.7	10.8*	160.9	270.1	109.1v	102.1	175.6	73.5*	157.9	234.0	76.1*	1.6	2.6	1.1*	0.067	0.099	0.032*
P5 - P6	423	60	92	29.6	34.5	5.0*	187.1	309.4	122.3*	121.2	166.8	45.6*	171.3	219.5	48.2*	1.8	3.0	1.2*	0.073	0.093	0.020*
P6 - P7	267	64	119	31.5	36.0	4.5*	194.9	339.9	145.0*	122.9	168.1	45.2*	183.0	221.6	38.5*	1.9	3.3	1.4*	0.078	0.094	0.016*
P7 - P8	141	61	119	32.6	39.9	7.3*	212.6	287.8	75.2*	113.0	177.9	64.9*	163.4	235.9	72.5*	2.1	2.8	0.7*	0.069	0.1	0.031*
Hela sträckan	1909	-	-	31.2	37.1	5.8	233.5	321.1	87.7	123.6	174.1	50.5	176.8	230.7	54.0	2.3	3.1	0.9	0.075	0.098	0.023

*) Signifikant förändring enligt Welch t-test på 95 % nivå (+ ökning; - minskning)

Bilaga E – Avgasutsläpp och bensinförbrukning

Tabell E: 4 Procentuella förändringar i avgasemissionfaktorer och bensinförbrukning längs med Hagagatan i Örebro. Pi avser plats i.

Snitt	Sträcka (m)	HC mg/fkm			CO mg/fkm			NOx mg/fkm			CO2 g/fkm			Part mg/fkm			Bensin lit/fkm					
		Mot centrum	Mot Solhaga	Båda riktningar	Mot centrum	Mot Solhaga	Båda riktningar	Mot centrum	Mot Solhaga	Båda riktningar	Mot centrum	Mot Solhaga	Båda riktningar	Mot centrum	Mot Solhaga	Båda riktningar	Mot centrum	Mot Solhaga	Båda riktningar			
P1 - P3	491	19%	48%	27%	2%	115%	19%	52%	93%	71%	46%	2%	115%	19%	35%	71%	2%	115%	19%	35%	71%	
P3 - Signalen	120	30%	-28%	1%	45%	-42%	-7%	55%	-39%	-22%	5%	45%	-42%	-7%	34%	-22%	34%	-22%	34%	-22%	5%	
Signalen - P4	357	1%	25%	13%	-13%	72%	21%	1%	64%	44%	23%	-13%	72%	21%	2%	44%	2%	72%	21%	2%	44%	23%
P4 - P5	110	30%	41%	36%	67%	62%	68%	92%	58%	49%	48%	67%	62%	68%	47%	62%	67%	62%	68%	47%	49%	48%
P5 - P6	423	24%	12%	17%	102%	46%	65%	59%	24%	20%	28%	102%	46%	65%	40%	46%	102%	46%	65%	40%	20%	28%
P6 - P7	267	10%	19%	14%	45%	116%	74%	23%	54%	30%	21%	45%	116%	74%	13%	30%	45%	116%	74%	13%	30%	21%
P7 - P8	141	68%	0%	23%	121%	8%	35%	146%	24%	27%	44%	121%	8%	35%	77%	27%	121%	8%	35%	77%	27%	44%
Hela sträckan	1909	19%	19%	19%	26%	51%	38%	42%	40%	34%	31%	28%	34%	31%	26%	51%	26%	51%	38%	28%	34%	31%

Bilaga F - Test av mätdata för framkomligheten

Två-sampel t-test har utförts såväl framkomlighetsmätningar som för avgasutsläppsmätningar. Denna typ av test antar att båda dataområdenas (före- och eftermätningar) varians är olika och det kallas för ett heteroskedastiskt t-test. Man kan använda ett t-test för att bestämma om två sampelmedelvärden är lika.

Nedanstående formel har använts för att bestämma det statistiska värdet för testet t .

$$t' = \frac{\bar{x} - \bar{y} - \Delta_0}{\sqrt{\frac{S_1^2}{m} + \frac{S_2^2}{n}}}$$

Följande formel har använts för att approximera frihetsgraderna. närmaste heltal har använts för att få ett kritiskt värde från t -tabellen, eftersom resultatet av beräkningen oftast inte är ett heltal.

$$df = \frac{\left(\frac{S_1^2}{m} + \frac{S_2^2}{n}\right)^2}{\frac{(S_1^2/m)^2}{m-1} + \frac{(S_2^2/n)^2}{n-1}}$$

Standardavvikelsen beräknades med "n-1"-metoden i vilken följande formel användes:

$$\sqrt{\frac{n \sum x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}}$$

BILAGA F - TEST AV MÄTDATA

Hagagatan – Vaktelvägen								
	Fotgängare				Cyklist			
	Passagetid (s)		Stopptid (s)		Passagetid (s)		Stopptid (s)	
	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter
Medelvärde	14.5	10.5	3.5	0.0	5.0	4.6	1.0	0.0
Varians	59.5	9.4	37.2	0.0	17.0	3.0	10.7	0.0
Observationer	31	25	31	25	140	78	140	78
fg	41		30		204		139	
t-kvot	2.619		3.192		0.955		3.520	
P(T<=t) tvåsidig	0.012		0.003		0.340		0.001	
t-kritisk tvåsidig	2.020		2.042		1.972		1.977	

Hagagatan – Väst Hagagatan								
	Fotgängare				Cyklist			
	Passagetid (s)		Stopptid (s)		Passagetid (s)		Stopptid (s)	
	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter
Medelvärde	23.0	18.9	1.9	0.3	8.6	6.9	0.6	0.1
Varians	45.0	13.6	12.4	0.9	12.3	4.9	5.3	0.7
Observationer	30	21	30	21	152	143	98	143
fg	47		35		257		115	
t-kvot	2.805		2.382		4.969		1.971	
P(T<=t) tvåsidig	0.007		0.023		0.000		0.051	
t-kritisk tvåsidig	2.012		2.030		1.969		1.981	

BILAGA F - TEST AV MÄTDATA

	Melongatan				Bollmoravägen			
	Fotgängare				Fotgängare			
	Passagetid (s)		Stopptid (s)		Passagetid (s)		Stopptid (s)	
	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter
Medelvärde	12.8	12.2	0.7	0.3	17.3	15.4	2.0	0.5
Varians	14.2	64.3	2.3	5.0	30.0	14.9	14.1	2.8
Observationer	65	81	65	81	172	195	172	195
fg	119		140		302		230	
t-kvot	-1.326		-1.018		3.923		4.732	
P(T<=t) tvåsidig	0.187		0.311		0.000		0.000	
t-kritisk tvåsidig	1.980		1.977		1.968		1.970	

Teknikvägen									
	Fotgängare				Cyklist				
	Passagetid (s)		Stopptid (s)		Passagetid (s)		Stopptid (s)		
	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	
	Medelvärde	12.8	9.5	2.9	1.0	16.0	4.3	9.9	0.4
Varians	54.4	11.4	38.1	5.3	276.8	0.6	196.0	2.3	
Observationer	39	38	39	38	2	18	2	18	
fg	54		49		1		1		
t-kvot	2.514		1.863		0.994		0.963		
P(T<=t) tvåsidig	0.015		0.068		0.502		0.512		
t-kritisk tvåsidig	2.005		2.010		12.706		12.706		

BILAGA F - TEST AV MÄTDATA

Banvägen								
	Fotgängare				Cyklist			
	Passagetid (s)		Stopptid (s)		Passagetid (s)		Stopptid (s)	
	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter
Medelvärde	19.5	17.6	2.5	0.4	9.8	9.1	0.5	0.8
Varians	29.7	11.1	10.7	1.8	12.7	16.2	1.2	6.5
Observationer	49	112	49	112	120	83	120	83
fg	64		55		162		103	
t-kvot	2.240		4.380		1.162		-1.128	
P(T<=t) tvåsidig	0.029		0.000		0.247		0.262	
t-kritisk tvåsidig	1.998		2.004		1.975		1.983	

Skolvägen – Bergavägen								
	Fotgängare				Cyklist			
	Passagetid (s)		Stopptid (s)		Passagetid (s)		Stopptid (s)	
	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter
Medelvärde	13.0	12.7	1.9	1.4	14.0	10.6	5.5	2.2
Varians	21.7	22.3	13.0	17.0	58.4	51.9	39.9	39.0
Observationer	76	92	76	92	12	13	12	13
fg	161		165		23		23	
t-kvot	0.427		0.790		1.140		1.340	
P(T<=t) tvåsidig	0.670		0.431		0.266		0.193	
t-kritisk tvåsidig	1.975		1.974		2.069		2.069	

BILAGA F - TEST AV MÄTDATA

Älvtomtagatan – Karlsgatan								
	Fotgängare				Cyklist			
	Passagetid (s)		Stopptid (s)		Passagetid (s)		Stopptid (s)	
	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter
Medelvärde	16.3	11.5	1.7	0.6	6.4	6.5	0.3	0.2
Varians	34.5	15.2	11.1	3.8	9.7	5.8	2.0	1.0
Observationer	31	21	31	21	163	183	163	183
fg	50		49		304		283	
t-kvot	3.574		1.455		-0.147		1.038	
P(T<=t) tvåsidig	0.001		0.152		0.883		0.300	
t-kritisk tvåsidig	2.009		2.010		1.968		1.968	

Hagagatan – O.E. Andersson								
	Fotgängare				Cyklist			
	Passagetid (s)		Stopptid (s)		Passagetid (s)		Stopptid (s)	
	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter
Medelvärde	20.9	15.1	3.2	1.9	12.9	9.1	2.0	0.05
Varians	40.7	37.7	16.9	13.3	95.4	43.8	28.6	0.1
Observationer	7	10	7	10	71	52	71	52
fg	13		12		120		71	
t-kvot	1.889		0.685		2.580		3.009	
P(T<=t) tvåsidig	0.081		0.506		0.011		0.004	
t-kritisk tvåsidig	2.160		2.179		1.980		1.994	

BILAGA F - TEST AV MÄTDATA

Hagagatan – Älvtomtagatan								
	Fotgängare				Cyklist			
	Passagetid (s)		Stopptid (s)		Passagetid (s)		Stopptid (s)	
	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter
Medelvärde	14.7	12.4	6.5	0.1	8.6	6.3	1.3	0.1
Varians	16.8	7.2	37.2	0.7	28.2	3.5	12.5	0.6
Observationer	16	30	16	30	240	186	240	186
fg	22		15		312		267	
t-kvot	2.056		4.124		6.326		4.844	
P(T<=t) tvåsidig	0.052		0.001		0.000		0.000	
t-kritisk tvåsidig	2.074		2.131		1.968		1.969	

Hagagatan – Väst Hagagatan (Raktframkörande bilster på överordnad led)								
	Passagetid (s)		Stopptid (s)		Passagetid (s) med interaktion		Passagetid (s) utan interaktion	
	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter
Medelvärde	8.3	11.5	0.01	0.5	8.6	12.4	8.1	10.5
Varians	3.0	6.3	0.03	2.1	3.3	6.1	2.5	4.7
Observationer	524	428	524	426	258	236	266	192
fg	730		436		429		332	
t-kvot	1.647		1.648		1.650		1.650	
P(T<=t) tvåsidig	0.000		0.000		0.000		0.000	
t-kritisk tvåsidig	1.963		1.965		1.970		1.970	

BILAGA F - TEST AV MÄTDATA

Bollmoravägen (Raktframkörande bilister på överordnad led)								
	Passagetid (s)		Stopptid (s)		Passagetid (s) med interaktion		Passagetid (s) utan interaktion	
	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter
Medelvärde	6.3	8.8	0.4	0.6	7.8	9.6	5.2	7.9
Varians	7.9	7.9	2.5	3.6	13.4	10.5	1.1	2.7
Observationer	672	724	672	724	286	407	386	317
fg	1386		1377		566		506	
t-kvot	-16.706		-2.123		-6.710		-24.510	
P(T<=t) tvåsidig	0.000		0.034		0.000		0.000	
t-kritisk tvåsidig	1.962		1.962		1.960		1.960	

Banvägen (Raktframkörande bilister på överordnad led)								
	Passagetid (s)		Stopptid (s)		Passagetid (s) med interaktion		Passagetid (s) utan interaktion	
	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter
Medelvärde	5.4	9.3	0.02	0.6	6.3	10.8	5.1	8.4
Varians	3.1	8.4	0.04	3.2	7.4	11.9	0.9	3.7
Observationer	332	322	332	322	98	132	234	190
fg	545		337		227		265	
t-kvot	-20.953		-5.369		-11.200		-21.360	
P(T<=t) tvåsidig	0.000		0.000		0.000		0.000	
t-kritisk tvåsidig	1.964		1.967		1.970		1.970	

BILAGA F - TEST AV MÄTDATA

Skolvägen – Bergavägen (Raktframkörande bilister på överordnad led)								
	Passagetid (s)		Stopptid (s)		Passagetid (s) med interaktion		Passagetid (s) utan interaktion	
	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter
Medelvärde	6.8	13.2	0.3	0.3	7.9	13.7	6.3	12.7
Varians	7.5	10.6	2.1	4.4	20.4	17.9	2.0	4.7
Observationer	223	147	223	147	62	64	161	83
fg	275		237		123		119	
t-kvot	-19.621		-0.312		-7.490		-24.300	
P(T<=t) tvåsidig	0.000		0.756		0.000		0.000	
t-kritisk tvåsidig	1.969		1.970		1.980		1.980	

Älvtomtag.– Karlsgatan (Raktframkörande bilister på överordnad led)								
	Passagetid (s)		Stopptid (s)		Passagetid (s) med interaktion		Passagetid (s) utan interaktion	
	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter
Medelvärde	8.1	10.9	0.1	0.4	9.0	12.1	7.5	9.7
Varians	4.6	10.1	0.8	2.1	6.5	14.3	2.2	3.6
Observationer	333	265	333	265	150	125	183	140
fg	445		410		210		254	
t-kvot	-11.979		-2.417		-8.030		-11.640	
P(T<=t) tvåsidig	0.000		0.016		0.000		0.000	
t-kritisk tvåsidig	1.965		1.966		1.970		1.970	

BILAGA F - TEST AV MÄTDATA

Hagagatan – O.E. Andersson (Raktframkörande bilister på överordnad led)								
	Passagetid (s)		Stopptid (s)		Passagetid (s) med interaktion		Passagetid (s) utan interaktion	
	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter
Medelvärde	4.5	9.7	0.02	0.04	5.0	10.1	4.1	9.3
Varians	2.0	4.6	0.1	0.1	2.1	4.1	1.1	3.6
Observationer	467	267	467	267	185	109	282	158
fg	403		553		172		213	
t-kvot	-35.763		-0.734		-23.370		-31.870	
P(T<=t) tvåsidig	0.000		0.464		0.000		0.000	
t-kritisk tvåsidig	1.966		1.964		1.970		1.970	

Hagagatan – Älvtomtagatan (Raktframkörande bilister på överordnad led)								
	Passagetid (s)		Stopptid (s)		Passagetid (s) med interaktion		Passagetid (s) utan interaktion	
	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter
Medelvärde	6.2	12.0	0.1	0.1	7.1	12.9	5.2	11.0
Varians	7.3	7.3	0.8	0.2	10.5	8.8	1.2	3.9
Observationer	494	293	494	293	274	150	220	143
fg	611		781		330		200	
t-kvot	-28.862		1.732		-18.690		-32.060	
P(T<=t) tvåsidig	0.000		0.084		0.000		0.000	
t-kritisk tvåsidig	1.964		1.963		1.970		1.970	

BILAGA F - TEST AV MÄTDATA

Skolvägen – Bergavägen (Högersvängande bilister på överordnad led)								
	Passagetid (s)		Stopptid (s)		Passagetid (s) med interaktion		Passagetid (s) utan interaktion	
	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter
Medelvärde	6.9	9.8	0.0	0.8	7.0	10.5	6.9	9.1
Varians	1.7	10.4	0.0	3.3	8.0	17.2	1.5	3.2
Observationer	28	79	28	79	2	39	26	40
fg	103		78		1		64	
t-kvot	-6.650		-3.694		-1.650		-6.040	
P(T<=t) tvåsidig	0.000		0.000		0.350		0.000	
t-kritisk tvåsidig	1.983		1.991		12.710		2.000	

Älvtomtag.– Karlsgatan (Högersvängande bilister på överordnad led)								
	Passagetid (s)		Stopptid (s)		Passagetid (s) med interaktion		Passagetid (s) utan interaktion	
	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter
Medelvärde	8.7	10.8	0.4	0.8	10.1	12.0	6.8	8.7
Varians	4.5	4.2	1.0	2.7	2.3	1.8	0.8	1.1
Observationer	19	16	19	16	11	10	8	6
fg	32		24		19		10	
t-kvot	-2.931		-0.829		-3.070		-3.650	
P(T<=t) tvåsidig	0.006		0.415		0.010		0.000	
t-kritisk tvåsidig	2.037		2.064		2.090		2.230	

BILAGA F - TEST AV MÄTDATA

Hagagatan – O.E. Andersson (Högervängande bilister på överordnad led)								
	Passagetid (s)		Stopptid (s)		Passagetid (s) med interaktion		Passagetid (s) utan interaktion	
	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter
Medelvärde	5.7	9.6	0.6	0.2	7.3	10.3	4.8	8.8
Varians	7.4	9.0	2.4	2.2	11.6	9.7	2.7	7.3
Observationer	92	102	92	102	34	51	58	51
fg	192		187		66		80	
t-kvot	-9.335		2.037		-4.070		-9.250	
P(T<=t) tvåsidig	0.000		0.043		0.000		0.000	
t-kritisk tvåsidig	1.972		1.973		2.000		1.990	

Skolvägen – Bergavägen (Vänstersvängande bilister på överordnad led)								
	Passagetid (s)		Stopptid (s)		Passagetid (s) med interaktion		Passagetid (s) utan interaktion	
	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter
Medelvärde	7.4	8.7	0.5	0.5	8.1	9.7	6.8	8.0
Varians	3.3	8.9	1.2	3.1	5.3	12.8	1.3	4.9
Observationer	18	44	18	44	8	19	10	25
fg	51		49		20		31	
t-kvot	-2.157		-0.062		-1.400		-2.040	
P(T<=t) tvåsidig	0.036		0.951		0.180		0.050	
t-kritisk tvåsidig	2.008		2.010		2.090		2.040	

BILAGA F - TEST AV MÄTDATA

Älvtomtag.– Karlsgatan (Vänstersvägande bilister på överordnad led)								
	Passagetid (s)		Stopptid (s)		Passagetid (s) med interaktion		Passagetid (s) utan interaktion	
	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter
Medelvärde	8.9	11.7	0.8	1.4	9.9	14.8	7.5	8.5
Varians	14.3	37.4	8.4	12.0	20.8	52.1	2.5	2.7
Observationer	76	79	76	79	44	40	32	39
fg	131		150		65		67	
t-kvot	-3.416		-1.198		-3.670		-2.520	
P(T<=t) tvåsidig	0.001		0.233		0.000		0.010	
t-kritisk tvåsidig	1.978		1.976		2.000		2.000	

Hagagatan – O.E. Andersson (Vänstersvägande bilister på överordnad led)								
	Passagetid (s)		Stopptid (s)		Passagetid (s) med interaktion		Passagetid (s) utan interaktion	
	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter
Medelvärde	7.8	11.4	0.7	0.4	9.8	13.0	6.7	9.7
Varians	12.0	16.9	5.0	1.9	24.4	20.3	1.7	8.4
Observationer	94	97	94	97	34	48	60	49
fg	185		154		67		63	
t-kvot	-6.544		1.195		-3.070		-6.910	
P(T<=t) tvåsidig	0.000		0.234		0.000		0.000	
t-kritisk tvåsidig	1.973		1.975		2.000		2.000	

BILAGA F - TEST AV MÄTDATA

Hagagatan – Älvtomtagatan (Vänstersvängande bilister på överordnad led)								
	Passagetid (s)		Stopptid (s)		Passagetid (s) med interaktion		Passagetid (s) utan interaktion	
	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter
Medelvärde	9.3	14.0	0.8	0.5	10.8	17.4	7.0	10.2
Varians	20.6	17.7	3.4	1.7	24.2	3.3	6.4	5.4
Observationer	96	58	96	58	58	30	38	28
fg	128		149		80		61	
t-kvot	-6.498		1.385		-9.100		-5.390	
P(T<=t) tvåsidig	0.000		0.168		0.000		0.000	
t-kritisk tvåsidig	1.979		1.976		1.990		2.000	

Skolvägen – Bergavägen (Raktframkörande bilister på underordnad led)								
	Passagetid (s)		Stopptid (s)		Passagetid (s) med interaktion		Passagetid (s) utan interaktion	
	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter
Medelvärde	8.1	6.7	1.5	1.2	8.7	8.4	6.8	5.3
Varians	6.0	12.2	4.4	8.0	7.5	19.6	0.7	1.2
Observationer	39	46	39	46	26	22	13	24
fg	80		82		34		31	
t-kvot	2.025		0.675		0.300		4.690	
P(T<=t) tvåsidig	0.046		0.502		0.760		0.000	
t-kritisk tvåsidig	1.990		1.989		2.030		2.040	

BILAGA F - TEST AV MÄTDATA

Hagagatan – O.E. Andersson (Raktframkörande bilister på underordnad led)								
	Passagetid (s)		Stopptid (s)		Passagetid (s) med interaktion		Passagetid (s) utan interaktion	
	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter
Medelvärde	10.4	10.4	3.6	3.5	13.9	13.2	6.1	5.4
Varians	56.5	65.7	39.7	53.7	73.9	76.9	3.8	10.3
Observationer	18	14	18	14	10	9	8	5
fg	27		26		17		6	
t-kvot	0.006		0.045		0.170		0.450	
P($T \leq t$) tvåsidig	0.996		0.964		0.870		0.670	
t-kritisk tvåsidig	2.052		2.056		2.110		2.450	

Hagagatan – Älvtomtagatan (Raktframkörande bilister på underordnad led)								
	Passagetid (s)		Stopptid (s)		Passagetid (s) med interaktion		Passagetid (s) utan interaktion	
	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter
Medelvärde	17.8	13.2	8.3	4.4	21.2	18.0	9.0	8.4
Varians	95.3	48.5	93.8	45.9	89.3	50.3	3.3	1.1
Observationer	65	60	65	60	47	30	18	30
fg	116		115		73		24	
t-kvot	3.072		2.599		1.710		1.280	
P($T \leq t$) tvåsidig	0.003		0.011		0.090		0.210	
t-kritisk tvåsidig	1.981		1.981		1.990		2.060	

BILAGA F - TEST AV MÄTDATA

Skolvägen – Bergavägen (Högersvängande bilister på underordnad led)								
	Passagetid (s)		Stoppetid (s)		Passagetid (s) med interaktion		Passagetid (s) utan interaktion	
	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter
Medelvärde	14.1	13.8	3.7	2.4	15.7	17.2	10.2	10.4
Varians	30.1	33.0	30.5	21.5	33.3	36.4	1.4	7.6
Observationer	31	36	31	36	22	18	9	18
fg	64		59		36		25	
t-kvot	0.235		1.031		-0.770		-0.290	
P(T<=t) tvåsidig	0.815		0.307		0.450		0.770	
t-kritisk tvåsidig	1.998		2.001		2.030		2.060	

Älvtomtag.– Karlsgatan (Högersvängande bilister på underordnad led)								
	Passagetid (s)		Stoppetid (s)		Passagetid (s) med interaktion		Passagetid (s) utan interaktion	
	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter
Medelvärde	12.0	11.4	1.6	1.8	14.4	14.1	9.7	8.6
Varians	18.7	22.9	13.6	11.7	24.4	26.5	2.8	4.3
Observationer	53	45	53	45	26	23	27	22
fg	90		95		46		40	
t-kvot	0.663		-0.242		0.230		2.010	
P(T<=t) tvåsidig	0.509		0.809		0.820		0.050	
t-kritisk tvåsidig	1.987		1.985		2.010		2.020	

BILAGA F - TEST AV MÄTDATA

Hagagatan – O.E. Andersson (Högersvängande bilister på underordnad led)								
	Passagetid (s)		Stopptid (s)		Passagetid (s) med interaktion		Passagetid (s) utan interaktion	
	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter
Medelvärde	5.3	5.2	1.1	0.2	7.8	7.1	3.9	4.0
Varians	12.3	3.9	9.0	0.7	24.2	1.2	0.4	1.8
Observationer	27	58	27	58	10	22	17	36
fg	34		28		9		51	
t-kvot	0.199		1.574		0.420		-0.440	
P(T<=t) tvåsidig	0.844		0.127		0.680		0.660	
t-kritisk tvåsidig	2.032		2.048		2.260		2.010	

Banvägen (Vänstersvängande bilister på underordnad led)								
	Passagetid (s)		Stopptid (s)		Passagetid (s) med interaktion		Passagetid (s) utan interaktion	
	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter
Medelvärde	10.0	12.5	0.5	3.1	10.0	14.8	8.0	8.5
Varians	9.0	30.1	2.0	23.3	8.3	32.4	0.9	0.9
Observationer	28	35	28	35	16	22	12	13
fg	55		41		33		23	
t-kvot	-2.228		-2.972		-2.000		-1.200	
P(T<=t) tvåsidig	0.030		0.005		0.050		0.240	
t-kritisk tvåsidig	2.004		2.020		2.030		2.070	

BILAGA F - TEST AV MÄTDATA

Skolvägen – Bergavägen (Vänstersvängande bilister på underordnad led)								
	Passagetid (s)		Stopptid (s)		Passagetid (s) med interaktion		Passagetid (s) utan interaktion	
	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter
Medelvärde	8.5	9.3	1.0	1.6	10.1	11.6	6.6	7.0
Varians	10.3	20.8	4.0	13.2	12.6	27.8	1.3	2.8
Observationer	146	121	146	121	79	62	67	59
fg	210		178		102		100	
t-kvot	-1.656		-1.465		-1.870		-1.310	
P(T<=t) tvåsidig	0.099		0.145		0.060		0.190	
t-kritisk tvåsidig	1.971		1.973		1.980		1.980	

Älvtomtag.– Karlsgatan (Vänstersvängande bilister på underordnad led)								
	Passagetid (s)		Stopptid (s)		Passagetid (s) med interaktion		Passagetid (s) utan interaktion	
	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter
Medelvärde	14.9	15.3	5.4	5.3	17.0	20.0	9.2	9.4
Varians	98.5	88.3	91.3	74.6	118.3	107.0	5.1	3.1
Observationer	36	43	36	43	26	24	10	19
fg	73		71		48		15	
t-kvot	-0.191		0.080		-0.970		-0.210	
P(T<=t) tvåsidig	0.849		0.936		0.340		0.840	
t-kritisk tvåsidig	1.993		1.994		2.010		2.130	

BILAGA F - TEST AV MÄTDATA

Hagagatan – O.E. Andersson (Vänstersvälgående bilister på underordnad led)								
	Passagetid (s)		Stopptid (s)		Passagetid (s) med interaktion		Passagetid (s) utan interaktion	
	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter
Medelvärde	13.4	10.7	5.8	2.9	15.9	13.3	6.7	7.1
Varians	96.2	53.6	80.9	40.2	108.2	75.9	1.5	1.4
Observationer	211	210	211	210	155	121	56	89
fg	389		378		273		116	
t-kvot	3.216		3.814		2.190		-2.200	
P(T<=t) tvåsidig	0.001		0.000		0.030		0.030	
t-kritisk tvåsidig	1.966		1.966		1.970		1.980	

Hagagatan – Älvtomtagatan (Vänstersvälgående bilister på underordnad led)								
	Passagetid (s)		Stopptid (s)		Passagetid (s) med interaktion		Passagetid (s) utan interaktion	
	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter
Medelvärde	8.7	9.4	0.9	0.5	11.0	10.7	7.3	7.0
Varians	4.6	4.2	3.4	1.8	1.4	2.4	2.4	2.4
Observationer	35	34	35	34	14	19	21	15
fg	67		62		31		30	
t-kvot	-1.372		0.999		0.55		0.54	
P(T<=t) tvåsidig	0.175		0.322		0.58		0.59	
t-kritisk tvåsidig	1.996		1.999		2.04		2.04	

Bilaga G - Test av mätdata för avgasutsläpp och bensinförbrukning

t-test av förändringen i emissionsfaktor för CO längs med Hagagatan i färdriktningen mot centrum i Örebro. P _i avser plats i.														
Sträcka	P1 - P2		P2 - P3		P3 - P4		P4 - P5		P5 - P6		P6 - P7		P7 - P8	
	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter
Medelvärde (g/fkm)	0.3385	0.3450	0.2969	0.4313	0.3493	0.3023	0.1822	0.0400	0.1506	0.0351	0.2353	0.0364	0.1128	0.0383
Varians	0.0182	0.0124	0.0442	0.0255	0.0393	0.0089	0.0670	0.0000	0.0039	0.0000	0.0252	0.0000	0.0030	0.0000
Observationer	38	50	30	52	22	54	20	48	26	42	31	59	29	60
fg	71		48		25		19		25		30		28	
t-kvot	-0.241		-3.032		1.065		2.456		9.459		6.980		7.355	
P(T<=t) tvåsidig	0.810		0.004		0.297		0.024		0.000		0.000		0.000	
t-kritisk tvåsidig	1.994		2.011		2.060		2.093		2.060		2.042		2.048	

t-test av förändringen i emissionsfaktor för CO längs med Hagagatan i färdriktningen mot Solhaga i Örebro. P _i avser plats i.														
Sträcka	P1 - P2		P2 - P3		P3 - P4		P4 - P5		P5 - P6		P6 - P7		P7 - P8	
	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter
Medelvärde (g/fkm)	0.1473	0.3159	0.6070	0.3524	0.1901	0.3264	0.1480	0.2400	0.2150	0.3135	0.1569	0.3393	0.3029	0.3270
Varians	0.0043	0.0083	0.1630	0.0459	0.0051	0.0084	0.0068	0.0076	0.0157	0.0138	0.0073	0.0221	0.1207	0.0150
Observationer	18	48	21	47	29	53	33	55	34	50	33	60	32	59
fg	43		25		71		71		68		91		35	
t-kvot	1.681		1.708		1.667		1.667		1.668		1.662		1.690	
P(T<=t) tvåsidig	0.000		0.012		0.000		0.000		0.001		0.000		0.707	
t-kritisk tvåsidig	2.017		2.060		1.994		1.994		1.995		1.986		2.030	

Bilaga G - Test av mätdata för avgasutsläpp och bensinförbrukning

t-test av förändringen i emissionsfaktor för NO _x längs med Hagagatan i färdriktningen mot centrum i Örebro. Pi avser plats i.														
Sträcka	P1 - P2		P2 - P3		P3 - P4		P4 - P5		P5 - P6		P6 - P7		P7 - P8	
	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter
Medelvärde (g/fkm)	0.1176	0.1793	0.1352	0.2098	0.1661	0.1682	0.0970	0.1860	0.1052	0.1678	0.1429	0.1763	0.0666	0.1637
Varians	0.0007	0.0010	0.0038	0.0028	0.0026	0.0022	0.0029	0.0020	0.0008	0.0016	0.0042	0.0015	0.0005	0.0013
Observationer	38	50	30	52	22	54	20	48	26	42	31	59	29	60
fg	85		53		36		30		64		41		82	
t-kvot	-9.948		-5.560		-0.163		-6.527		-7.456		-2.642		-15.622	
P(T<=t) tvåsidig	0.000		0.000		0.871		0.000		0.000		0.012		0.000	
t-kritisk tvåsidig	1.988		2.006		2.028		2.042		1.998		2.020		1.989	

t-test av förändringen i emissionsfaktor för NO _x längs med Hagagatan i färdriktningen mot Solhaga i Örebro. Pi avser plats i.														
Sträcka	P1 - P2		P2 - P3		P3 - P4		P4 - P5		P5 - P6		P6 - P7		P7 - P8	
	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter
Medelvärde (g/fkm)	0.0916	0.1769	0.2988	0.1837	0.1069	0.1752	0.1051	0.1665	0.1333	0.1659	0.1042	0.1600	0.1551	0.1924
Varians	0.0004	0.0013	0.0166	0.0071	0.0006	0.0015	0.0019	0.0032	0.0021	0.0012	0.0011	0.0018	0.0027	0.0019
Observationer	18	48	21	47	29	53	33	55	34	50	33	60	32	59
fg	56		28		78		80		58		79		56	
t-kvot	-12.199		3.748		-9.615		-5.724		-3.530		-7.002		-3.468	
P(T<=t) tvåsidig	0.000		0.001		0.000		0.000		0.001		0.000		0.001	
t-kritisk tvåsidig	2.003		2.048		1.991		1.990		2.002		1.990		2.003	

Bilaga G - Test av mätdata för avgasutsläpp och bensinförbrukning

t-test av förändringen i emissionsfaktor för CO ₂ längs med Hagagatan i färdriktningen mot centrum i Örebro. P _i avser plats i.	P1 - P2		P2 - P3		P3 - P4		P4 - P5		P5 - P6		P6 - P7		P7 - P8	
	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter
Sträcka	166.3	223.7	231.7	309.8	222.4	227.9	158.5	232.5	158.0	221.6	201.5	228.0	123.8	218.7
Medelvärde (g/fkm)	317.1	1094.9	13291	2001.2	2994.7	2078.5	1960.0	2251.2	475.8	1313.9	5206.7	1572.5	762.7	1683.4
Varians	38	50	30	52	22	54	20	48	26	42	31	59	29	60
Observationer	78	34	33	38	66	40	78	40	78	40	78	40	78	40
fg	-10.448	-3.557	-0.416	-6.143	-9.037	-1.900	-12.872	0.000	0.000	0.065	0.000	0.000	0.000	0.000
t-kvot	0.000	0.001	0.680	2.035	1.997	2.021	1.991	1.991	1.991	1.991	1.991	1.991	1.991	1.991
P(T<=t) tvåsidig														
t-kritisk tvåsidig														

t-test av förändringen i emissionsfaktor för CO ₂ längs med Hagagatan i färdriktningen mot Solhaga i Örebro. P _i avser plats i.	P1 - P2		P2 - P3		P3 - P4		P4 - P5		P5 - P6		P6 - P7		P7 - P8	
	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter
Sträcka	137.2	235.3	313.4	243.5	166.8	239.9	157.6	235.4	181.5	217.7	165.7	215.2	199.3	253.4
Medelvärde (g/fkm)	110.1	1355.2	8947.7	8873.6	1436.1	1198.1	519.8	2159.6	1910.3	792.1	1468.5	1280.9	1773.2	2316.7
Varians	18	48	21	47	29	53	33	55	34	50	33	60	32	59
Observationer	62	38	38	53	83	51	71	62	71	62	71	62	71	62
fg	-16.727	2.821	-8.614	-10.486	-4.269	-5.559	-6.104	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
t-kvot	0.000	0.008	2.024	2.006	2.008	1.999	1.999	1.999	1.999	1.999	1.999	1.999	1.999	1.994
P(T<=t) tvåsidig														
t-kritisk tvåsidig														

Bilaga G - Test av mädata för avgasutsläpp och bensinförbrukning

t-test av förändringen i emissionsfaktor för Partiklar längs med Hagagatan i färdriktningen mot centrum i Örebro. Pi avser plats i.														
Sträcka	P1 - P2		P2 - P3		P3 - P4		P4 - P5		P5 - P6		P6 - P7		P7 - P8	
	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter
Medelvärde (g/fkm)	0.0089	0.0033	0.0029	0.0042	0.0034	0.0029	0.0018	0.0030	0.0015	0.0030	0.0023	0.0033	0.0011	0.0024
Varians	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Observationer	38	50	30	52	22	54	20	48	26	42	31	59	29	60
fg	38		48		25		24		64		53		86	
t-kvot	4.662		-3.032		1.065		-1.989		-8.560		-3.145		-7.193	
P(T<=t) tvåsidig	0.000		0.004		0.297		0.058		0.000		0.003		0.000	
t-kritisk tvåsidig	2.024		2.011		2.060		2.064		1.998		2.006		1.988	

t-test av förändringen i emissionsfaktor för Partiklar längs med Hagagatan i färdriktningen mot Solhaga i Örebro. Pi avser plats i.														
Sträcka	P1 - P2		P2 - P3		P3 - P4		P4 - P5		P5 - P6		P6 - P7		P7 - P8	
	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter
Medelvärde (g/fkm)	0.0014	0.0031	0.0059	0.0034	0.0018	0.0032	0.0014	0.0023	0.0021	0.0030	0.0015	0.0033	0.0029	0.0032
Varians	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Observationer	18	48	21	47	29	53	33	55	34	50	33	60	32	59
fg	43		25		71		71		68		91		35	
t-kvot	-8.306		2.724		-7.461		-4.960		-3.626		-7.506		-0.379	
P(T<=t) tvåsidig	0.000		0.012		0.000		0.000		0.001		0.000		0.707	
t-kritisk tvåsidig	2.017		2.060		1.994		1.994		1.995		1.986		2.030	

Bilaga G - Test av mätdata för avgasutsläpp och bensinförbrukning

t-test för bensinförbrukning längs med Hagagatan i färdriktningen mot centrum i Örebro. Pi avser plats i.														
Sträcka	P1 - P2		P2 - P3		P3 - P4		P4 - P5		P5 - P6		P6 - P7		P7 - P8	
	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter
Medelvärde (g/fkm)	0.0705	0.0948	0.0982	0.1313	0.0943	0.0966	0.0672	0.0985	0.0669	0.0939	0.0854	0.0966	0.0525	0.0927
Varians	0.0001	0.0002	0.0024	0.0004	0.0005	0.0004	0.0004	0.0004	0.0001	0.0002	0.0009	0.0003	0.0001	0.0003
Observationer	38	50	30	52	22	54	20	48	26	42	31	59	29	60
fg	78		34		33		38		66		40		78	
t-kvot	-10.448		-3.557		-0.416		-6.143		-9.037		-1.900		-12.872	
P(T<=t) tvåsidig	0.000		0.001		0.680		0.000		0.000		0.065		0.000	
t-kritisk tvåsidig	1.991		2.032		2.035		2.024		1.997		2.021		1.991	

t-test för bensinförbrukning längs med Hagagatan i färdriktningen mot Solhaga i Örebro. Pi avser plats i.														
Sträcka	P1 - P2		P2 - P3		P3 - P4		P4 - P5		P5 - P6		P6 - P7		P7 - P8	
	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter
Medelvärde (g/fkm)	0.0581	0.0997	0.1328	0.1032	0.0707	0.1017	0.0668	0.0997	0.0769	0.0922	0.0702	0.0912	0.0845	0.1074
Varians	0.0000	0.0002	0.0016	0.0016	0.0003	0.0002	0.0001	0.0004	0.0003	0.0001	0.0003	0.0002	0.0003	0.0004
Observationer	18	48	21	47	29	53	33	55	34	50	33	60	32	59
fg	62		38		53		83		51		62		71	
t-kvot	-16.727		2.821		-8.614		-10.486		-4.269		-6.104		-5.559	
P(T<=t) tvåsidig	0.000		0.008		0.000		0.000		0.000		0.000		0.000	
t-kritisk tvåsidig	1.999		2.024		2.006		1.989		2.008		1.999		1.994	

Bilaga G - Test av mätdata för avgasutsläpp och bensinförbrukning

t-test av förändringen i emissionsfaktor för HC längs med Hagagatan i båda riktningar i Örebro.															
Sträcka	P1 - P2		P2 - P3		P3 - P4		P4 - P5		P5 - P6		P6 - P7		P7 - P8		
	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	
Medelvärde (g/fkm)	0.0285	0.0361	0.0476	0.0479	0.0322	0.0364	0.0299	0.0407	0.0296	0.0345	0.0315	0.0360	0.0326	0.0399	
Varians	0.0000	0.0000	0.0004	0.0001	0.0001	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0001	0.0000	
Observationer	56	98	51	99	51	107	53	103	60	92	64	119	61	119	
fg	107		69		69		71		112		84		73		
t-kvot	-11.941		-0.079		-3.779		-7.353		-6.793		-4.010		-4.604		
P(T<=t) tvåsidig	0.000		0.937		0.000		0.000		0.000		0.000		0.000		
t-kritisk tvåsidig	1.982		1.995		1.995		1.994		1.981		1.989		1.993		

t-test av förändringen i emissionsfaktor för CO längs med Hagagatan i båda riktningar i Örebro. Pi avser plats i.															
Sträcka	P1 - P2		P2 - P3		P3 - P4		P4 - P5		P5 - P6		P6 - P7		P7 - P8		
	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	
Medelvärde (g/fkm)	0.2770	0.3307	0.4246	0.3938	0.2588	0.3142	0.1609	0.2701	0.1871	0.3094	0.1949	0.3399	0.2126	0.2878	
Varians	0.0217	0.0105	0.1146	0.0364	0.0257	0.0087	0.0289	0.0146	0.0114	0.0108	0.0172	0.0200	0.0729	0.0166	
Observationer	56	98	51	99	51	107	53	103	60	92	64	119	61	119	
fg	86		67		67		80		123		138		74		
t-kvot	-2.414		0.602		-2.291		-4.162		-6.971		-6.932		-2.058		
P(T<=t) tvåsidig	0.018		0.549		0.025		0.000		0.000		0.000		0.043		
t-kritisk tvåsidig	1.988		1.996		1.996		1.990		1.979		1.977		1.993		

Bilaga G - Test av mätdata för avgasutsläpp och bensinförbrukning

t-test av förändringen i emissionsfaktor för NO _x längs med Hagagatan i båda riktningar i Örebro. P _i avser plats i.																
Sträcka	P1 - P2		P2 - P3		P3 - P4		P4 - P5		P5 - P6		P6 - P7		P7 - P8			
	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter		
Medelvärde (g/fkm)	0.1092	0.1781	0.2026	0.1974	0.1324	0.1717	0.1021	0.1756	0.1212	0.1668	0.1229	0.1681	0.1130	0.1779		
Varians	0.0008	0.0011	0.0155	0.0049	0.0023	0.0019	0.0022	0.0027	0.0017	0.0014	0.0030	0.0017	0.0036	0.0018		
Observationer	56	98	51	99	51	107	53	103	60	92	64	119	61	119		
fg	134		67		89		113		115		102		92			
t-kvot	-13.757		0.274		-4.941		-8.900		-6.917		-5.825		-7.544			
P(T<=t) tvåsidig	0.000		0.785		0.000		0.000		0.000		0.000		0.000			
t-kritisk tvåsidig	1.978		1.996		1.987		1.981		1.981		1.983		1.986			

t-test av förändringen i emissionsfaktor för CO ₂ längs med Hagagatan i båda riktningar i Örebro. P _i avser plats i.																
Sträcka	P1 - P2		P2 - P3		P3 - P4		P4 - P5		P5 - P6		P6 - P7		P7 - P8			
	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter		
Medelvärde (g/fkm)	157	229	265	278	191	234	158	234	171	219	183	222	163	236		
Varians	435	1243	12936	6314	2837	1663	1036	2183	1408	1022	3551	1455	2718	2284		
Observationer	56	98	51	99	51	107	53	103	60	92	64	119	61	119		
fg	152		76		79		141		112		91		112			
t-kvot	-16.020		-0.726		-5.107		-11.918		-8.196		-4.681		-9.079			
P(T<=t) tvåsidig	0.000		0.470		0.000		0.000		0.000		0.000		0.000			
t-kritisk tvåsidig	1.976		1.992		1.990		1.977		1.981		1.986		1.981			

Bilaga G - Test av mädata för avgasutsläpp och bensinförbrukning

t-test av förändringen i emissionsfaktor för Partiklar längs med Hagagatan i båda riktningar i Örebro. Pi avser plats i.														
Sträcka	P1 - P2		P2 - P3		P3 - P4		P4 - P5		P5 - P6		P6 - P7		P7 - P8	
	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter
Medelvärde (g/fkm)	0.0027	0.0032	0.0041	0.0038	0.0025	0.0031	0.0016	0.0026	0.0018	0.0030	0.0019	0.0033	0.0021	0.0028
Varians	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Observationer	56	98	51	99	51	107	53	103	60	92	64	119	61	119
fg	86		67		67		80		123		138		74	
t-kvot	-2.414		0.602		-2.291		-4.161		-6.971		-6.932		-2.058	
P(T<=t) tvåsidig	0.018		0.549		0.025		0.000		0.000		0.000		0.043	
t-kritisk tvåsidig	1.988		1.996		1.996		1.990		1.979		1.977		1.993	

t-test av förändringen i förändringen i bensinförbrukningen längs med Hagagatan i båda riktningar i Örebro. Pi avser plats i.														
Sträcka	P1 - P2		P2 - P3		P3 - P4		P4 - P5		P5 - P6		P6 - P7		P7 - P8	
	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter
Medelvärde (g/fkm)	0.0665	0.0972	0.1124	0.1179	0.0808	0.0991	0.0669	0.0992	0.0726	0.0930	0.0776	0.0939	0.0693	0.1000
Varians	0.0001	0.0002	0.0023	0.0011	0.0005	0.0003	0.0002	0.0004	0.0003	0.0002	0.0006	0.0003	0.0005	0.0004
Observationer	56	98	51	99	51	107	53	103	60	92	64	119	61	119
fg	152		76		79		141		112		91		112	
t-kvot	-16.020		-0.726		-5.107		-11.918		-8.196		-4.681		-9.079	
P(T<=t) tvåsidig	0.000		0.470		0.000		0.000		0.000		0.000		0.000	
t-kritisk tvåsidig	1.976		1.992		1.990		1.977		1.981		1.986		1.981	



LUNDS
UNIVERSITET

Institutionen för Teknik och samhälle

Avdelning Trafikteknik

Box 118, SE-221 00 Lund

Tel: +46 46 222 91 25, fax: +46 46 12 32 72

Internet: www.tft.lth.se