

# Dimensionering av korsningar i tätort – En empirisk studie i Malmö



Andreas Mårtensson  
Patrik Wilén

2007

# Dimensionering av korsningar i tätort

En empirisk studie i Malmö

Andreas Mårtensson

Patrik Wilén

Thesis / Lunds Tekniska Högskola,  
Institutionen för Teknik och samhälle,  
Trafik och väg, 163

ISSN 1653-1922

Andreas Mårtensson

Patrik Wilén

## Dimensionering av korsningar i tätort – En empirisk studie i Malmö 2007

### *Ämnesord:*

Korsning, tätort, spårbildning, hastighetsförlopp, underhållsåtgärder

### *Referat:*

Körbanan dimensioneras ofta med samma antaganden i hela gatunätet, vilket innebär att belastningen anses vara likvärdig. I det flesta fall tas inte någon speciell hänsyn till utsatta körytor. Det uppmärksammas inte att belastningstiden som utsatta körytor påverkas av blir längre jämfört med en generell vägsträcka. I korsningar uppträder även andra belastningar som medverkar till en ökad nedbrytning. Syftet är att belysa de konstruktionsmässiga problem som ofta uppstår i tungt trafikerade korsningar i tätorter samt att dokumentera skador och problem. Problemens omfattning och lokalisering i förhållande till korsningen studeras närmare. Förslag ges till hur moment i arbetsmetodiken kan förbättras. En inventering har genomförts av utvalda signalreglerade korsningar i Malmö stad. Fokus för studien har lagts på asfaltöverbyggnader. Den största spårbildningen sker några meter före stopplinjen och påverkas av hastigheten och bromskrafter. Det är sannolikt också accelerationskrafter som påverkar spårbildningens omfattning. Spårbildningen vid stopplinjen visar ingen signifikant skillnad på körfält med eller utan busstrafik. Dock finns det en tendens till större nedbrytning i körfält med busstrafik. Vänster hjulspår har en signifikant större deformation än det högra. Förklaring till detta kan vara att personbilar kör med det vänstra hjulparet i vänster hjulspår och nöter på beläggningen. Spårbildningsmätningar i frånfarter visar nästan obefintlig deformation. Generellt är sprickor och övriga ytliga defekter sällsynta. De obundna lagren är relativt stabila pga. att de har konsoliderats under lång tid. Omlagring skulle kunna bli möjlig om konstruktionen tog in vatten. Alla parter, som medverkar i underhålls- och ombyggnadsprocesser, kan bidra till att uppnå en bättre standard på gatunätet. Genom att utföra en noggrann trafikkartläggning skulle resurserna kunna optimeras. Beroende av resultatet från trafikkartläggning kan det vara lönsamt att lägga olika typer av asfalt i olika körfält, då krafterna från trafiken som belastar körfälten skiljer sig ifrån varandra.

### *English title:*

Design of intersections in urban areas – an empirical study in Malmö

### *Citeringsanvisning:*

Andreas Mårtensson, Patrik Wilén, Dimensionering av korsningar i tätort – En empirisk studie i Malmö. Lund, Lunds Tekniska Högskola, Institutionen för Teknik och samhälle. Trafik och väg 2007. Thesis. xxx

Institutionen för Teknik och samhälle  
Lunds Tekniska Högskola  
Trafik och väg  
Box 118, 221 00 LUND, Sverige

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

## **Förord**

Det har varit både lärorikt och utvecklande att skriva examensarbete, att på egen hand sätta gränser och inriktning för studien för att sedan arbeta mot det uppsatta målet.

Vi skulle vilja tacka våra handledare, Peter Ekdahl, Ramböll, och Sven Agardh, Avd. vägbyggnad, Teknik och samhälle LTH, för deras viktiga synpunkter för inriktningen av studien. Ebrahim Parhamifar, Avd. vägbyggnad, Teknik och samhälle LTH, har fungerat som inspirationskälla och bollplank.

Monica Berntman, Avd. vägbyggnad, Teknik och samhälle LTH, har varit examinator och har gett värdefulla synpunkter i slutfasen av examensarbetet.

Ett stort tack riktas även till Mats Lawesson, Anna Kanschat och Magnus Ahlcrona, Gatukontoret Malmö Stad, Per Fagergren och P-O Bengtsson, NCC samt Christer Nilsson, Skanska. Tack för att ni har tagit er tid till att svara på frågor och gjort det möjligt för oss att ta fram det material som behövts för att studien skulle kunna fortlöpa.

Författarna

Andreas Mårtensson

Patrik Wilén



## Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	- 4 -
Summary.....	- 6 -
1 Inledning.....	- 8 -
1.1 Bakgrund .....	- 8 -
1.2 Syfte.....	- 8 -
1.3 Viktiga begrepp och deras definitioner .....	- 9 -
1.4 Avgränsningar .....	- 10 -
2 Metod och genomförande.....	- 12 -
2.1 Litteraturstudie .....	- 13 -
2.2 Inventering.....	- 13 -
2.3 Intervjuer .....	- 16 -
3 Litteraturstudie .....	- 18 -
3.1 Bundna material.....	- 19 -
3.2 Obundna material .....	- 23 -
4 Skadetyper och dess orsaker.....	- 26 -
4.1 Spårbildning .....	- 26 -
4.2 Sprickbildning .....	- 26 -
4.3 Övriga ytliga skador & defekter .....	- 28 -
5 Hypoteser.....	- 30 -
6 Resultat med kommentarer.....	- 32 -
6.1 Hastigheten .....	- 32 -
6.2 Spårbildning .....	- 33 -
6.3 Sprickbildning .....	- 37 -
6.4 Övriga ytliga skador och defekter .....	- 39 -
6.5 Arkivstudier av obundna material .....	- 41 -
6.6 Sammanvägd analys .....	- 42 -
6.7 Utvärdering av hypoteser.....	- 43 -
7 Underhållsåtgärder & material .....	- 44 -
7.1 Förslag på underhållsåtgärder.....	- 44 -
7.2 Överbyggnadsmaterial.....	- 47 -
8 Förslag till förbättringar i arbetsmetodik.....	- 50 -
8.1 Kartläggning av objekt .....	- 50 -
8.2 Problemställning vid upphandling.....	- 51 -
9 Slutsatser och rekommendationer.....	- 54 -
10 Källförteckning.....	- 56 -
10.1 Skriftliga källor.....	- 56 -
10.2 URL-källor .....	- 57 -
10.3 Muntliga källor .....	- 58 -
BILAGA 1: De inventerade korsningarna, slitlagertyp och omlägningsår .....	- 60 -
BILAGA 2: Inventeringsprotokoll .....	- 61 -
BILAGA 3: Spårbildning vid stopplinje .....	- 63 -
BILAGA 4: Frågor till entreprenörer .....	- 72 -
BILAGA 5: T-test med 95 % signifikansnivå.....	- 73 -
BILAGA 6: Spårbildning i frånfarter .....	- 74 -

BILAGA 7: Övriga skador .....	- 75 -
BILAGA 8: Obundet stenmaterial.....	- 76 -
BILAGA 9: Spårbildning profil .....	- 79 -
BILAGA 10: Hastigheter .....	- 82 -

## Sammanfattning

Körbanan dimensioneras ofta med samma antaganden i hela gatunätet, även i korsningarna. Detta innebär att belastningen anses vara likvärdig. I det flesta fall tas inte någon speciell hänsyn till busshållplatser och korsningar. Det uppmärksammas inte att belastningstiden som konstruktionen utsätts för i korsningar, vid busshållplatser och på andra utsatta körytor blir längre jämfört med på en generell vägsträcka (Buncher, Walker, 1999). I korsningar uppträder även andra belastningar i form av broms-, accelerations- och vridkrafter som medverkar till en ökad nedbrytning av konstruktionen.

Syftet med studien är att belysa de konstruktionsmässiga problem som ofta uppstår i tungt trafikerade korsningar i tätorter samt att dokumentera skador och problem genom att utföra en okulär besiktning. Problemen studeras närmare tillsammans med dess omfattning och lokalisering i förhållande till korsningen. Förslag ges till hur moment i arbetsmetodiken kan förbättras i underhållsprocessen och vid dimensionering av nya objekt.

Litteratur har sökts i databaser, som finns tillgängliga på Lunds Universitet samt i VTI:s databas Transguide. Asphalt Institutes hemsida har genomsökts efter relevant information. Även en allmän litteratursökning på Internet via Google har utförts. Förslag på lämplig litteratur har tillhandahållits av anställda på institutionen för Trafik & Samhälle, LTH.

Med stöd av litteraturstudien har följande hypoteser ställts upp:

- Spårbildningen är av större omfattning i tillfarter än i frånfarter
- Busstrafiken är den dimensionerande lasten
- Bundna & obundna lager åtgärdas vid bärighetsproblem

Med utgångspunkt från beskrivna teorier i litteraturstudien och de uppsatta hypoteserna, har en inventering genomförts av utvalda signalreglerade korsningar i huvudgatunätet i Malmö stad. Dessa korsningar har valts ut med hjälp av handledarna för studien och experter på Drift- & Underhållsavdelningen i Malmö stad. Fokus för studien har lagts på asfaltöverbyggnader eftersom de är överrepresenterade som gatukonstruktion i Malmö stad.

Korsningarna, samt ca 50 m av dess tillfarter och frånfarter, har inventerats okulärt och kompletterats med information om konstruktionen från Gatukontorets arkiv i Malmö. Utöver detta har samtal och intervjuer genomförts med representanter från gatukontoret och entreprenörer i branschen.

Spårbildningen är stor i tillfarter medan den är marginell i frånfarter. Dock är det osäkert om det skiljer sig i korsningsytan jämfört med tillfarter. Den största spårbildningen sker några meter före stopplinjen och påverkas av hastigheten och bromskrafter. Det är dock inte bara retardationskrafter, låga hastigheter och statiska laster som påverkar, utan det är sannolikt också accelerationskrafter som påverkar spårbildningen. Resultaten från inventeringen tyder på att spårbildningen fortsätter förbi stopplinjen och in i korsningsytan.



Spårbildningsmätningarna vid stopplinjen visar ingen signifikant skillnad på körfält med eller utan busstrafik. Dock finns det en tendens till större nedbrytning i körfält med busstrafik. Körfälten med stor andel tung trafik kan kräva underhåll i form av en mer stabil konstruktion eller tätare underhållsinsatser i jämförelse med körfält som har lägre belastning.

De obundna lagren får anses relativt stabila pga. att de har konsoliderats under en lång tid. En omlagring av de obundna lagren skulle kunna bli möjlig om konstruktionen tog in vatten, vilket då förändrar förutsättningar radikalt. En kombination av plastiska deformationer och bärlighetsproblem kan uppträda och det kan vara svårt att utvärdera i vilket lager som deformationen har skett. Oavsett vilket problem som uppstår åtgärdas det genom ingrepp i de bundna lagren. Motivet är att det kostar för mycket och är för komplicerat för att arbeta djupare ner.

Spårbildning är ett systematiskt återkommande problem i tillfarterna. Spårbildningsmätningar i frånfarter visar i de flesta fall nästan obefintlig deformation. Vänster hjulspår har en signifikant större deformation än det högra. En förklaring till att det vänstra hjulspåret är djupare kan vara att personbilar kör med det vänstra hjulparet i vänster hjulspår och nöter på beläggningen, vilket medför att spårdjupet ökar. Generellt är skador som sprickor och övriga ytliga defekter väldigt sällsynta i de korsningar som inventerats.

Alla parter, som medverkar i underhålls- och ombyggnadsprocesser, kan bidra till att uppnå en bättre standard på gatunätet och en större långsiktighet ur ett ekonomiskt perspektiv. Genom att utföra en noggrann trafikkartläggning och på så sätt få fram de specifika förutsättningarna för varje enskilt objekt, skulle resurserna kunna optimeras på både kort och lång sikt. Informationen om trafikflöden kan ge en tydlig antydning om hur konstruktionen påverkas av olika krafter. Kan omständigheterna kring skadebilden för konstruktionen fastställas, så kan en relevant metod och underhållsåtgärd utarbetas för att lösa de problem som uppstått.

Åtgärdsexempel bör inte användas som någon form av principåtgärd, utan mer som stöd vid utveckling av en åtgärd för det specifika objektet. Beroende av resultatet från trafikkartläggning kan det vara lönsamt att lägga olika typer av asfalt i olika körfält, då krafterna från trafiken som belastar körfälten skiljer sig ifrån varandra. Oavsett vilken åtgärd som väljs har utförandet en central roll för det resultat som erhålls. Resultaten av en bra åtgärd kan bli direkt dåligt om utförandet misslyckas. För att kunna garantera att beställarens krav uppfylls krävs en noggrann produktions- och kvalitetskontroll.

### **Nyckelord**

Korsning, tätort, spårbildning, hastighetsförlopp, underhållsåtgärder

## Summary

The lane is often constructed with the same assumptions everywhere, even in the intersections. This means that the load is considered to be equivalent. In most of the cases no special consideration is taken to bus stops and intersections. It is not noticed that load duration in crosses, bus stops and at other fragile surfaces becomes much longer compared to a general road stretch (Buncher, Walker, 1999). Other charges appear also in the intersection in form of brake- and twisting forces that contribute to an increased disintegration of the construction.

The aim of the study is to elucidate the constructional problems that often arise in intersections busy with lots of heavy transportations in population centres. The aim is also to document damages and problems through carrying out an ocular inspection. The problems are studied closer along with its extent and allocation in relation to the intersection. Proposals to improve the strategy are given in the maintenance process and at dimension of new objects.

Literature has been applied for in databases available at Lund University and in VTI:s database Transguide. Asphalt Institute's homepage has been searched for relevant information. Also a general literature search on the Internet via Google has been carried out. Proposals on appropriate literature have been provided of employees at the Department of technology and society, LIT.

With support from the literature study the following hypotheses has been formulated:

- The rut depth is larger in approaches than in exits
- Bus transportations are the load dimension
- Bound and unbound layers are being dealt with at carrying capacity issues

Taking the described theories in the literature study and the set hypotheses as a starting point an inventory have been implemented in the study. It was 24 selected intersections operated with traffic lights in the main street net in Malmö. These intersections have been chosen with assistance from the tutors for the study and experts from the municipal road administration at Malmö stad. The focus of the study has been put on asphalt superstructures, partial since they are most represented street structure in Malmö.

An ocular inventory of the intersections, and approximately 50 m of its approaches and exits, has been made and it has been complemented with information about the structure from the municipal road administration's archive in Malmö. In addition to this deliberations and interviews with representatives from the municipal road administration in Malmö and entrepreneurs in the road construction industry has been carried out and implemented in the study.

The rut depth is great in approaches while it is marginal in exits. However, it is uncertain if the results in the intersection area are separated from the results in the approaches. The biggest rut depth appears a few metres before the stop line and is affected of the speed and brake forces. It is not however only breaking forces, low speeds and static loads that influence, but it is probably also acceleration forces that

influence the rut depth. The results from the inventory interpret that the rut depth continues past the stop line and into the intersection area.

The rut depth measurements show no significant difference between lanes with or without bus traffic. However, there is a tendency that the disintegration is larger in lanes with bus traffic. Lanes with a big proportion of heavy transportations can require maintenance in the form of a more stable structure or more frequent maintaining measure compared to lane without buses with a normal load.

The unbound layers are considered to be relatively stable because they have been consolidated during a long time. Restoring of the unbound layers would be possible if water leaked into the structure, which would change the conditions considerable. A combination of plastic deformations and carrying capacity issues can appear and it can be difficultly to evaluate in which layer the deformation have taken place. But irrespective of which problem that comes up it will be solved with a solution in the bound layers. The reason is that it costs too much and is too complicated in order to work in the unbound layers deeper in the construction.

Rut depth is a systematic reappearing problem in approaches. Rut depth measurements in exits shows in most cases almost non-existent deformation. Left wheel track has a significant larger deformation than the right. In general cracks and other surface defects are very rare in the intersections where the inventory has been made.

All different parties, that contributes in is maintained- and rebuilding processes, can contribute to achieving a higher standard on the street net and a better long-term strategy in the economic perspective. To carry out an accurate traffic survey to get the specific conditions for each individual item, the resources can be optimized both for a short term and a long term view. The information about the traffic streams can give a clear hint about how the structure can be influenced by various forces. Can the circumstances for the damages on the structure be established, a relevant method and maintaining measure can be prepared in order to solve these problems as they occur.

Measure examples should not be used as some mould of principle measure, but more as help when developing a measure for a specific item. Depending on the result from traffic survey it can be profitable to put various types of asphalt solutions in different lanes, having in mind that various loads charge the lane in various ways. Irrespective of which measure that is chosen the execution has a central role for the result that is received. The results of a good measure can become very poor if the execution fails. In order to guarantee the client's requirements an accurate production- and quality control are claimed.

### **Keywords**

Intersection, population centre, rut depth, speed development, maintenance measure

# 1 Inledning

## 1.1 Bakgrund

Hela körbanan dimensioneras ofta med samma antaganden i hela gatunätet, vilket innebär att belastningen anses vara liktydig. I det flesta fall tas inte någon speciell hänsyn till busshållplatser och korsningar. Det uppmärksammas inte att belastningstiden som konstruktionen utsätts för i korsningar, vid busshållplatser och på andra utsatta körytor blir längre jämfört med på en generell vägsträcka (Buncher, Walker, 1999). Detta skapar problem som blir speciellt tydliga vid avsmalningar och i trånga korsningar där hastigheten är lägre, vilket medför att stabiliteten avtar för de ingående lagren. I korsningar uppträder även andra belastningar i form av broms- och vridkrafter som medverkar till en ökad nedbrytning av konstruktionen.

Det uppstår också problem när man bygger om befintliga trafikutformningar utan att tänka på hur konstruktionen påverkas. Åtskilliga stora och i många fall osäkra korsningar byggs om för att uppnå en bättre trafiksäkerhet bl.a. genom att tydliggöra exponeringen av oskyddade trafikanter. Vägar smalnas av t.ex. för att sänka hastigheten hos motorfordonen eller för att bygga en separat cykelbana parallellt. Vid dessa trafiksäkerhetsåtgärder brister ibland kommunikationen, mellan trafikutformare och drifts- och underhållsansvarig, och det blir bara en förändring av utformningen på ytan. Konstruktionen byggs sällan om eller anpassas till de nya förutsättningarna, vilket kan medföra att plastiska deformationer och bärighetsproblem uppstår i väggroppen. Det finns många exempel på vägkonstruktioner som har uppnått underhållsstatus tidigare än beräknat. Deformationer kan både uppstå i de bundna- och obundna lagren. Spårbildning kan få effekter dels för trafiksäkerheten, dels för körkomforten.

Stora resurser satsas årligen på att öka trafiksäkerheten i trafikmiljön. Utöver dessa kostnader tillkommer det ofta utgifter för oförutsett vägunderhåll som hade kunnat undvikas. Livscykelkostnad (LCC) kan användas som verktyg för att underlätta värdering och prioritering vid såväl nybyggnad som vid underhållsarbeten.

## 1.2 Syfte

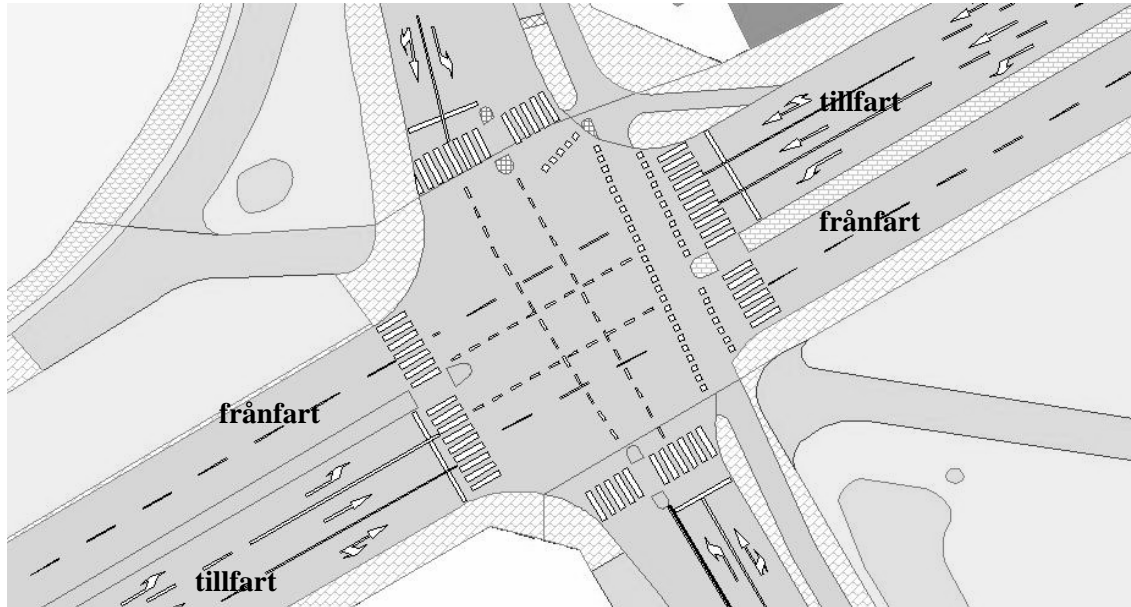
Syftet med studien är att:

- Belysa de konstruktionsmässiga problem som ofta uppstår i tungt trafikerade korsningar i tätorter.
- Dokumentera skador och problem med hjälp av okulär besiktning.
- Studera problemen närmare tillsammans med dess omfattning och lokalisering i förhållande till korsningen.
- Ge förslag till hur metodiken kan förbättras i underhållsprocessen och vid dimensionering av nya objekt.

Målet är att rapporten ska kunna användas som stöd vid arbete med underhållsåtgärder för korsningar i tätort samt vid dimensionering av nya objekt.

### 1.3 Viktiga begrepp och deras definitioner

Nedan följer begrepp och definitioner viktiga för denna studie. Definitionerna är kompletterade med information från VGUs begreppslista.



Figur 1.1: Begrepp viktiga för studien (Gatukontoret, Malmö, 2006).

**Frånfart** är den del av gatukorsning avsedd för trafik från korsande gata. Med frånfart menas i studien intervallet 0-50 m från den punkt där korsningsytan antas sluta, d.v.s. vid stopplinjens teoretiska förlängning, se figur 1.1.

**Korsning** är en gatanläggning där trafik på olika gator korsas, åtskiljs eller sammanförs. I studien betecknar begreppet korsning, signalreglerad korsning med tre eller fyra gatuanslutningsvägar och innefattar korsningsytan samt 50 m av dess tillfarter och frånfarter.

Med **korsningsyta** avses den yta som begränsas av stopplinjerna i tillfarterna samt dess teoretiska förlängning i frånfarterna.

Med **omtoppning** avses de underhållsåtgärder som syftar till att byta ut slitlagret och på så sätt åstadkomma en jämn köryta.

**Tillfart** är den del av gatukorsning avsedd för trafik mot korsande gata. Med tillfart menas i studien intervallet 0-50 m innan stopplinjen, se figur 1.1.

**Undergrund** används som benämning för terrassen.

## **1.4 Avgränsningar**

Arbetet omfattar signalreglerade korsningar i huvudgatunätet samt ca 50 m av dess tillfarter och frånfarter. Korsningarna är belägna i tätort och inventeringsarbetet har i huvudsak koncentrerats till Malmö stad. Asfaltöverbyggnader är överrepresenterade i Malmö stad och därför har fokus för studien lagts just på dessa.

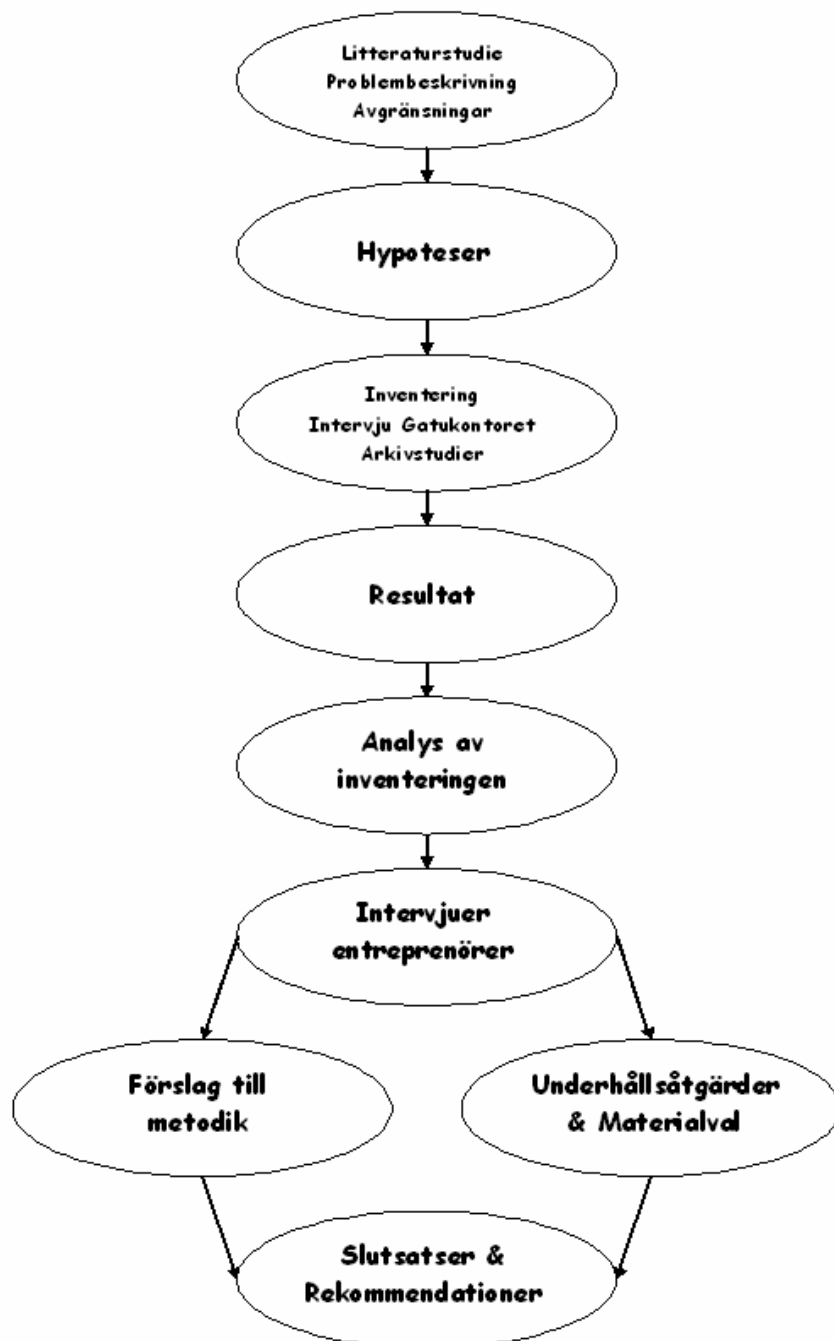
Cirkulationsplatser har utelämnats pga. att det sällan finns ett stopp vid tillfarten utan att fordonen ”flyter” in i trafikplatsen utan några direkta stopp. Fordonen närmar sig cirkulationen på ett mjukare sätt och kraftpåverkan på konstruktionen blir därmed mindre.

Kapitel 4 ”Skadetyper och dess orsaker” är hämtat ur handboken ”Bära eller brista” (Svenska Kommunförbundet, 2003) som används vid tillståndsbedömning av belagda gator och vägar. Kantdeformation i handboken ”Bära eller brista” innebär den deformation av vägkanter som kan erhållas på landbygd. I denna studie innebär kantdeformation den deformation av konstruktionen som kan uppstå intill kantsten. Då studien fokuserar på strukturellt nedbrytande av väggroppen orsakat av trafiklasten så har stensläpp, blödande beläggningen, fogsprickor och tjälsprickor utelämnats vid skadekartringen.



## 2 Metod och genomförande

I figur 2.1 nedan visas en övergripande beskrivning av metod och genomförandet.



Figur 2.1: Övergripande flödesschema för metoden och genomförandet.



## **2.1 Litteraturstudie**

Litteraturstudien har gjorts för att få kunskaper om vilka problem som kan uppkomma i korsningskonstruktioner och för att kunna beskriva den grundläggande teori bakom dessa problem.

Litteratur har sökts i databaserna, Lovisa och Libris, som finns tillgängliga på Lunds Universitet samt i VTI:s databas Transguide. Asphalt Institutes hemsida på Internet har genom sökts efter relevant information. Även en allmän litteratursökning på Internet via Google har gjorts. Förslag på lämplig litteratur har tillhandahållits av anställda på institutionen för Trafik & Samhälle. Litteratursökningen har genomförts källkritiskt, speciellt där information och rapporter har sökts på Internet.

Följande sökord har använts: Hastighetsberoende, tidsberoende, viskoelastisk, bindemedel, obundet material och Superpave.

Med stöd av litteraturstudien har hypoteser tagits fram för utvärdering i det fortsatta arbetet.

## **2.2 Inventering**

Med utgångspunkt från beskrivna teorier i litteraturstudien och uppsatta hypoteser har en inventering genomförts av ett urval befintliga korsningar i Malmö stad. Korsningarna har inventerats okulärt och kompletterats med information om konstruktionen från Gatukontorets arkiv. Dessa korsningar har valts ut med hjälp av handledarna och experter på Drift- & Underhållsavdelningen i Malmö stad. Fokus har lagts på signalreglerade korsningar med mycket tung trafik som har varit i drift under en längre period. I bilaga 1 listas de utvalda korsningarna. Kriteriet vid urvalet var att korsningen ingick i huvudgatunätet och att reguljära busslinjer trafikerade korsningen. Malmö stads kartprogram Webinfo användes för att ta fram huvudgatunätet vilket jämfördes med en karta över busslinjerna i Malmö (Skånetrafiken, 2007). Webinfo utnyttjades också senare i arbetet för att få kartbilder över specifika korsningar.

I undersökningen representerar bussar den tunga trafiken. Valet av korsningar har därför haft sin utgångspunkt i huruvida det finns busstrafik i korsningen, ju fler busslinjer som har passerat genom korsning desto mer intressant för studien. En inventering av busslinjerna i Malmö har gjorts för att kunna jämföra med huvudgatunätet för att få fram intressanta och relevanta korsningar.

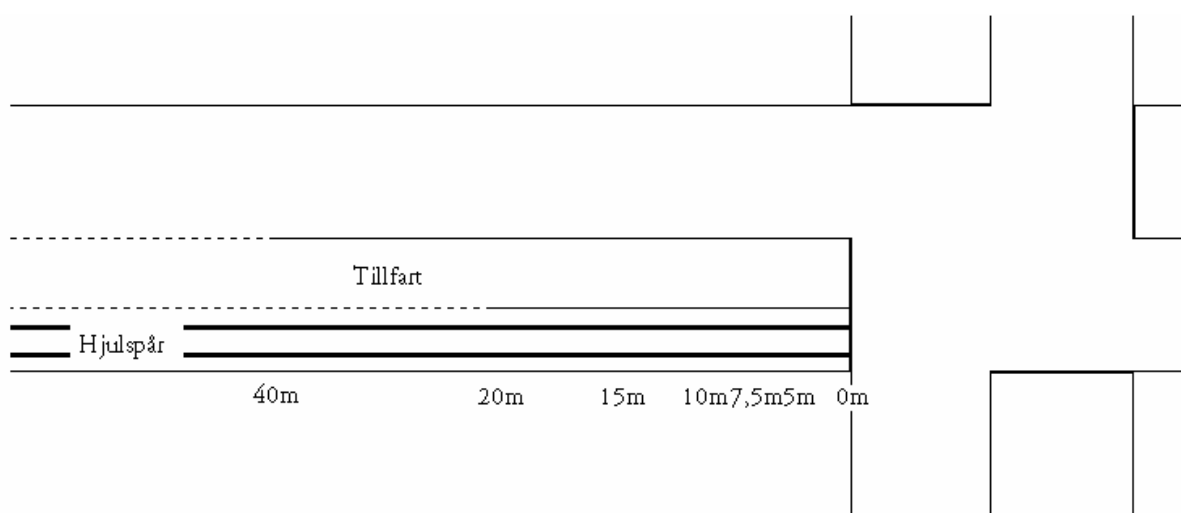
De korsningar som studerats är en del av huvudgatunätet och ofta stor andel tung trafik. Ett krav har varit att korsningarna har varit i drift under en period, och att trafiklasten har fått påverka korsningen. Några krav på andel tung trafik eller hur bussarna passerar korsningen har inte ställts men korsningen måste trafikerats av reguljära busslinjer för att vara aktuell.

Inventeringen har i huvudsak utförts enligt Svenska kommunförbundets och Vägverkets riktlinjer för skadekartering beskrivna i Bära eller brista (Svenska Kommunförbundet 2003). Vissa förändringar har gjorts för att passa undersökningar i korsningar. Det använda inventeringsformuläret kan ses i bilaga 2.

Inventeringen har genomförts under hösten 2006, den 17 oktober till 7 november, under lågtrafik dvs. 09.30 – 11.30 samt 13.00 – 15.30. Dokumentationen har bestått i att okulärt besiktiga och notera skador och eventuella problem i varje tillfart. Dessutom har spårdjupen mätts i tillfarter och frånfarter och varje tillfarts eventuella skador har fotograferats. Frånfarternas spårdjup har mätts för att få en uppfattning om problemen är lika stora ut ur korsningen som i tillfarterna. Ett inventeringsformulär har fyllts i per tillfart. Pga. trafiksignalsystem och trafikmängder har inga spårdjupsmätningar varit möjliga på själva korsningsytorna. I ett fåtal korsningar relevanta för studien har trafikmängden medfört att inventering också varit omöjlig att utföra i tillfarter och frånfarter även vid lågtrafik.

I Malmö har 91 tillfarter och 91 frånfarter i 24 korsningar inventerats, se bilaga 3. I Lund har en tillfart i korsningen Svenshögsvägen – Norra Ringen inventerats, korsningen användes som ett pilotprojekt före inventeringen i Malmö stad. Spårdjupet mättes i både höger och vänster hjulspår med en rätskiva och tumstock/mätklocka för att utröna hurvida det fanns några skillnader inom ett körfält. Spårdjupet mättes vid stopplinjen i alla körfält i varenda tillfart i samtliga korsningar. Spårdjupsmätningar utfördes endast i sex av frånfarterna. Resultatet i dessa medförde att mätningarna avbröts.

En profil på spårdjupet i längdriktning gjordes i ett av körfälten i både höger resp vänster hjulspår i 35 tillfarter i 11 korsningar. De körfält där profilen skulle mätas valdes utifrån vilket körfält som hade störst spårdjup vid stopplinjen. Mätningar av spårdjupsprofilen utfördes vid stopplinjen samt 5, 7.5, 10, 15, 20 och 40 m bakom stopplinjen, enligt figur 2.2, och avser maxvärden på respektive avstånd. Motivet till valet av mätningpunkter var observationer som indikerade att spårdjupet var stort i intervallet 5-10 m från stopplinjen. Observera att inventeringen av varje tillfart skett i intervallet 0-50 m men pga. av valet av mätningpunkter för spårprofiler är sista mätningpunkten vid 40 m.



**Figur 2.2:** Körfältet med störst spårdjup vid 0 m i tillfarten valdes ut för mätningar av en profil. Spårdjupet mättes då 5, 7.5, 10, 15, 20 och 40 m bakom stopplinjen. (Mårtensson, Wilén)

Skadebedömningen utfördes objektiv och sprickbildning, ytliga skador/defekter samt vidtaget underhåll bedömdes okulärt med två skalor. En för att värdera svårighetsgraden där graderingen är 0, 1, 2 eller 3 där 0 är ingen skada, 1 representerar en lindrig, 2 är en moderat skada medan 3 representerar en svår skada. Den andra för att värdera utbredningen av skadan, de fyra kategorierna var ingen, lokal, måttlig och generell.

Sprickbildningen delades in i fyra kategorier:

- Sprickor i hjulspår  
Lokal: Mindre än 20 % av tillfartens längd  
Måttlig: 20 – 50 % av tillfartens längd  
Generell: Mer än 50 % av tillfartens längd
- Krackeleringar  
Lokal: Mindre än 20 % av tillfartens längd eller yta  
Måttlig: 20 – 50 % av tillfartens längd eller yta  
Generell: Mer än 50 % av tillfartens längd eller yta
- Tvärgående sprickor  
Lokal: En spricka per tillfart  
Måttlig: 2-3 sprickor per tillfart  
Generell: Mer än 3 sprickor per tillfart
- Kantsprickor  
Lokal: Mindre än 20 % av tillfartens längd  
Måttlig: 20 – 50 % av tillfartens längd  
Generell: Mer än 50 % av tillfartens längd

Ytliga skador och defekter delades också in i fyra kategorier:

- Slaghål  
Lokal: Ett slaghål per tillfart  
Måttlig: 2-3 slaghål per tillfart  
Generell: Mer än 3 slaghål per tillfart
- Kantdeformation  
Lokal: Mindre än 20 % av tillfartens längd  
Måttlig: 20 – 50 % av tillfartens längd  
Generell: Mer än 50 % av tillfartens längd
- Otillräcklig vattenavrinning  
Lokal: Mindre än 20 % av tillfartens längd eller yta  
Måttlig: 20 – 50 % av tillfartens längd eller yta  
Generell: Mer än 50 % av tillfartens längd eller yta
- Skador vid lagning  
Lokal: Mindre än 20 % av tillfartens yta  
Måttlig: 20 – 50 % av tillfartens yta  
Generell: Mer än 50 % av tillfartens yta

Vidtaget underhåll hade bara två klasser:

- Lagning/lappning  
Lokal: Mindre än 20 % av tillfartens yta  
Måttlig: 20 – 50 % av tillfartens yta  
Generell: Mer än 50 % av tillfartens yta

- Försegling.

För att relatera profilerna på spåren till trafiken utfördes en hastighetsmätning för inbromsande tunga fordon söderifrån på Svenshögsvägen, vid korsningen Svenshögsvägen – Norra Ringen i Lund. Hastigheten registrerades för tio fordon (åtta bussar och 2 lastbilar) vid avstånden 40 m, 15 m och 7.5 m före stopplinjen. Dessa hastigheter registrerades vid rött ljus så att hastigheterna beskriver ett inbromsningsförlopp. Hastigheten vid stopplinjen sattes till 0 km/h.

Spårbildningsresultaten redovisas med 95 % konfidensintervall och utvärderas sinsemellan med hjälp av T-test med  $\alpha = 0,05$ .

Studier av ritningar från Gatukontorets arkiv i Malmö stad har gjorts som en komplettering till inventeringen. Insamlingen av uppgifter har utförts genom att undersöka vilket material och vilka tjocklekar som väggkroppen består av. Ritningar för varje korsning studerades och uppgifterna noterades.

### **2.3 Intervjuer**

Intervjuundersökningen syftade till att undersöka nya åtgärder och idéer som skulle kunna underlätta utformningen och val av material i korsningar. Företrädare från branschen har intervjuats för att bidra med sina kunskaper och erfarenheter.

Två representanter från NCC och en från Skanska har medverkat i intervjuerna. Intervjuerna gjordes vid direkta möten med de intervjuade, efter att inventeringen var genomförd. Även två representanter från Malmö stad har redogjort för sin syn på problemen.

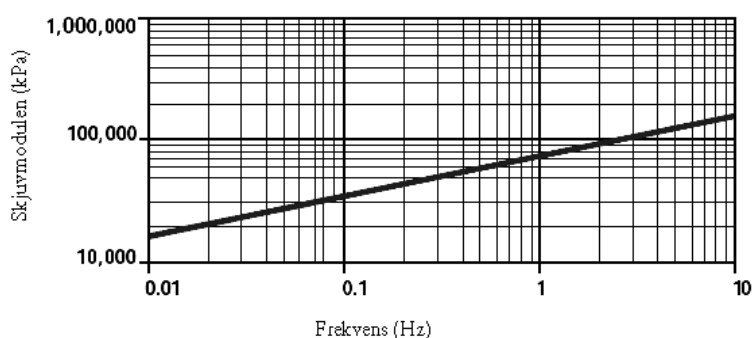
Den använda metodiken är en kombination av standardiserad intervjuteknik och icke-standardiserad. T ex användes nio frågor om arbetssätt och material vid intervjuer med entreprenörer, se bilaga 4. Dessa frågor är av diskussionskaraktär och saknar fasta svarsalternativ. Insamlade upplysningar redovisas som kommentarer och som stöd till teorier, analyser och rekommendationer.



### 3 Litteraturstudie

Vid nybyggnad eller renovering av en väg eller gata är målet att det skall göras på ett så effektivt sätt att kraven för påfrestningarna från trafiken och de ekonomiska förutsättningarna uppfylls. Att ha kunskaper och utnyttja dem vid genomförandet kan vara avgörande för hur väl projektet faller ut. Att använda befintliga bra delar och detaljer hos konstruktionen och ta hänsyn till den omgivande trafiken och klimatet är ett krav för att få ut maximalt av åtgärden. I dag utförs de flesta projekt med utgångspunkt antingen i enskilda individers kunskap eller i studier baserade på empiri. Dock kommer det allt fler beräkningsmodeller och analytiska sätt att lösa problemen på.

Sannolikt tar en korsning mer skada jämfört med de vägsträckor som löper in i korsningen. Fenomenet beror på att korsningen utsätts för helt andra krafter än en vanlig vägsträcka och att korsningarna är dimensionerade på samma sätt som vägarna in i korsningen. En anledning till ökad skadeförekomst är att fordon ofta har en längre uppehållstid i korsningen än på sträckan pga. den lägre hastigheten. En låg hastighet innebär också att frekvensen blir låg, dvs. varje punkt på vägen blir belastad längre och när frekvensen ökar så ökar också skjuvmodulen, se figur 3.1.



**Figur 3.1:** Det finns ett direkt samband mellan skjuvmodulen och frekvensen. (Buncher, Walker, 1999)

Andra företeelser som bryter ner korsningskonstruktionen är kraftiga broms- och accelerationskrafter och vridkrafter när fordonen svänger i korsningen. Dessutom är det troligare att ett olje- eller bränsleläckage förekommer i en korsning och att värmen från motorerna blir en större faktor där med tanke på den lägre hastigheten. Faktorerna påverkar hela väggroppen, och speciellt asfaltens egenskaper, och gör den mjuk och kan i vissa fall till och med lösa upp den. (Buncher, Walker, 1999)

Att förstå vilka krafter som påverkar korsningen och anpassa konstruktionen efter dessa unika förhållande är centralt. Därför är det mycket viktigt att behandla korsningar som en individuell del av vägbanan. Asphalt Institute rekommenderar att man följer fyra steg för att konstruera en korsning som håller. (Buncher, Walker, 1999)

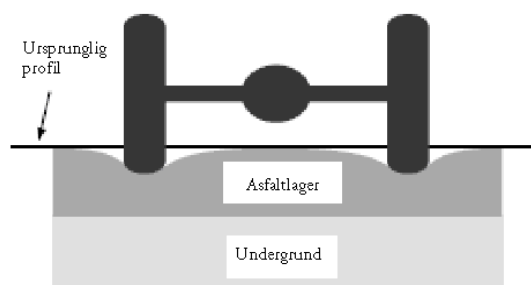
1. Att ha en struktur som gör att den kan bära de framtida lasterna. Vid nyläggningar måste man dimensionera som en vanlig väg, efter vilken kvalitet terrassen håller och ÅDT med andel tunga fordon. Men den måste också hålla för de krafter som de lägre hastigheterna ger. Vid omläggningar gäller det att skaffa sig kunskap om vilken kvalitet de befintliga lagren håller, och ta bort ett eventuellt dåligt lager.

2. Att välja rätt bland material som finns tillgängliga. För att undvika spårbildning har undersökningar visat att man behöver ett bindemedel som har ett lägre elasticitetstal och därmed är hårdare. När det gäller stenmaterialet måste det vara tillräckligt starkt för att kunna bära de förväntade lasterna, vilket innebär att det är en bra blandning på struktur och storlek så att de låser varandra och inte ger upphov till någon skjuvning.
3. Att försöka uppnå ett optimalt genomförande i konstruktionsfasen genom att följa normer vid utförande. Att förhindra att vatten kommer in i konstruktionen, undvika separation av materialet i utläggningsfasen, att inte överhettas asfaltblandningen och att uppnå en bra packningsgrad.
4. Att implementera idéerna. Det finns utformare som inte vill räkna på en asfaltblandning enbart för en korsning. Dessutom innebär det ett tillägg i arbetet för utföraren i form av hantering av andra material. Båda andledningarna beror på att själva korsningen ofta är ett litet projekt i ett större sammanhang och därför inte får den speciella uppmärksamheten som den faktiskt behöver. (Miller, Timothy, 1999)

### 3.1 Bundna material

Problem som kan uppstå i en korsning ter sig inte på samma sätt ur olika individers perspektiv. Spårbildning är väldigt tydlig, och kan vara väldigt irriterande, för de trafikanter som nyttjar korsningen. Medan mindre sprickor och stensläpp inte påverkar komforten hos trafikanterna kan det bli ett oerhört stort problem för väghållaren. Att undvika att vatten tränger ner i väggroppen är grundläggande för att komma ifrån svårare skador eller i värsta fall att väggroppen kollapsar.

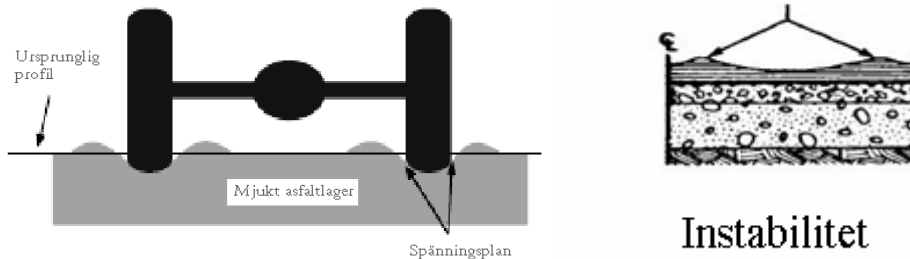
Spårbildning kan ha fyra olika bakomliggande orsaker. **Konsolidering**, se figur 3.2, vilket innebär att asfaltmassan pressas ihop där lasten från trafiken läggs på. Är vägbanan smal så blir lasten koncentrerad på en liten yta och hjulspår börjar skapas. Här bildas inga valkar vid sidan om spåren utan asfaltmassan pressas bara ihop. Anledningen kan vara att en tillräcklig packningsgrad inte uppnåtts och asfalten blir efterpackad av trafikens belastning. (Rosenberger, Buncher, 1999)



**Figur 3.2:** Spårbildning pga. konsolidering, asfaltlagret efterpackas av trafiken och de underliggande obundna lagren är intakta. (Rosenberger, Buncher, 1999)

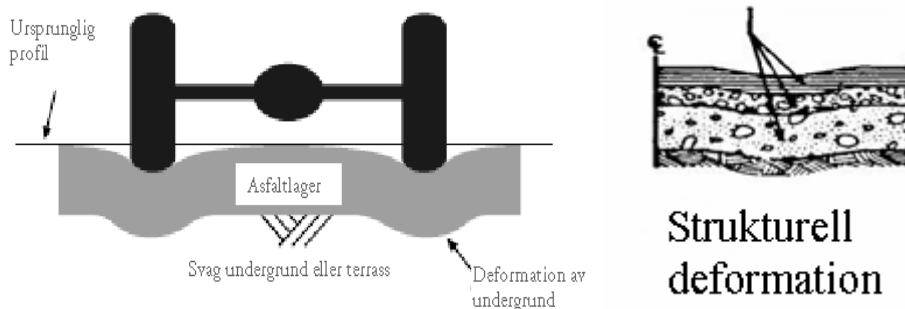
Spårbildning som beror **plastisk deformation**, se figur 3.3, innebär att belastningen från trafiken omlagrar asfaltmassan och bildar hjulspår. Asfalten trycks ut åt sidorna och bildar valkar vid sidan om hjulspåren. Denna typ av spårbildning är vanlig i korsningar

beroende på de låga hastigheter och statiska laster som uppträder där. Asfalten är för viskös, för mjuk, för de lasterna som den utsätts för. (Rosenberger, Buncher, 1999)



**Figur 3.3:** Spårbildning pga. plastisk deformation, det mjuka asfaltlagret trycks undan åt sidorna vid last från fordon. (Rosenberger, Buncher, 1999)

**Bärighetsproblem i de obundna lagren** beror på att konstruktionen inte håller för de laster den utsätts för, se figur 3.4. Det kan vara orsakat av att grusmaterialet inte har tillräcklig hållfasthet eller att det har kommit ner väta i de obundna lagren och har därmed blivit mer visköst och kan omlagras. Asfalten håller i det här fallet för belastningen. En indikation på att det finns bärighetsproblem är att det finns utmattningssprickor i asfalten på vägen. (Rosenberger, Buncher, 1999)



**Figur 3.4:** Bärighetsproblem som ger upphov till spår i vägbanan. (Rosenberger, Buncher, 1999)

**Krypning** är ett fenomen som leder till att material deformeras permanent pga. statiska laster. Denna deformation skapas under längre tid och med inverkan av temperatur. (Lundh, 1998)

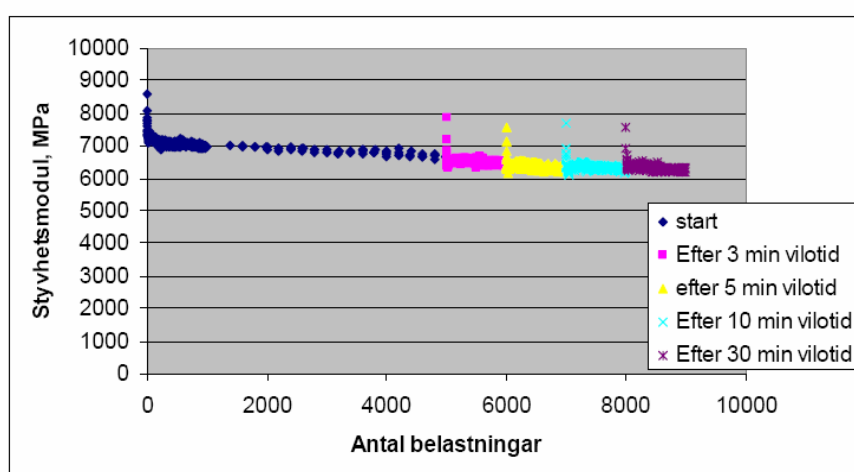
Betydelse för en korsnings livslängd är vilket klimat som omger den, hur mycket last som konstruktionen kommer att utsättas för (antalet fordon och andelen tung trafik) och hur länge dessa laster kommer att befinna sig på varje punkt i korsningen. Här spelar hastigheten hos fordonet en stor roll, en lägre hastighet innebär att belastningstiden blir längre och frekvensen minskar. Sambandet förhåller sig så att ju lägre frekvensen blir desto lägre blir beständigheten mot deformationen. Den plastiska- och elastiska deformationen och krypningen rör sig dessutom i samma riktning. (Lade, Liu, 1998)

Förhållandet mellan asfaltlagrets beständighet och dess sätt att klara av kortvariga belastningar är signifikant (Croney, 1990). En yta håller längre och bättre om den är bra på att klara av enskilda laster eller diverse incidenter.



Beläggningar av asfalt är ett viskoelastiskt material. Den påverkas av både den nuvarande belastningen och tidigare belastningen. Materialegenskaperna är därmed både tidsberoende och hastighetsberoende.

Viloperioden mellan belastningarna är viktiga för asfaltens livslängd. Ofta underskattas livslängden vid laboratorieförsök då man inte tar hänsyn till dessa viloperioder. Styvheten i asfalten minskar med antalet belastningar som den utsätts för, se figur 3.5. Men om asfalten får en viloperiod så återhämtar den sig till viss del och har en högre styvhetsmodul. Asfalten blir alltså starkare om den får ett uppehåll i belastningen och forskarna tolkar detta som att hårfina sprickor i materialet går ihop under dessa viloperioder. Det finns också ett samband mellan vilotidens längd och återhämtningen. Styvhetsmodulen blir större desto längre vilotid asfalten får.



**Figur 3.5:** Samband mellan antal belastningar och styvhetsmodul. De högre styvhetsmodulerna efter vilotiderna indikerar på att asfalten återhämtar sig mellan belastningarna. (Nilsson, R, et al., 2005)

En studie med två olika asfalttjocklekar, 340 mm och 240 mm, visar att påfrestningarna på de underliggande obundna lagren inte är i närheten av att vara kritiska. Det finns ingen risk att spårbildning skulle ske i dessa underliggande lager. De vägar som har ett tjockare asfaltlager bildar heller inte spår i de obundna lagren vid ett stort antal upprepade belastningar. Däremot så visar det sig att själva asfalten i det tunnare fallet kan ge upphov till spårbildning i asfalten i de fall där ytemperaturen är hög och där vägen är högtrafikerad. (Werkmeister, 2003) Olika tjocka asfaltlager påverkas av olika krafter. Variationer i tjockleken på asfaltlagret är den dominerande orsaken till nedbrytning för tjockare asfaltlager. Medan det är ojämnheter i ytan som framkallar dynamiska laster som är viktigare i fallet med tunnare asfalt. (Collop, Cebon, 1995)

Att kunna bedöma läkningseffekterna hos en asfaltbeläggning kan vara viktigt, för att med större precision kunna uppskatta vägens livslängd. Kan asfalt tillverkas med bevisat bättre läkningsegenskaper så kan kanske den samhällsekonomiska nyttan öka genom att livslängden blir längre eller att man kan bygga tunnare konstruktioner med samma livslängd. (Nilsson, R, et al., 2005)

### 3.1.1 Samband mellan hastighet och friktion

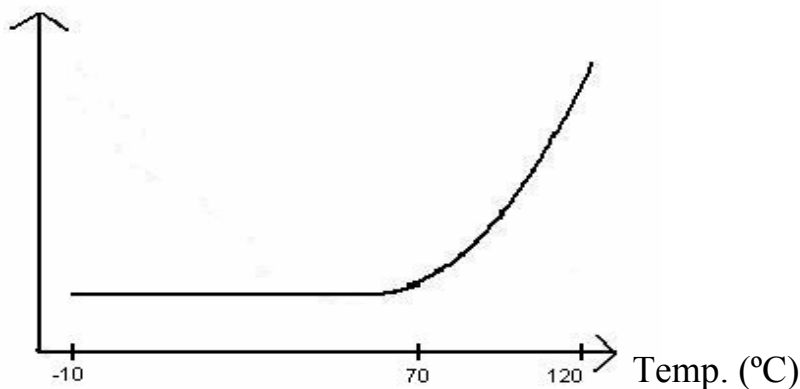
Friktionen i längsgående riktning anses vara obefintlig i kontaktpunkten mellan däck och underlag då hastighetsförändringen är noll, det vill säga då fordonet håller konstant hastighet (Grahn, Jansson, 2002). Då hastigheten förändras genom antingen acceleration eller retardation uppträder friktionskrafter, som fortplantar sig som skjuvkrafter i asfaltlagren. Friktionskrafterna är som störst i det ögonblick då accelerationen eller retardationen är som störst, vilket innebär att påkänningen i asfaltlagren blir extra stor vid det tillfället.

### 3.1.2 Bindemedlets egenskaper och påverkan

Asfalts beständighet och stabilitet påverkas i stor utsträckning av bindemedlets sammansättning. Vid utläggning av asfalt eftersträvas en så lätthanterlig massa som möjligt. Detta innebär att vid riktigt höga temperaturer bör bindemedlet ha en hög elasticitet för att underlätta utläggningen. Vid låga temperaturer måste en hög elasticitet uppnås för att undvika termiska sprickbildningar när asfaltmassan komprimeras. Stenmaterialet påverkas inte nämnvärt av temperaturförändringen utan det är bindemedlet som komprimeras, vilket resulterar i en inre spänning. Sprickbildningar uppträder när den termiska spänningen överstiger asfaltens beständighet. (Anderson, Irvine, 2004) Under de varma sommarmånaderna kan temperaturen ibland komma upp i 50-60°C (Fagergren, 2006). Då är det optimalt om styvheten är hög, dvs. låg elasticitet hos bindemedlet, för att undvika spårbildning vid stora laster, se figur 3.6.

Bindemedel delas in i kategorier med olika hårdhet med penetrationsindex 50/70 (B60), 70/100 (B85) och 160/220 (B190). Värden inom parentes motsvarar beteckningen i det gamla systemet. Bindemedlet med hårdheten 50/70 klarar ofta spårbildningsproblemen men kan pga. hårdheten (sprödheten) ha svårt att ta upp termisk påkänning. Med en polymermodifikation av bindemedlet kan vissa termiskt relaterade problem lösas och göra asfaltmassan stabilare. Men det kan öka kostnaden för bindemedlet med 30 – 100 % och kostnaden för hela asfaltmassan med 10 – 40 % (D'Angelo). Polymermodifierat 50/70 bitumen används ofta på tungt belastade ytor i tätort i södra Sverige. 160/220 används sällan i södra Sverige pga. att det är för mjukt, men kan användas i de norra delarna eftersom klimatet där är något kallare. (Fagergren, 2006)

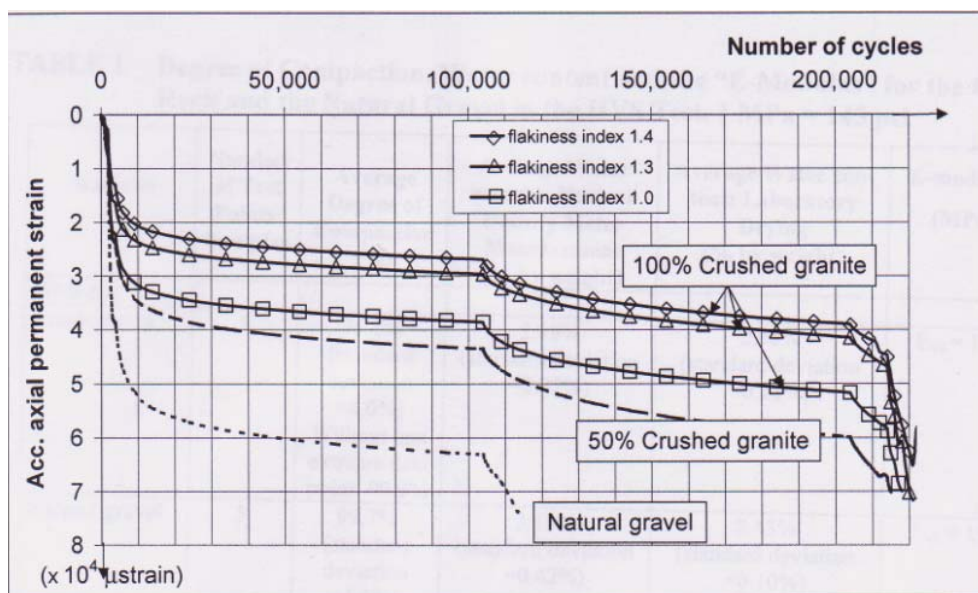
#### Elasticitet



**Figur 3.6:** Principutseende för ett optimalt samband mellan elasticitet och temperaturen för bindemedel. (Mårtensson, Wilén)

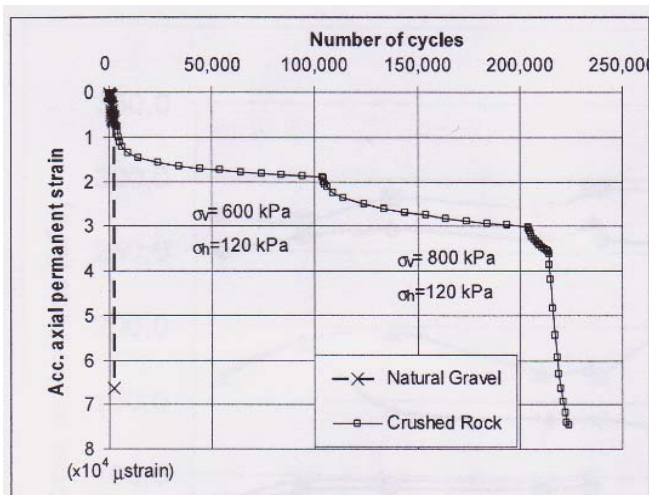
### 3.2 Obundna material

Materialvalet har också betydelse för stabiliteten i de obundna lagren. Väsentligt är att veta hur materialet uppträder på plats. Studier har visat att om partiklarna har samma storlek så deformeras ett naturligt grusmaterial dubbelt så mycket som ett som består av krossad sten, se figur 3.7. (Odermatt et al., 2004)



**Figur 3.7:** Naturligt grusmaterial deformeras dubbelt så mycket som ett material av krossad sten (Odermatt et al., 2004).

Studier gjorda med ett triaxialtest visar att den permanenta deformationen är större hos det naturliga grusmaterialet, se figur 3.8. Detta behöver inte bara vara en nackdel vid byggandet av en ny väg eftersom det kan vara enklare att använda naturligt grus då det är lättare att packa. Detta förväntas bero på att det naturliga gruset är slätare och jämnare sliten och har en mindre inre friktion jämfört med det grova ojämna krossade stenen. (Odermatt et al., 2004) Naturligt grus används numera dock i en väldigt liten skala inom vägbyggnad.



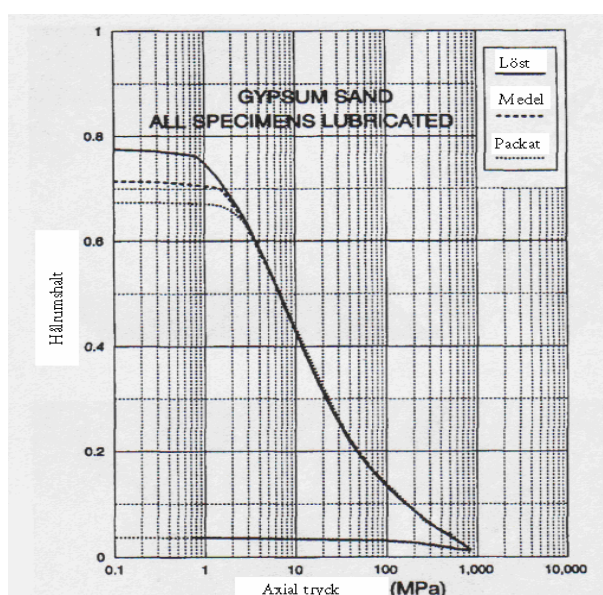
**Figur 3.8:** Ett naturligt grusmaterial deformeras permanent mer än ett krossat grusmaterial (Odermatt et al., 2004).

En annan parameter som påverkar de obundna lagren och ger upphov till permanent deformation är antalet lastcykler. Hur många upprepade gånger lagren får känna på kraften från trafiken och vilken belastning materialet eller lagret har blivit utsatt för tidigare.

Det visar sig också att medelbelastningen på vägen påverkar mycket hur väggroppen kommer att reagera (Molenaar, 1995). Den maximala belastningen är viktig att vara uppmärksam på, men det är även viktigt att känna till den totala trafiksammanställningen. Att noggrant dimensionera vägen för de laster som den kommer att utsättas för är en förutsättning för att få ut maximalt av de satsade medlen.

Två parametrar som har betydelse för hur obundna material uppträder, är hur mycket belastning som läggs på och hur mycket hålrum grusmaterialet innehåller. Volymen på hålrummet minskar med en ökad belastning på grusmaterialet. Men detta samband stämmer till en viss, liten hålrumshalt. När hålrumshalten blir minimal, eller i alla fall väldigt nära, så minskar beroendet av den pålagda kraften och grusmaterialet blir stabilt. Detta fenomen beror på att partiklarna rör sig sinsemellan och materialet uppför sig som en friktionsmassa när volymen på hålrummet är stort. Men när den volymen minskar så kilar sig partiklarna fast mellan varandra och får en optimerad packning så att materialet uppför sig som om det var massivt (Cambou, 1998). Det är detta tillstånd med en maximal packningsgrad av de obundna lagren som är oerhört viktig och som man försöker uppnå vid vägbyggnad. Lagren skall klara så stor last som är beräknat utan att efterpackas av trafiken.

Är partikelstorleken tillräckligt liten försvinner i princip hålrummet mellan dem. Detta gäller för exempelvis sandpartiklar som vid hög belastning går mot ett stadium där hålrummet är nästintill obefintligt, se figur 3.9. Det visar sig också om sanden innehåller hårdare mineraler så betar det sig på samma sätt, skillnaden är att det krävs högre belastning för att se samma fenomen. (Yamamuro et al., 1996)



Figur 3.9: Hålrumshalten för sand minskar och blir nästan obefintlig när tryck läggs på (Odermatt et al., 2004).

De obundna lagren uppträder olika över året och visar, precis som asfalten, upp variationer i styrka och stabilitet. Det visar sig att de obundna materialen är som styvast och mest stabila under de kalla vintermånaderna. Sen följer en period på våren när de obundna lagren är som svagast pga. att det är som fuktigast på våren och att denna väta kan tränga in i väggkroppen. Under sommar och höst så stabiliseras materialen igen och uppnår någon form av "steady-state" när vårfukten försvinner. (Popik et al., 2005)

Det kan uppstå problem om vatten tränger ner i de obundna lagren i väggkroppen. Hur stora problem det blir beror naturligtvis på vad det är för typ av material, vilken vätska det är och hur mycket vätska. Men på ett eller annat sätt får det plastiska egenskaper och partiklarna i materialet kan flytta på sig och omlagras (Cambou, 1998). Fukthalten påverkar genom att ju mer fukt det obundna lagret innehåller desto mer viskoelastiskt blir det. De fysikaliska egenskaper hos materialet, så som hållfasthet, den inre friktionen och flisighetsindex inverkar också (Werkmeister, 2003).

Jämnheten på vägen är inte bara en komfortföreteelse där trafikanter kan uppfatta ojämnheter som obekvämt utan det kan även påskynda nedbrytningen av vägen. Detta beroende på de dynamiska hjullastvariationer som uppkommer när ett tungt fordon kör över en ojämn vägyta. Detta leder till att ojämnheten ökar som leder till att belastningen på den kritiska punkten ökar och nedbrytningen av vägen påskyndas. Detta fenomen kan också påverka och försämra bärigheten. Höga krav på jämnhet är av största vikt och detta gäller speciellt vägar med svagare konstruktion. Fortlöpande mätningar av den gradvisa försämringen bör utföras så att åtgärder och underhållsarbete kan sättas in vid rätt tidpunkt. (Öberg, 2001)

## 4 Skadetyper och dess orsaker

Nedan följer en kortfattad beskrivning av respektive skada samt möjliga orsaker till att de uppstår (Svenska Kommunförbundet, 2003). Tänkbara åtgärder behandlas i kapitel 7.

### 4.1 Spårbildning

Spårbildning är en tvärgående ojämnhet i vägbanan, se figur 4.1. Spårens form och karaktär kan variera. I korsningar beror spårbildningen oftast på bärighetsberoende deformation i de obundna lagren eller i undergrunden eller på plastiska deformationer i de bundna asfaltlagren.

Spårbildning genererad av bärighetsberoende deformation är ofta flacka spår med centrumavstånd 190 cm, dvs. samma avstånd som de tunga fordonens hjulbas. Spårbildning genererad av plastiska deformationer är spår med mindre utbredning i tvärled än vid bärighetsproblem, dock med lika stort centrumavstånd.



Figur 4.1: Spårbildning på busshållplats Värnhemstorget, Malmö. (Foto: Mårtensson, Wilén)

### 4.2 Sprickbildning

#### 4.2.1 Sprickor i hjulspår

Den tunga trafiken genererar horisontella dragspänningar i underkant av de bundna asfaltlagren. Dessa spänningar orsakar med tiden utmattningssprickor som vanligtvis initieras i underkant av asfaltlagren och som söker sig upp mot vägytan, se figur 4.2. De uppträder ofta som längsgående sprickor i hjulspåren. Dragspänningar kan även uppstå i ovankant av asfaltlagren, vilket kan yttra sig som längsgående sprickor i kanten av hjulspåret.



Figur 4.2: Visar hur sprickor initieras i underkant av asfaltlagren (Birgisson et al., 2006).

Synliga sprickbildningar i hjulspår innebär att konstruktionen är underdimensionerad eller att dimensioneringsperioden har upphört.

I tjocka beläggningskonstruktioner, uppstår inga dragspänningar i underkant och därför förekommer det endast sprickbildningar i ytan av beläggningslagret.

#### **4.2.2 Krackeleringar**

Krackeleringar initieras av samma fenomen som sprickbildningar, dvs. när dragspänningen överstiger hållfastheten bildas sprickor. Krackeleringar består av sprickbildningar som förbinds efter upprepade trafikbelastning. De förekommer ofta vid tunna beläggningslager, nära tvärsprickor, kantsprickor samt vid lagningar.

De kan initieras av att konstruktionens livslängd har upphört eller att konstruktionen har varit underdimensionerad för rådande trafikbelastning. Även undermålig dränering av vägkroppen kan vara en anledning samt att asfaltlagren är för styva för att klara rörelser som uppstår i de obundna lagren.

På engelska benämns krackelering "Alligator Cracking" pga. att utseendet på sprickorna påminner om krokodilskinn.

#### **4.2.3 Tvärgående sprickor**

Dessa sprickor orsakas främst av termiska krympspänningar i asfaltlagren. De uppträder vid kraftiga temperaturväxlingar under den kalla årstiden. Bindemedlets egenskaper, t.ex. hårdhet och elasticitet, har stor betydelse för utvecklingen av dessa sprickor. Orsaken kan även vara krympspänningar i en underliggande konstruktion av betong eller CG som fortplantas i asfaltlagren.

Förekommer som regelbundet återkommande sprickor som sträcker sig över vägens bredd. Tung trafik kan försämra dessa sprickor men sprickorna i sig själv är inte belastningsrelaterade.

## **4.3 Övriga ytliga skador & defekter**

### **4.3.1 Slaghål**

Ett slaghål kan uppkomma som en isolerad företeelse och vara konsekvensen av andra skador såsom krackeleringar, stensläpp, separation, lokala bärighetsproblem eller dålig vidhäftning. Slaghål benämns även som potthål.

### **4.3.2 Kantdeformation**

Med kantdeformation avses i detta fall deformationer nära rännstenar, kantstenar och brunnar. De ger upphov till deformationer i vägytan som medverkar till otillräcklig ytvattenavledningen.

### **4.3.3 Otillräcklig ytvattenavledning**

För att regnvatten inte ska bli stående en längre tid på beläggningsytan måste ytvattenavledningen fungera tillfredställande. Om detta inte sker kan trafiksäkerheten bli sämre. Även stabiliteten i vägkonstruktionen kan bli sämre om vatten tränger ner i de obundna lagren.

Spårbildning och otillräckligt tvärfall kan ge upphov till otillräcklig ytvattenavledning. I kombination med sprickbildningar eller slaghål kan det stående vatten tränga ner i vägkonstruktionen.

### **4.3.4 Skador vid lagning**

Ingrepp i vägytan kan leda till en försvagning i de obundna lagren eftersom det är svårt att uppnå samma packningsgrad som vid nybyggnad. Lagningar kan ge skador som sprickor, krackeleringar eller slaghål.





## 5 Hypoteser

### **HYPOTES 1 – Spårbildningen är av större omfattning i tillfarter än i frånfarter**

Hastigheten i tillfarterna är ofta lägre än 20 km/h mellan stopplinjen och 50 m. Detta i samverkan med bromskrafternas påverkan leder till att tillfarterna utsätts för tyngre belastning än frånfarterna och korsningsytan. Detta medför att konstruktionen här får mer återkommande skador och kräver därför en ökad tillsyn och mer stabila underhållsåtgärder.

Korsningsytan påverkas i höger- och vänstersvängskörfälten av vridkrafter och statiska laster eftersom fordonen svänger och samtidigt håller en låg hastighet eller stannar för att släppa fram fotgängare.

Bromskrafter och statiska laster uppträder inte lika påtagligt i frånfarterna vilket gör att spårbildningen då blir av mindre omfattning.

Hypotes 1 testas i följande moment i studien

- Spårdjupsprofiler 0 – 40 m från stopplinjen
- Spårdjupsmätningar i frånfarter 0 och 50 m
- Hastighetsmätning av tunga fordon i tillfart

### **HYPOTES 2 – Busstrafiken är den dimensionerande lasten**

I korsningar kommer belastningen att vara beroende av busstrafikens färdriktning. Detta medför att skadebilden i körfält belastade av busstrafik kommer att ha större omfattning än skadebilden i övriga körfält.

Motiv till val av denna hypotes var att vid senaste busslinjeomläggningen 2005 i Malmö stad, genomfördes en förändring av tidtabellen, vilken innebar att många busslinjer har avgångar med endast sex minuters intervall. De tungt trafikerade korsningarna fick då en ännu tätare trafikering av busstrafik, dvs. viloperioden mellan varje lastcykel blev mindre och belastningen ökade därmed.

Hypotes 2 testas i följande moment i studien

- Skadeinventering av korsningar i Malmö stad
- Spårdjupsmätningar vid stopplinje
- Spårdjupsprofiler 0 – 40 m från stopplinjen
- Inventering av Skånetrafikens busslinjenät i Malmö stad

### **HYPOTES 3 – Bundna & obundna lager åtgärdas vid bärighetsproblem**

Vid total ombyggnad av en gata, pga. bärighetsproblem, åtgärdas de lager som håller dålig standard. Detta innebär att de obundna lagren ersätts eller förstärks, i samma utsträckning som de bundna lagren, då de håller dålig standard.

Hypotes 3 testas i följande moment i studien

- Inventering i Gatukontorets arkiv i Malmö stad
- Intervju med experter vid Gatukontoret i Malmö stad
- Intervjuer med entreprenörer i branschen aktiva i Malmöregionen



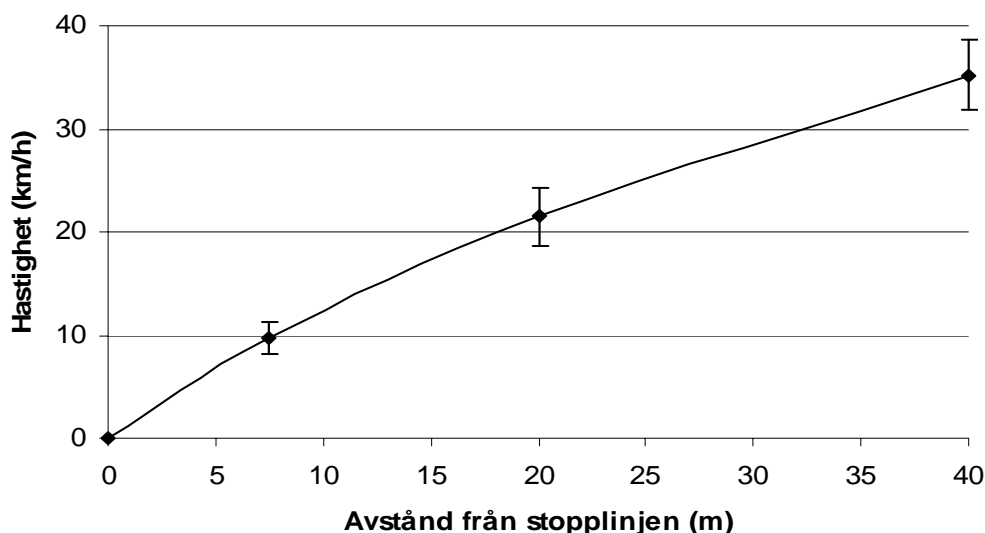
## 6 Resultat med kommentarer

En sammanställning av resultaten från korsningsinventeringen i Malmö stad och arkivstudier redovisas med kommentarer nedan.

### 6.1 Hastigheten

I figur 6.1 visas genomsnittshastighet hos tunga fordon i intervallet 0-40 m från stopplinjen. Lutningen hos linjen i figuren beskriver retardationen hos dessa fordon. Ju större lutning, desto större retardation.

Hastigheten vid mätpunkterna är  $35,2 \text{ km/h} \pm 5,5 \text{ km/h}$  vid 40 m till stopplinjen,  $21,5 \text{ km/h} \pm 4,5 \text{ km/h}$  vid 20 m,  $9,7 \text{ km/h} \pm 2,5 \text{ km/h}$  vid 7,5 m och noll vid stopplinjen. Hastighetsminskningen är  $13,7 \text{ km/h}$  mellan mätpunkten vid 40 och 20 m, medan minskningen är  $21,5 \text{ km/h}$  från 20 fram till stopplinjen. Retardationen är  $0,69 \text{ m/s}^2$  i intervallet 40-20 m från stopplinjen, medan i intervallet 20-0 m är retardationen  $1,08 \text{ m/s}^2$ . Retardationen är som störst de sista 20 m fram till stopplinjen.



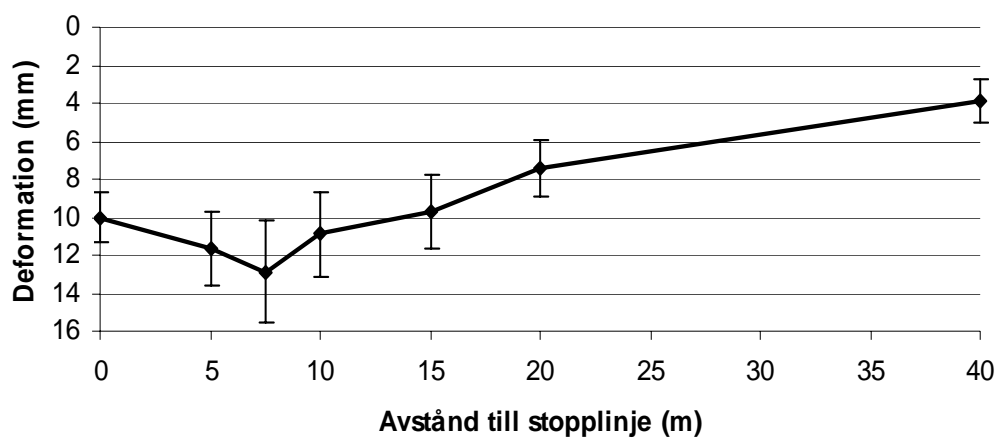
**Figur 6.1:** Genomsnittshastigheter med 95 % -konfidensintervall, visar hur hastigheten minskar med avståndet till stopplinjen för tunga fordon. Hastighetsmätningen utfördes i tillfarten söderifrån i korsningen Svenshögsvägen – Norra Ringen i Lund.

Genom att studera figur 6.1 kan slutsatser dras att vägkonstruktionen är speciellt utsatt för krafter de sista 20 m fram till stopplinjen. Retardationen är förhållandevis stor i kombination med de låga hastigheter som fordonen håller i detta intervall.

## 6.2 Spårbildning

### 6.2.1 Profil

Resultatet i figur 6.2 visar hur medelspår djupet, för både höger och vänster hjulspår, ökar in mot stopplinjen fram till mätpunkten vid 7,5 m för att sedan minska något fram mot stopplinjen. Mätningen omfattar 35 tillfarter i 11 korsningar. Det maximala värdet för medeldeformationen i tillfarterna är som störst i mätpunkten vid avståndet 7,5 m från stopplinjen. Här är medeldeformationen  $12,9 \text{ mm} \pm 2,7 \text{ mm}$ . Vid stopplinjen är medeldeformationen  $10 \text{ mm} \pm 1,3 \text{ mm}$  och 40 m bakom stopplinjen är den  $3,9 \text{ mm} \pm 1,2 \text{ mm}$ . Resultaten visar avvikelserna i mätningarna med hjälp av ett 95 % konfidensintervall.



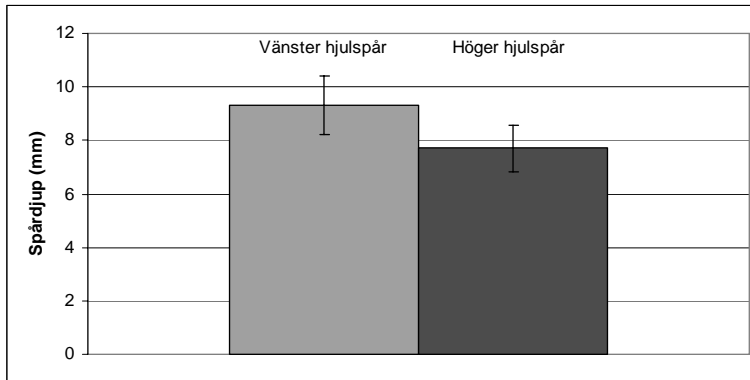
**Figur 6.2:** Spårbildningens medelprofil med 95 % -konfidensintervall av både höger och vänster hjulspår. Deformation i sju mätpunkter mätt med konfidensintervall där en genomsnittspröfil av deformationen i intervallet från 40 m och fram till stopplinjen erhålles.

Spårbildningsprofilen visar att den maximala deformationen inträffar mellan 10 m och 5 m till stopplinjen. Detta kan relateras till att den största retardationen inträffar från 20 m fram till stopplinjen. Spårbildningen påverkas också av att hastigheten är låg och av den statiska lasten från t.ex. en buss, vars bakhjul stannar på avståndet 5-10 m från stopplinjen. Spårprofilen indikerar att spåren fortsätter in i korsningsytan. Det tyder på att spårbildningen i tillfarterna också påverkas av den låga hastigheten i den första accelerationsfasen och kanske även accelerationen i sig.

Spårbildningen orsakas troligen till största delen av plastiska deformationer i de bundna asfaltlagren i Malmö. I de flesta inventerade tillfarterna finns det valkar i tvärled som tyder på just plastiska deformationer. I enstaka tillfarter finns det troliga bärighetsproblem eller en kombination mellan plastiska deformationer och bärighetsproblem, eftersom dessa inte uppvisar tecken på valkar i tvärled. Spårbildningen kan i dessa fall vara djup utan att valkarna i tvärled behöver vara särskilt stora. Detta tyder på att det är rörelser, utöver de i asfaltlagren, som har haft betydelse för spårbildningen.

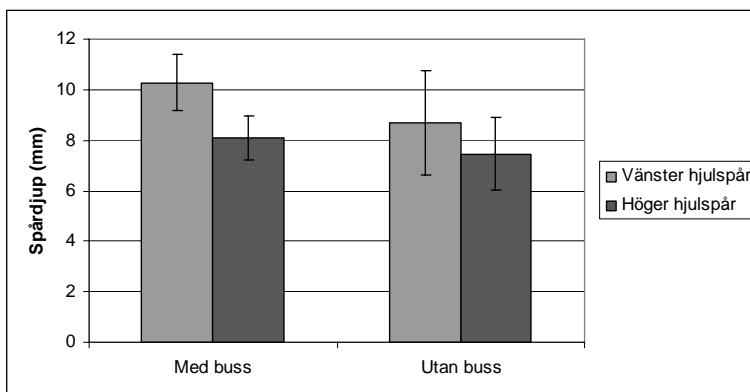
## 6.2.2 Vid stopplinje

Figur 6.3 visar en skillnad mellan höger och vänster hjulspår med 95 % -konfidensintervall. Vänster hjulspår är djupare än det högra, med 95 % signifikans, se t-test i bilaga 5. Det vänstra hjulspåret är i genomsnitt  $9,3 \text{ mm} \pm 1,1 \text{ mm}$  medan det högra är  $7,7 \text{ mm} \pm 0,9 \text{ mm}$ .



**Figur 6.3:** Skillnad mellan höger och vänster hjulspår redovisade med 95 % -konfidensintervall. Det finns signifikant skillnad mellan höger och vänster hjulspår, vänster hjulspår är djupare.

I figur 6.4 och med ett t-test i bilaga 5 visas att det inte finns någon signifikant skillnad mellan körfält med och utan busstrafik. Det finns dock en tendens till att körfält med busstrafik påverkas mer. I körfält med busstrafik är genomsnittsdjupet 10,3 mm i vänster hjulspår och 8,1 mm i höger i jämförelse med 8,7 mm i vänster hjulspår och 7,5 mm i höger i körfält utan busstrafik. T-test i bilaga 5 visar att det finns en signifikant skillnad mellan höger och vänster hjulspår i körfält med busstrafik. Ytterligare ett t-test i bilaga 5 visar att det inte finns någon skillnad i höger och vänster hjulspår i körfält som saknar busstrafik.



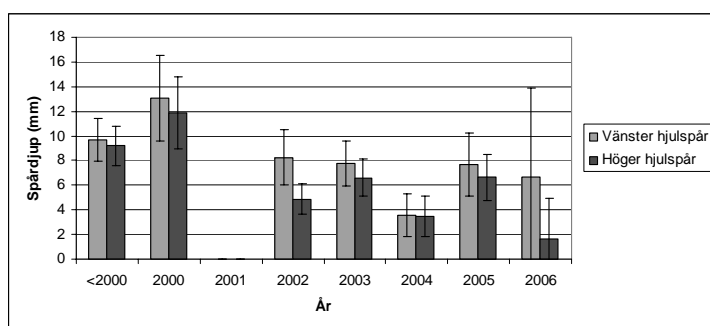
**Figur 6.4:** Skillnad i spår djup mellan hjulspår i körfält med och utan busstrafik, redovisas med 95 % -konfidensintervall. Det finns en signifikant skillnad mellan höger och vänster hjulspår i körfält som trafikerar av busstrafik. Däremot finns det bara en tendens att körfält med busstrafik skulle ha djupare spår än körfält utan busstrafik.

En förklaring till varför det vänstra hjulspåret är djupare kan vara att personbilar inte är lika breda som tunga fordon. De kör med det vänstra hjulparet i vänster hjulspår och nöter på beläggningen ovanifrån, vilket medför att spår djupet ökar.

För övrigt är fenomenet svårt att förklara. Det är tvärtom så att med tanke på fordonets tyngd i kombination med tvärfallet på gatan borde höger hjulspår vara djupare. Fordonet lutar utåt pga. tvärfallet och störst belastning sker då på höger hjulpar, vilket i sin tur skulle påverka höger hjulspår mer än det vänstra. Det finns ingen given förklaring till varför det finns en signifikant skillnad på höger och vänster hjulspår i körfält som trafikeras av bussar.

Ett skäl till att spårdjupet inte är signifikant större i körfält med busstrafik kan vara att det övriga körfälten trafikeras av annan tung trafik i form av lastbilar.

Figur 6.5 redogör för spårdjupet i förhållande till vilket år beläggningen senast är omlagd. Spårdjupet är som förväntat mindre ju yngre beläggningen är. Asfalt som är utlagd år 2000 eller tidigare har djupare spår i förhållande till yngre beläggningar. Asfalt utlagd före år 2000 har i genomsnitt 9,5 mm i spårdjup och asfalt utlagd år 2000 har 11,4 mm. Medan en beläggning från år 2004 har 3,5 mm i spårdjup. Att spridningen är så stor för 2006-års mätdata beror på att det var endast en tillfart med tre körfält. Inga tillfarter i studien var omlagda år 2001. Alla mätdata redovisas med 95 % - konfidensintervall.



**Figur 6.5:** Spårdjupet i tillfarter <2000-2006 med 95 % -konfidensintervall. Spårdjupet är större ju äldre beläggningen är. År 2006 är spårdjupet mycket stort, den representeras dock bara av en korsning därav det stora konfidensintervallet.

Spårbildningen ökar med en äldre beläggning. För att en äldre beläggning har varit utsatt för mer trafik och har därmed brutits ner mer än en yngre beläggning. 2006-års värde representeras av en tillfart och visar en tendens på att spårdjupet kan vara relativt djupt. Det är tillfarten söderifrån i korsningen Carl Gustavs v/Spårvägsg - S Förstadsg, den ligger precis vid Södervärns busstation. Det passerar mycket busstrafik genom denna korsning som kan vara en anledning till att den har brutits ner snabbt. Det kan också bero på att utläggningen av asfalten skedde i mitten på sommaren när det var som varmast. Detta kan ha inverkat på spårbildningen genom att asfalten inte har fått en optimal utläggningstemperatur och därmed inte har härdats tillräckligt.

### 6.2.3 Spårbildning i korsningsytan

Inga mätningar är gjorda i korsningsytan. Dock observerades okulärt spår i vänstersvängkörfältet i korsningsytan i bl.a. korsningen vid Södervärns busstation (Carl Gustavs v/Spårvägsg - S Förstadsg), se figur 6.6. Spåren leder in i korsningen från stopplinjen på S. Förstadsgatan i vänstersvängen mot Spårvägsgatan.

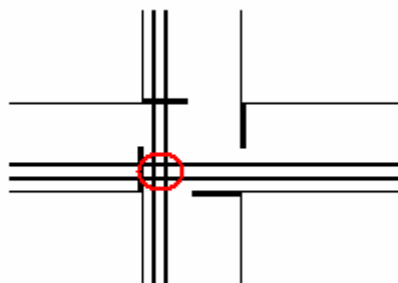


**Figur 6.6:** TV: Hjulspår på korsningsytan i korsningen Carl Gustavs v/Spårvägsg - S Förstadsg uppvisar spår i korsningsytan (Foto: Mårtensson Wilén).

**TH:** Kartbild över korsningen Carl Gustavs v/Spårvägsg - S Förstadsg (Gatukontoret, Malmö, 2006).

Att spåren i vänstersvängen är stora i korsningen kan förklaras med att fordonen har låg hastighet från stopplinjen fram till platsen i korsningen där de måste stanna och vänta på mötande fordon. Korsningen Carl Gustavs v/Spårvägsg - S Förstadsg är hårt trafikerad av bussar, speciellt i vänstersvängen från S. Förstadsgatan in mot busstationen på Spårvägsgatan. I detta fall blir det mycket tungtrafik med låg hastighet som påverkar spårbildningen även efter stopplinjen.

Enstaka punkter i korsningsytan kan också belastas av trafikströmmar i två riktningar. Dessa punkter blir belastade dubbelt så många gånger som övriga ytor. Exempelvis visade korsningen Östra Förstadsg/Sallerupsv-Lundav/Föreningsg tendenser till lokala svagheter i fyra punkter där hjulen från trafikflödena korsade varandra, se figur 6.7.



**Figur 6.7:** Principskiss på område som kan vara extra utsatt i korsningsytan. Trafik från två riktningar påverkar området och lokala sättningar kan uppstå. (Mårtensson, Wilén)

#### 6.2.4 Frånfarter

Spårbildningsmätningarna i frånfarterna visar i de flesta fall nästan obefintlig deformation. Detta kan förklaras med att det största kraftöverförandet från accelerationen inte förekommer här utan vid lägre hastigheter eller vid stillastående läge. När hastigheten ökar minskar belastningstiden och påkänningarna från accelerationen och framfarten från fordonen liknar mer den som uppträder på en sträcka och därmed klarar vägkonstruktionen belastningen bättre.

Trots att det inte är säkert att den största accelerationskraften genereras i tillfarterna är deformationerna betydligt större där än i frånfarterna, se bilaga 6. Detta beror sannolikt på att asfaltens deformation är beroende av belastningstiden, dvs. att deformationen kan bli stor även vid låg acceleration beroende på vilket hastighetsintervall som fordonet



befinner sig i. I tillfarterna påverkar dessutom även krafterna från retardationen deformationens storlek.

### 6.3 Sprickbildning

Det är svårt att hitta någon systematik för var och i vilken omfattning övriga skador förekommer i de inventerade korsningarna. De redovisas enbart med några exempel med text och foto samt i en sammanställning i bilaga 7.

#### 6.3.1 Sprickor i hjulspår

Generellt är sprickor i hjulspår ganska få och där de uppträder är de varken särskilt utspridda eller allvarliga. Med några få undantag, exempelvis i tillfarten på Flygfältsvägen i korsningen med Vattenverksvägen där denna spricka, som kan ses i figur 6.8, är klassificerades som en trea. Sprickan följer hjulspåret i högersvängen igenom korsningen.



*Figur 6.8: Bilden visar på sprickbildning genom korsningen i vägkorset Flygfältsvägen/Segemöllegatan – Vattenverksvägen. (Foto: Mårtensson, Wilén)*

Sprickorna som uppstår i hjulspåren kan bero på olika anledningar. I de undersökta fallen beror det främst på att den plastiska deformationen har verkan på asfalten så att sprickor börjar uppstå. Sannolikt har sprickorna i de exemplen som visas i figur 6.8 ett samband med de spår som finns i tillfarterna. Om det beror på att det är mer tung trafik än vad som var kalkylerat, en dålig asfaltmassa eller en kombination är svårt att säga.

#### 6.3.2 Krackeleringar

Krackeleringar är sällsynta i tillfarterna, det är endast fem tillfarter av de 91 som uppvisar någon form av krackeleringar. Dessutom är de måttliga där de uppträder. De har ofta uppstått i samband med och i anslutning till brunnar, lagningar eller kanter. Se bilaga 7 och ett exempel i figur 6.9.



**Figur 6.9:** *Krackelering i högersväng i korsningen Södra Bulltoftavägen – Mölledalsvägen vid bussterminal. (Foto: Mårtensson, Wilén)*

Att krackeleringar är ovanliga eller att de inte förekommer i någon större utsträckning kan förklaras med att det behövs någon eller några initialsprickor för att en större yta skall börja spricka upp. Det finns få sprickor av den typen som skulle kunna leda till krackeleringar i de undersökta korsningarna.

### **6.3.3 Tvärgående sprickor**

Termisk sprickbildning är ett sällsynt problem i de inventerade korsningarna i Malmö stad, dock finns några exempel på mindre tvärgående sprickor. Totalt är det endast sju av de 91 tillfarterna som uppvisar sprickor av denna typ, se bilaga 7.

Att det inte finns så många tvärgående sprickor eller krackeleringar tyder på att de obundna lagren och asfaltmassan i de inventerade korsningarna har nått upp till kraven och tål de termiska påfrestningar som väggroppen utsätts för.

### **6.3.4 Kantsprickor**

Sprickor längs kanten är heller inte särskilt vanligt. Det är bara fyra tillfarter där det förekommer kantsprickor, vilka uppvisar ganska kraftiga skador. Det är uppemot eller över 50 % av kanten som har spruckit och sprickorna är ganska stora. Ett exempel är sprickorna i tillfarten på Spårvagnsvägen (som korsar S. Förstadsgatan) som kan ses i figur 6.10. Problem med materialövergång vid en busshållplats.



**Figur 6.10:** Kantsprickor i asfalten vid övergång till betongsten, vid busshållsplats i tillfarten på Spårvagnsvägen. (Foto: Mårtensson, Wilén)

Kantsprickor är inte något påtagligt problem. Även detta antas bero på att de lagda konstruktionerna håller i det avseendet att de inte förflyttas eller spricker upp i kanten. Förklaringen till att kraftiga skadorna uppkommer i vissa fall är att konstruktionerna har utsatts för stora belastningar i känsliga områden, t.ex. i figur 6.10 med en materialövergång där bussar kontinuerligt belastar ytan. Ett annat exempel är i snäva höger svängar, oftast i mindre korsningar. Där koncentreras lasten på en liten yta längs kanten och konstruktionen kan ta skada.

## 6.4 Övriga ytliga skador och defekter

### 6.4.1 Slaghål

Slaghål förekommer men det är på en liten del av vägytan och är i de flesta fall inte särskilt påtagliga. I figur 6.11 visas dock ett undantag.



**Figur 6.11:** Slaghål på Amiralsgatan. (Foto: Mårtensson, Wilén)

Att inte slaghål är så utbredd bland de undersökta korsningarna är direkt relaterat till att sprickor och andra skador ofta har väldigt liten utbredning. Det är sannolikt att de få slaghål som finns inte beror på vägkonstruktionen som helheten. Det är snarare svagheter eller förslitningar lokalt som leder till dessa slaghål.

#### 6.4.2 Kantdeformation i tillfart

Kantdeformation förekommer endast i två fall och är inte allvarliga. Övriga 89 tillfarter uppvisade inte denna skada.

Kantdeformationen är i likhet med kantsprickorna inget större problem. Det är inte särskilt utbredd och är heller inte så ansenligt där det förekommer. Varför kanterna inte påverkas är svårt att förklara, men en orsak kan vara att de korsningar som studerats är större korsningar i huvudvägnätet med gott om utrymme där även de större fordonen kan köra en bit från kantstenen. Vilket medför att kanten klarar sig bättre från skador.

#### 6.4.3 Ytvattenavledning

Otillräcklig ytvattenavledning är ett större problem. Det förekommer i tjugo av de 91 tillfarterna. I vissa fall kan de vara ett stort problem. Tillfarterna i korsningen Flygfältsvägen/Västra Skrävlingevägen - Sallerupsvägen har klassat som en trea (>50 % av ytan) respektive en tvåa (20 – 50 % av ytan), se figur 6.12.



**Figur 6.12:** Korsning med dålig ytvattenavledning. Till vänster: Vattensamling längs kanten inne i korsningen. Uppe till höger: Vatten stående på vägbanan i Västra Skrävlingevägens tillfart. Nere till höger: Vatten på vägbanan i Sallerupsvägens tillfart. (Foto: Mårtensson, Wilén)

Avsaknaden av en tillräcklig ytvattenavledning är ett problem som kan orsaka obehag för oskyddade trafikanter och vara en trafikfara för bilister i och kring korsningar. Kanske inte främst med tanke på vattenplaning då det handlar om låga hastigheter, utan för att sikten minskar då vattnet stänker upp och linjer och markeringar försvinner under

en eventuell vattenyta. Spårbildning har en betydande del för en dålig ytvattenavledning. Är spåren djupa så blir ytvattenavledningen otillräcklig och vattnet blir kvar på körbanan istället för att följa tvärfallet ner i en avrinningsbrunn. Sättningar efter att konstruktionen är uppförd kan också leda till att fallet ner mot avrinningsbrunnarna blir obefintligt och att vatten därmed stannar kvar på ytan.

#### 6.4.4 Skador vid lagning

Skador vid lagningar har påträffats i sex tillfarter. Dessa skador är måttliga och finns inte på så stora ytor av beläggningen. Det värsta exemplet är i tillfarten på Drottninggatan i korsningen med Ö. Förstadsgatan. Det är en lagning precis vid stopplinjen, se figur 6.13, där en gammal lagning har blivit lagat.



*Figur 6.13: Visar lappning och lagning på Drottninggatan norrifrån i korsningen Drottninggatan – Östra Förstadsgatan. (Foto: Mårtensson, Wilén)*

Att få skador förekommer i samband med lagningar är en följd av dels att det är få lagningar i de undersökta korsningarna, dels att de lagningar som finns är små. Det är små eller inga ojämnheter vid lagningarna och trafiken störs inte. Lagningarna är väl utförda och de håller för påfrestningarna.

#### 6.5 Arkivstudier av obundna material

Det obundna materialet i Malmö stad har konsoliderats under många år, bortsett från där ledningsgrävningar har gjorts. I de undersökta korsningarna har det obundna materialet i huvudsak byggts enligt två standardkonstruktioner, standard IV:1 och V:1, se bilaga 8. Ritningarna som beskriver konstruktionen av de obundna lagren är daterade 1961-98. Gemensamt är att de alla är minst 500 mm tjocka, men med olika tjocka bärlager och förstärkningslager, i bilaga 8 redovisas dessa uppgifter tillsammans med byggnadsår

(datum på ritningen). Vissa äldre konstruktioner har ett lager av massabunden makadam (MM). Uppgifter om lagertjockleken på det bundna materialet har varit omöjligt att skaffa sig kunskap om. Information om år och asfalttyp vid omläggning av slitlagret har funnits och redovisas i bilaga 1.

Gamla gator som idag är belagda med asfalt men byggda innan asfaltens inträde kan ha den befintliga gatstensbädden kvar under den bundna massan. Detta kan medföra bärighetsproblem. Slottsgatan – St. Nygatan är ett exempel där stenbädden ligger kvar.

Vid en analys av arkivstudierna dras slutsatsen att de underliggande obundna lager, som ligger i Malmö stad, har legat länge och är stabila. De har haft en hög packningsgrad från början och konsoliderats under en längre period. Dessutom löses oftast problem med vägkonstruktionen i de bundna lagren, det är sällan eller aldrig som de obundna lagren justeras.

## **6.6 Sammanvägd analys**

Systematiken i spårbildningens uppkomst tyder på att andra skador kan uppstå inom en snar framtid. Faktum är att sprickinitiering redan kan ha skett i underkant av asfaltlagren, men inte blivit genomgående än.

Avsaknaden av genomgående sprickor i de inventerade korsningarna kan bero på en frekvent omtoppning. Med dessa åtgärder undviks sprickor på kort sikt och i förlängningen vatten i väggroppen, vilket kan innebära bindemedelsurlakning samt en avsevärd minskning av bärförmågan hos de obundna lagren. Utförs omtoppning ofta fås en jämn yta men den ger inget bidrag till konstruktionens strukturella styrka. Samtidigt kan nya och återkommande problem uppstå. Om väggroppen har en svag konstruktion kommer spårbildningen att återkomma om inget görs åt den strukturella styrkan. Fräses inte hela tjockleken av det gamla slitlagret bort kan det efter ett antal omtoppningar hamna i zonen där de horisontella spänningarna är som störst. Slitlagrets uppgift är inte att ha en bärande funktion. Därför är det inte lämpligt att ha en instabil massa med hög bindemedelshalt, t.ex. ett slitlager, i en zon där det förekommer stora spänningar. Detta kan leda till stora deformationer och på sikt även stora kostnader.

På sikt skapas även större underhållskostnader om ingen åtgärd genomförs. Lösningarna i de bundna lagren är beroende av bärförmågan i de obundna lagren. Om undergrunden är instabil ställs högre krav på det bundna bärlagret. Skulle de obundna lagren försämrats, t.ex. av att vatten tränger ner, kommer kraven och kostnaderna för de bundna lösningarna framöver att öka. Om spårbildning uppstår hjälper det inte att ersätta slitlagret utan det kommer endast att skapa ytterligare kostnader i framtiden. Fräskostnaderna kommer att skjutas på framtiden eftersom de underliggande bundna lagren måste bytas ut eller förstärkas för att konstruktionen ska kunna klara belastningen.

Om asfalten inte fräses bort vid omläggning så kan den vid återkommande omtoppningar nå en sådan tjocklek att väggroppen deformeras pga. asfaltens egentyngd.

## **6.7 Utvärdering av hypoteser**

### **HYPOTES 1 – Spårbildningen är av större omfattning i tillfarter än i frånfarter**

Förkastas inte.

Spårbildningen är stor i tillfarter medan den är marginell i frånfarter. Dock är det osäkert om spårbildningen i korsningsytor skiljer sig från den i tillfarter.

Den största spårbildningen sker strax före stopplinjen och påverkas av hastigheten och bromskrafter. Det är dock inte bara retardationskrafter, låga hastigheter och statiska laster som påverkar, utan det är sannolikt också accelerationen från stillastående fordon som påverkar spårbildningen. Resultaten från inventeringen tyder också på att spårbildningen fortsätter förbi stopplinjen och in på korsningsytan.

Resultaten visar att frånfarterna nästan är skonade från spårbildningsproblem. Detta beror sannolikt på att trafiken inte är lika spårbunden samt att hastigheten är högre vilket gör att belastningstiden är kortare.

### **HYPOTES 2 – Busstrafiken är den dimensionerande lasten**

Förkastas.

Spårbildningsmätningarna vid stopplinjen visar ingen signifikant skillnad för körfält med eller utan busstrafik. Dock finns det en tendens till att nedbrytningen i körfält med busstrafik är större än i övriga körfält.

Körfälten med busstrafik (tung trafik) kan kräva underhåll i form av en starkare konstruktion eller tätare underhållsinsatser i jämförelse med körfält som har en mer normal belastning. Den ekonomiska nyttan måste vägas in vid val av underhållsåtgärder för att få ut mesta möjliga av underhållsbudgeten i varje kommun.

### **HYPOTES 3 – Bundna & obundna lager åtgärdas vid bärighetsproblem**

Förkastas.

Utan hänsyn till var i vägkroppen problemet finns löses det med olika asfaltvarianter.

Emellanåt ter det sig tydligt att deformationen beror på plastiska deformationer i asfaltlagren, men det kan vara svårt att avgöra vilket eller vilka lager deformationen uppstått i. Ibland kan en kombination av plastiska deformationer och bärighetsproblem uppträda.

De obundna lagren får anses relativt stabila, pga. att de har konsoliderats under en längre tid. En omlagring av de obundna lagren skulle kunna bli möjlig om konstruktionen tog in vatten, vilket skulle förändra förutsättningar radikalt. Men oavsett vilket problem som uppstår löses det genom en åtgärd i de bundna lagren. Motivet är att det kostar för mycket och är för komplicerat för att gå djupare ner. Utöver detta finns det asfältlösningar som kan kompensera för svagare obundna lager.

## 7 Underhållsåtgärder & material

### 7.1 Förslag på underhållsåtgärder

I detta kapitel presenteras förslag på överbyggnadsåtgärder som har fungerat eller kan fungera för tungt belastade signalkorsningar. Vikten av att välja rätt åtgärd och metod för att lösa specifika problem är väldigt central för det resultat som erhålls. Återigen bör det poängteras att dessa åtgärder inte kan användas som några principåtgärder, utan problemen bör kartläggas i detalj för varje enskilt korsningsobjekt. På detta sätt ska problemen förhoppningsvis kunna minskas eller helt undvikas i framtiden. Åtgärdsexempel ett och två utfördes innan bindlagret (ABb) var tillgängligt.

#### 7.1.1 Åtgärdsexempel 1: CG+asfalt Rv 50/36, Motala

- Slitlager 80 AB, hårt bindemedel förslagsvis 50/70 eller 70/100, lagertjocklek 40 mm
- Bärlager CG, lagertjocklek 180 mm
- Förstärkningslager

Ombyggnaden utfördes 1984.

I den befintliga asfaltsbeläggningen sågades spår för att avgränsa den yta som skulle byggas om. Efter att asfalten schaktats bort lades ett nytt bärlagergrus ut och justerades till nivån 220 mm under den färdiga ytan. CG-lagret lades ut med väghyvel och packades. Ytan täcktes med plastfolie och fick härda i 5 dygn. Därefter klistrades ytan och asfaltsbeläggningen lades ut. (Svenska Kommunförbundet, 1994)

#### 7.1.2 Åtgärdsexempel 2: CG+Asfalt Ullevigatan, Göteborg:

- Slitlager extra stenrik ABS med kvartsit, hårt bindemedel förslagsvis 50/70 eller 70/100, lagertjocklek 40 mm
- Bärlager CG, lagertjocklek 200 mm

Ingen total avstängning krävdes utan trafiken löpte som normalt men med något begränsad framkomlighet pga. avstängningen i de körfälten avsedda för ombyggnaden. Beläggningsarbetet utfördes under tre dagar i maj 1992, med dag 3 som öppningsdag.

Underhållsarbetet inleds med en lådräsning till ett djup på 240 mm. CG-materialet lades ute med en ABG-asfaltläggare och packningen utfördes med en statisk vält till packningsgraden 98 %. Ytan förseglades direkt med bitumen-lösning. För att nå det bästa resultatet nära stopplinjen lades slitlagret av asfalt mot körriktningen. (Svenska Kommunförbundet, 1994)



### 7.1.3 Åtgärdsexempel 3: Bindlager ABb

- Slitlager ABT eller ABS 35 mm
- Bindlager ABb 60 mm
- Asfaltgrus AG (kan ersättas med tjockare bindlager eller CG i specialfall)

En stabil typkonstruktion för högtrafikerade korsningar i huvudgatunätet, med dagens trafikmängd och belastningsfall, samt om de underliggande obundna lagren uppnår tillräcklig bärighet. Slitlagret kräver stor eftertanke, det gäller att hitta en lösning som är optimal för den specifika situationen. Bindemedlet kan förstärkas med polymerer för att erhålla en mer stabil massa som kan stå emot termiska spänningar och vridkrafter. Med rätt utförande har denna typkonstruktion förutsättningar att hålla väldigt länge, då endast slitlagret behövs läggas nytt inom vissa intervall. (Fagergren, Nilsson, C, 2006)

### 7.1.4 Åtgärd vid plastiska deformationer

Vid spårbildning orsakad av plastiska deformationer är det centralt att få en uppfattning om i vilket eller vilka lager deformationen förekommer. Detta kan göras genom att ta borrkärnor och studera resultaten av dessa.

Endast omtoppning, utan att de deformerade lagren fräses bort helt, kommer sannolikt att leda till återkommande spårbildning. Det är viktigt att de deformerade lagren avlägsnas innan nya beläggningar läggs ut. Om de obundna lagren exponeras, dvs. om hela tjockleken av den bundna massan tagits bort, bör de förstärkas och packas på nytt innan den nya beläggningen läggs ut. Den bundna massans egenskaper bör ses över för att uppnå en optimal lösning för ändamålet. (Rosenberger, Buncher, 1999)

### 7.1.5 Åtgärd vid bärighetsproblem

Problem med spårbildning orsakad av bärighetsproblem i de obundna lagren eller undergrunden löses inte genom omtoppning. Avlägsnas inte asfaltlagren kommer detta endast leda till att problemen förskjuts tidsmässigt.

Om de obundna lagren innehåller material från undergrunden bör de avlägsnas eftersom den önskade stabiliteten då troligen inte uppnås. För att undvika att terrassmaterial tränger upp i de obundna lagren kan geotextil användas som materialavskiljare. Detta är särskilt viktigt när undergrunden består av leriga eller siltiga jordar.

Bärighetsproblem uppstår ofta pga. dräneringssvårigheter, dessa bör därför utvärderas. Skulle det anses att dräneringen är otillräcklig bör en uppgradering av denna också innefattas i underhållsätgården. De nya lagren bör läggas ut först efter att de återstående lagren i den gamla konstruktionen (undergrunden eller förstärkningslagret) har packats på nytt. (Rosenberger, Buncher, 1999)

### 7.1.6 Utförande

Oavsett vilken åtgärd som väljs har utförandet en väldigt central roll för det resultat som erhålls. Resultaten av en bra åtgärd blir ofta direkt dåligt om utförandet misslyckas. För att kunna garantera att beställarens krav uppfylls krävs en noggrann produktions- och kvalitetskontroll. Detta är synnerligen viktigt på utsatta körytor där minsta svaghet i konstruktionen visar sig omgående i form av skadeuppkomst pga. den tunga belastningen.

Förutsättningar för gynnsamt resultat

- Fräsning av gammalt material
- Hög packningsgrad
- Bra väderförhållande vid utläggning

Efter ett antal omtoppningar, utan tillräcklig fräsning, kan slitlagermaterial hamna på det djup där påkänningen av de horisontella skjuvspänningarna är som störst. Då kommer det att bildas sprickor, lokala sättningar och plastiska deformationer. Den största anledningen till att fräsa ner hela slitlagret vid omtoppning är att stabiliteten i överbyggnaden försämras om bindemedelshalten är hög i underliggande lager. Slitlager är bindemedelsrika, instabila och är inte dimensionerade för att ha någon bärande funktion. (Nilsson, C, 2006)

Vid fräsning i de bundna lagren, då plastiska deformationer tros förekomma, bör man gå ner 8-10 cm ner för att komma åt och kunna åtgärda lagren på det djup där de horisontella spänningarna är som störst. (Fagergren, 2006)

Packningsgraden, hos varje enskilt lager i överbyggnaden, är generellt viktig för hur de klarar av att fördela belastningen ner till undergrunden. Det är särskilt viktigt vid detaljer såsom nedstigningsbrunnar, VA-brunnar och liknande. Sättningar kan uppträda vid tung belastning om asfalten har dålig packningsgrad intill brunnslock. Det finns standardmått för hur mycket brunnslocken får avvika från körytan efter en åtgärd. Om detta mått överskrids blir asfaltkanten runt brunnslocket sårbar vilket gör att sprickbildningar kan initieras och dessutom blir det obekvämt att färdas för trafikanterna. (Nilsson, C, 2006) Värden för rekommenderad bärighet hos specifika lager finns i ATB Väg (Vägverket, 2005).

Kvaliteten hos den färdiga beläggningen påverkas av de väderförhållande som råder vid utläggning av asfaltmassan. Hösten är den optimala tiden med gynnsamma temperaturer (kring ca 10°C) och väderförhållande (ej regn eller väta) för att uppnå det bästa resultatet. Det kan vara kritiskt att lägga ut asfalt under vinter, vår och sommar då väderförhållanden anses vara mer eller mindre ogynnsamma. (Fagergren, Nilsson, C, 2006) En så kort underhållssäsong skulle troligen vara oförenlig med de flesta kommuners planering, exempelvis vill kommuner undvika det trafikkaos som många underhållsarbeten på samma gång skulle orsaka.

## 7.2 Överbyggnadsmaterial

Nedan följer en kort beskrivning av överbyggnadsmaterial och dess användbarhet. Beskrivningen innehåller ingen detaljerad information om de olika materialens egenskaper eller framställning.

### Asfaltsbetong stenrik, ABS

ABS 16 har av tradition använts på många högtrafikerade gator i tätort med goda resultat som följd i körfält med liten eller ingen andel svängande fordon. Den är väldigt beständig mot dubbdäcksavnötning men kan, pga. hög andel stort stenmaterial och en mindre inre vidhäftningsyta, enkelt utveckla stensläpp i körfält med stor andel svängande fordon, se figur 7.1. ABS 16 bör därför inte läggas i körfält där vridkrafterna är påtagliga, möjligtvis kan ABS 11 fungera bättre pga. mindre stenstorlek och större inre vidhäftningsyta. Detta resonemang gäller framförallt i södra Sverige, där andelen fordon med dubbdäck är förhållandevis låg. Samma problemställning finns i andra delar av landet men där bör även ytavnötningen läggas in i sammanvägningen vid val av beläggningen vilket då kan innebära att ABS 16 är den mest lämpliga lösningen. (Nilsson, C, 2006)



*Figur 7.1: Ytan på asfaltens slitlager. Är stenstorleken för stor i ytan så exponeras för stor del av stenen och lossnar lättare när de utsätts för vridbelastning. Blir där ett hål efter en sten ökar belastningen på de stenar som ligger runt hålet. (Mårtensson, Wilén)*

### Asfaltbetong tät, ABT

ABT kan användas som slitlager i körfält med stor andel svängande fordon, med goda resultat som följd. ABT har, i jämförelse med ABS, större andel små partiklar och bindemedel, vilket gör att risken för stensläpp minskar. (Nilsson, C, 2006)

### Bindlager, ABb

Bindlager används för att uppnå ökad styvhet där de horisontella spänningarna, i asfaltlagren, är som störst. Utläggningen av bindlagret sker mellan AG asfaltgrus och slitlagret och utförs vanligen med tjockleken ca 60 mm. (Fagergren, Nilsson, C, 2006)

### Bindemedel på utsatta körytor

På utsatta körytor bör ett hårdare bindemedel, 50/70 eller 70/100, användas för att bättre kunna stå emot den tunga belastningen. Inblandning av polymerer i bindemedlet rekommenderas ofta i utsatta situationer exempelvis i korsningar med mycket svängande tungtrafik. Polymerer blandas i med ca 3-6 % för att stabilisera asfaltmassan genom att bilda ett slags kluster och begränsa bitumens förmåga att flyta ut (Fagergren, 2006). Det finns både naturliga polymerer såsom gummimolekyler och artificiella polymerer såsom plastmolekyler (Statens vegvesen, 2005).

Cement kan också blandas i för att öka bindningsförmågan mellan bitumen och stenmaterialet. Halten av cement i bindemedlet är då ca 1 %. För denna lösning kan härdningsprocessen vara helt avgörande för hur stabil asfalten blir och att häva avspärningar för tidigt kan bli ödesdigert både kvalitetsmässigt och ekonomiskt.

### **Densiphalt**

I de extrema fall då det förutsätts att ytan kommer att utsättas för mycket stora belastningar, exempelvis i körfält med mycket tung trafik i korsningar eller vid busshållsplatser, är det lämpligt att lägga en s.k. densiphalt-beläggning. Det är en öppen asfalt med 25-30 % hålrum som fylls med en lättflytande cementslam. Konstruktionen blir efter härdning exceptionellt motståndskraftig mot plastiska deformationer. (Nilsson, C, 2006)

Denna cementlösning har en hög beständighet och stabilitet men initialkostnaden är naturligtvis högre än för andra åtgärder (Lawesson, Nilsson, C, 2006). En noggrann övervägning krävs om det finns ett behov av en så stark konstruktion i varje enskilt fall.

### **Cementstabiliserat grus, CG**

Cementstabiliserat grus kan användas istället för AG asfaltgrus, i de överbyggnader där det är nödvändigt med ett styvt bundet bärlager. Det används pga. sin stabila karaktär med fördel på utsatta körytor. (Svenska Kommunförbundet, 1994)

För att undvika genomgående sprickor upp i de ovanliggande asfaltlagren måste sprickor/fogar introduceras, ämnade att göra utvidgning möjlig i längdriktning. Genomgående sprickor kan också initieras av att styvheten hos CG blir för hög, vilket gör framställningsprocessen viktig. (Nilsson, C, 2006)

### **Obundet grusmaterial**

Av olika orsaker utförs sällan underhållsarbeten i de obundna lagren, bl.a. innebär det stora kostnader. Dessutom finns det bra åtgärder i form av asfaltlager som kan sprida laster och kompensera en sämre bärighet i de obundna lagren. Ytterligare en anledning är att det är enkelt att endast arbeta med de befintliga bundna lagren.

Vid nybyggnad är det särskilt viktigt med tillräcklig packningsgrad hos de obundna materialen för att undvika stor konsolidering. Lokala bärighetsproblem i korsningar kan i efterhand åtgärdas genom att förstärka de obundna lagren, om de är orsaken till problemen. Det skulle göra att problemet uteblev, vilket i sin tur på sikt leder till minskade kostnader i beläggningsunderhåll.



## 8 Förslag till förbättringar i arbetsmetodik

Här följer förslag till hur metodiken kan förbättras vid nybyggnad, ombyggnad eller underhåll av korsningar i tätort.

### 8.1 Kartläggning av objekt

Samarbetet mellan olika parter kan bli bättre och närmare vid underhållsarbete i tätort.

- Trafikingenjörer
- Drift- och underhållsansvariga
- Konsulter
- Entreprenörer

Alla kan bidra till att uppnå en bättre standard på gatunätet och en samhällsekonomisk nytta. Vid ombyggnad eller större underhållsåtgärder bör man ta reda på tidigare underhållsåtgärder samt tidpunkt för dess utförande.

Genom att utföra en noggrann kartläggning i form av flödesmätningar av trafiken, så att ÅDT, andelen tung trafik och fördelningen är känd, skulle resurserna kunna optimeras på både kort och lång sikt. Informationen om trafikflöden kan ge en tydlig antydning om hur konstruktionen påverkas av olika krafter (broms-, accelerations- och vridkrafter). Om trafiksammansättningen kan komma att förändras under konstruktionens dimensioneringsperiod bör detta undersökas närmare.

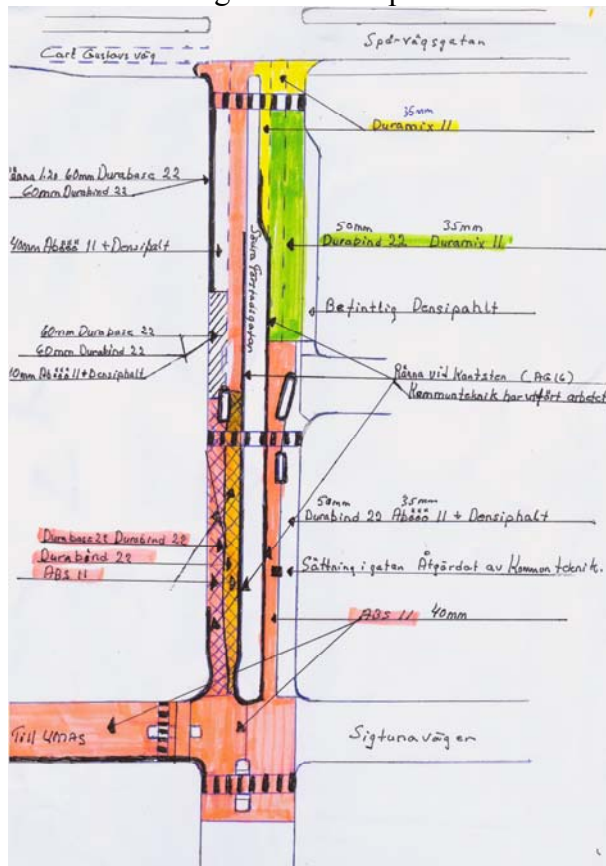
Då trafiksäkerhetsåtgärder, såsom avsmalningar eller andra hastighetsnedsättande åtgärder, sätts in längs en huvudgata med många korsningar, kommer en trolig effekt vara att genomfartstrafiken minskar längs denna gata och fördelar sig på omgivande parallella huvudgator. Den trafik som gör mest inverkan på vägkonstruktion, i form av plastiska deformationer och bärighetsproblem, trafikerar emellertid fortfarande gatan i form av buss i linjetrafik och annan tung trafik med ärenden längs gatan. Vid t.ex. avsmalningar kommer belastningen från den tunga trafiken dessutom att bli mer spårbunden. Detta medför då att en förstärkning av vägkonstruktionen blir nödvändig trots att den totala trafikmängden minskar.

Genom att ta upp borrhävar av asfaltlagren kan information utläsas som t.ex. tjockleken hos de ingående lagren och i vilket eller vilka lager som deformationer uppträder. Genom att omständigheterna kring skadebilden för konstruktionen kan fastställas, kan en relevant metod och underhållsåtgärd utarbetas för att lösa de problem som uppstått. Detta ger förutsättningarna för att den nya konstruktionen ska kunna bevara en god standard hela dimensioneringsperioden. (Rosenberger, Buncher, 1999)

För att få en klar och tydlig prioritering i underhållsarbetet har Gatukontoret i Malmö stad infört en grupp belagda ytor som kallas ”utsatta körytor”. Dessa behöver oftare tillsyn och ett större underhållsarbete än det övriga gatunätet. I gruppen ingår framförallt högtrafikerade korsningar i huvudvägnätet och busshållplatser. (Kanschat, 2006)

Beroende av resultatet från trafikkartläggning kan det vara lönsamt att lägga olika typer av bundna lösningar i olika körfält. Exempelvis kan en stabil asfaltmassa läggas i tillfarter/körfält med mycket tung trafik och en lite mindre stabil massa i frånfarter och mindre belastade körfält, se figur 8.1. En ekonomisk lönsamhet uppnås även vid utläggning av relativt små volymer (Fagergren, 2006). Även tjockleken hos de obundna materialen skulle kunna varieras för att minska kostnaderna. Om de obundna lagren inte åtgärdas, av t.ex. kostnadsskäl, bör de dock undersökas för att på bättre sätt kunna förutsäga vilka egenskaper som krävs av asfaltlagren.

Nedan följer ett exempel på hur man kan arbeta med olika asfaltbeläggningar i olika körfält i korsningar beroende på den förutsedda trafikbelastningen.



**FIGUR 8.1:** Bilden visar underhållsåtgärder på S Förstadsgatan vid Södervärn i Malmö. Varje färg respektive skraffering representerar en särskild typ av bundet material. (Lawesson, 2006)

## 8.2 Problemställning vid upphandling

Det förekommer kommunikationssvårigheter mellan olika parter i underhållsprocessen, vilket kan bero på skillnader i erfarenhet men kanske framförallt på att kunskapsnivån inom varandras område kan vara något begränsad. Det finns exempel på att prioriteringen för att finna den åtgärden med lägst initialkostnad har gjort att underhållskostnader har ökat på längre sikt. Självklart vill entreprenörerna sälja eget framtagna lösningar i nya projekt, men för dem är det även viktigt att företagets rykte förknippas med god standard. Det handlar om att långsiktigt skapa ett förtroende hos beställare samt att hitta åtgärder som kan tillgodose alla parter behov för att kunna fortsätta och utveckla samarbetet i framtida projekt.

Genom funktionsupphandlingar, eller funktionskrav från beställaren, ges möjlighet till att testa nya åtgärder och på lång sikt kunna förändra tänkandet i branschen. Åsikterna går ofta isär, mellan beställare och entreprenörer, om hur den optimala ekonomiska nyttan av underhållsåtgärderna uppnås. Grundtanken innebär att minska kostnaderna för åtgärder i livscykelperspektiv, i form av mindre underhållsarbete och längre livslängd. För att kunna optimera resurserna är det bättre att satsa på kvalitet än på kvantitet. LCC (Life Cycle Cost) kan av beställaren användas som utvärderingsmetod av underhållsåtgärder, för att jämföra kostnaderna för olika åtgärder och metoder.

Förutom funktionsupphandling är entreprenörerna positivt inställda till utförandeentreprenader där fasta à-priser gäller. Då kan det vara enklare att motivera ett dyrare materialval för att nå en högre standard än under en totalentreprenad, då priset ofta hamnar alldeles för mycket i fokus. (Fagergren, 2006)

Problem, relaterade till funktionskrav, kan uppstå vid upphandling av underhållsarbete inför en ny period. Det finns då belagda ytor som är åtgärdade under föregående upphandlingsperiod av en specifik entreprenör. Entreprenören har information om lagertjocklekar, materialparametrar och materialegenskaper, vilket är företagshemligheter och som då inte kan tillhandahållas beställaren eller kommande entreprenör. Det är en klar fördel att vid underhållsarbetet ha den informationen som den ursprungliga entreprenören har för att uppnå ett bra resultat. Detta innebär att det finns en risk att låsa sig till en entreprenör vid användning av funktionskrav. Problemen kan delvis lösas med ökad dokumentation av nybyggnad och underhållsåtgärder.

Samarbetet mellan Malmö stad och en entreprenör, innebär bl.a. att ett försöksområde har upprättats i östra Malmö, där entreprenören får åtgärda problemen och använda sig av eget framtagna asfaltlösningar enligt en särskild överenskommelse (Nilsson, C, 2006). Nya fungerande åtgärder kan visas upp som referensobjekt och kan konkurrera med andra existerande åtgärder. På detta sätt vidgas samarbetet, mellan beställare och entreprenör, och man kan ta tillvara och utveckla varandras kunskap på ett bättre sätt.





## 9 Slutsatser och rekommendationer

Spårbildning är systematiskt återkommande i tillfarterna. Systematiken i spårbildningens uppkomst tyder på att andra skador kan uppstå inom en snar framtid. Faktum är att sprickinitiering redan kan ha skett i underkant av asfaltlagren, men inte blivit genomgående än.

Konstruktionen är speciellt utsatt för krafter de sista 20 m fram till stopplinjen. Retardationen är förhållandevis stor i kombination med de låga hastigheter som fordonen håller i detta intervall. Spårbildningsprofilen visar att den största deformationen inträffar mellan 10 m och 5 m innan stopplinjen. Detta kan relateras till att den största retardationen inträffar i intervallet 20 m och fram till stopplinjen. Även den statiska lasten från en buss eller annan tung trafik, vars bakhjul stannar på detta avstånd vid stoppsignal, påverkar spårdjupet.

Spårprofilen indikerar att spåren fortsätter in i korsningen. Det tyder på att den låga hastigheten i början av accelerationsfasen, och kanske även accelerationen i sig, också påverkar spårbildningen i tillfarterna. Den nästintill obefintliga deformationen i frånfarterna kan förklaras med att det största kraftöverförandet från accelerationen inte förekommer här utan vid stillastående läge. När hastigheten ökar minskar belastningstiden och påkänningarna från accelerationen och framfarten från fordonen liknar mer den som förekommer på en sträcka och därmed klarar vägkonstruktionen belastningen bättre. Enstaka punkter i korsningsytan kan belastas av trafikströmmar i två riktningar. Dessa punkter får då påkänning av dubbel belastning jämfört med övriga ytor.

En anledning till att det vänstra hjulspåret är djupare än det högra kan vara att personbilar, som inte är lika breda som tunga fordon, kör med det vänstra hjulparet i vänster hjulspår och nöter på beläggningen. För övrigt är fenomenet svårt att förklara. Det borde tvärtom vara så att med tanke på fordonets tyngd i kombination med tvärfallet på gatan borde höger hjulspår vara djupare.

Spårdjupet skiljer sig inte signifikant mellan körfält med och utan busstrafik. Det finns dock en tendens till att körfält med busstrafik påverkas mer. Ett skäl till att spårdjupet inte är signifikant större i körfält med busstrafik kan vara att det övriga körfälten trafikeras av annan tung trafik i form av lastbilar.

Få sprickor och övriga ytliga defekter har kunnat dokumenteras i de inventerade korsningarna. Det är svårt att hitta någon systematik för var och i vilken omfattning dessa skador förekommer. Avsaknaden av synliga sprickor i de inventerade korsningarna kan bero på en frekvent omtoppning. Med dessa åtgärder undviks sprickor på kort sikt och i förlängningen vatten i vägkroppen samt bindemedelsurlakning. Spårbildningen återkommer dock systematiskt om inget görs åt den strukturella styrkan hos de svaga lagren. Detta kan leda till stora deformationer och på sikt även stora kostnader.

Avsaknaden av ytvattenavledning är ett problem som kan orsaka obehag för oskyddade trafikanter kring trafikplatserna och vara trafikfara för bilister. Inte främst pga.

vattenplaning då det handlar om låga hastigheter, utan för att sikten minskar då vattnet stänker upp och linjer och markeringar försvinner under en eventuell vattenyta. Spårdjupet har i de flesta fall en betydande del i en dålig ytvattenavledning.

För att problemen inom området ska kunna angripas på ett mer analytiskt sätt krävs ytterligare studier. Ett steg på vägen är att försöka beräkna de krafter som påverkar just de utsatta körytorna med hjälp av modellering och beräkningsprogrammering. Detta kommer förmodligen att kunna ge ökad förståelse för den hastighetsberoende spänningen i de bundna såväl som i de obundna lagren.

Resultaten hade kanske blivit något annorlunda om urvalet av korsningar genomförts baserat på andra förutsättningar, men med tanke på urvalets storlek (antalet inventerade tillfarter är 92) borde resultaten från inventeringen inte avvika mycket. Givetvis skulle en lägre genomsnittsålder hos beläggningen i korsningsurvalet göra att resultaten skulle avvika en del. Kunskapen om vilka asfaltlager och dess tjocklek som finns under slitlagret har varit otillgänglig. Dessutom har kunskapen om olika bundna lösningars materialparametrar och materialegenskaper varit begränsad. Därför har en ingående analys med avseende att jämföra olika beläggningstyper och ingående material varit orimlig.

Följande rekommenderas för att på ett bättre sätt kunna angripa de problem som kartlagts inom ämnesområdet:

- Ett ökat samarbete mellan de ingående parterna för att få fram de specifika förutsättningar som gäller för just det enskilda objektet
- Välj rätt åtgärd och metod för att åtgärda det uppkomna problemet
- Åtgärdsexempel bör inte användas som någon form av principåtgärd, utan enbart som stöd vid utveckling av en åtgärd för ett specifikt objekt
- Differentierad dimensionering av beläggningen i olika körfält
- Utförandet har en central roll för det resultat som erhålls
- En noggrann produktionskontroll och dokumentation av alla nybyggda och ombyggda objekt fordras för att få bättre kunskap om resultatet
- En ökad långsiktighet i det ekonomiska tänkandet vid val av underhållsåtgärder, t.ex. med hjälp av LCC-modell
- Mer långsiktig underhållsbudget 3-4 år eller längre, för detta fordras politiska beslut

## 10 Källförteckning

### 10.1 Skriftliga källor

Cambou, Bernard, *Behaviour of granual material*, Springer-Verlag Wien New York: Udine (Italy), (1998)

Collop, A. C., Cebon, D., *A parametric study of factors affecting flexible pavement performance*, University of Cambridge UK, Journal of transportation engineering, Vol 121, No 6, s. 485-494, (1995)

Croney, D., *Is the measured deflection of a flexible pavement a reliable guide to life prediction and overlay design*, *Highways*, 58 (Part 1968) s. 24-26, (1990)

Grahn, Ragnar, Jansson, Per-Åke, *Mekanik*, Narayana Press Denmark, (2002)  
ISBN: 91-44-01909-2

Hultkvist, Bengt-Åke, *Helgjutna lösningar*, Svenska Kommunförbundet, (1994)  
ISBN 91-7099-380-7

Lade, Poul V., Liu, Chi-Tseng, *Experimental study of drained creep behaviour of sand*, Journal of engineering machanics, vol 124 no. 8, 912-920, (1998)

Lundh, Hans *Grundläggande hållfasthetslära*, Nordstedts Stockholm, (1998)

Molenaar, A. A. A., *Principles of pavement performance*, Delft University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Road and railroad research laboratory, (1995)

Popik, Mark, Olidis Chris, Tighe, Susan, *The effect of seasonal variation on the resilient modulus of unbound materials*, Paper prepared for presentation at the Pavemens Session on Accelerated Pavement Testing, Pavement Session of the 2005 Annual Conference of the Transportation Association of Canada Calgary, Alberta, (2005)

Vägverket, ATB Väg, Publikation 2005:112, (2005)

Vägverket, VGU, Publikation 2004:80, (2004)

Werkmeister, Sabine, *Permanent deformation behaviour of unbound granual materials in pavement constructions*, Der Technische Universität Dresden, (2003)

Wågberg, Lars-Göran, *Bära eller brista*, Svenska Kommunförbundet, (2003)  
ISBN 91-7289-172-6

Yamamuro, Jerry A., Bopp, Paul A., Lade, Poul V., *One-dimensional compression of sands at high pressures*, Journal of Geotechnical Engineering, Vol. 122, No. 2, s. 147-154, (1996)

## 10.2 URL-källor

Anderson, Mike, Irvine, Gary, Asphalt Institute, (2004)

[http://www.asphaltinstitute.org/Upload/AI\\_Lab\\_Corner\\_Summer\\_04.pdf](http://www.asphaltinstitute.org/Upload/AI_Lab_Corner_Summer_04.pdf)

2006-11-26

D'Angelo, John, Asphalt Institute

[http://www.asphaltinstitute.org/upload/Modified\\_Binders\\_SP\\_Plus\\_Specification.pdf](http://www.asphaltinstitute.org/upload/Modified_Binders_SP_Plus_Specification.pdf)

2006-11-26

Birgisson, Bjorn, Wang, Jianlin, Roque, Reynaldo, *Florida Top Down Cracking*

*Pavement Design Model*, University of Florida, (2006)

<http://www.dot.state.fl.us/structures/DesignConf2006/Presentations/session52/Final-52Birgisson.pdf>

2007-01-23

Buncher, Mark, Walker, Dwight, *Intersection Strategy*, Asphalt Institute, (1999)

[http://www.asphaltinstitute.org/upload/Intersection\\_Strategy.pdf](http://www.asphaltinstitute.org/upload/Intersection_Strategy.pdf)

2006-11-20

Miller, Jay, Murphy, Timothy R, *Worlds strongest intersection*, JFG Technical Center, (1999)

[http://www.asphaltinstitute.org/upload/Worlds\\_Strongest\\_Intersection.pdf](http://www.asphaltinstitute.org/upload/Worlds_Strongest_Intersection.pdf)

2006-11-20

Nilsson, Richard (Skanska Sverige AB), Said, Safwat, Hakim, Hassan, Hermansson, Åke (VTI), *Läkningsinverkan på utmattningssegenskaper hos asfaltbeläggningar*

ID:11432, 2005-02-28

[http://www.sbuf.se/projectdocuments/info/11432/L%C3%A4kningsprojektet%20\(dubbelsidigt\)\\_2005-03-01.pdf](http://www.sbuf.se/projectdocuments/info/11432/L%C3%A4kningsprojektet%20(dubbelsidigt)_2005-03-01.pdf)

2006-11-29

Odermatt, Niclas (Swedish National Road Administration, SNRA), Wiman Leif G.

(VTI), Arm, Maria (SGU), Magnusson, Rolf (Dalarna University, DU), *Deformation of unbound pavement materials – Heavy vehicle simulator and cyclic load triaxial test*,

Konferensbidrag till 2nd international conference on accelerated pavement testing,

Minneapolis, Minnesota, 27-29 september, (2004)

[http://www.vv.se/fud-resultat/Publikationer\\_000001\\_000100/Publikation\\_000035/Paper%20till%20Minnesota%20konferensen%20slutgiltig%20version%20maj%202004.pdf](http://www.vv.se/fud-resultat/Publikationer_000001_000100/Publikation_000035/Paper%20till%20Minnesota%20konferensen%20slutgiltig%20version%20maj%202004.pdf)

2006-11-22

Rosenberger, Carlos, Buncher, Mark, *Intersection Strategy 2*, Asphalt Institute, (1999)

[http://www.asphaltinstitute.org/upload/Intersection\\_Strategy\\_Part\\_2.pdf](http://www.asphaltinstitute.org/upload/Intersection_Strategy_Part_2.pdf)

2006-11-21

Skånetrafiken, Linjekarta Malmö

[http://www.skanetrafiken.se/upload/Dokumentbank/Tidtabeller/Linjekartor/Malmö\\_Stadsbuss/Linjekarta\\_Malmö.pdf](http://www.skanetrafiken.se/upload/Dokumentbank/Tidtabeller/Linjekartor/Malmö_Stadsbuss/Linjekarta_Malmö.pdf)

2007-02-07

Statens vegvesen, *Asfalt 2005 - materialer og utførelse*, VEILEDNING, Håndbok 246, (2005)

[http://www.vegvesen.no/vegnormaler/hb/246/hb246\\_w.pdf](http://www.vegvesen.no/vegnormaler/hb/246/hb246_w.pdf)

2006-11-22

Öberg, Gudrun, *Statliga belagda vägar – tillståndet på vägytan och i vägkroppen, effekter och kostnader*, VTI, (2001)

<http://www.vti.se/EPiBrowser/Publikationer/N44-2001.pdf>

2006-11-29

### **10.3 Muntliga källor**

Bengtsson, P-O, Fagergren, Per, NCC Malmö, Intervju 2006-11-29

Nilsson, Christer, Skanska Malmö, Intervju 2006-11-29

Lawesson, Mats, Gatukontoret Malmö stad, Samtal 2006-10-30

Kanschat, Anna, Gatukontoret Malmö stad, Samtal 2006-10-30



## BILAGA 1: De inventerade korsningarna, slitlagertyp och omlägningsår

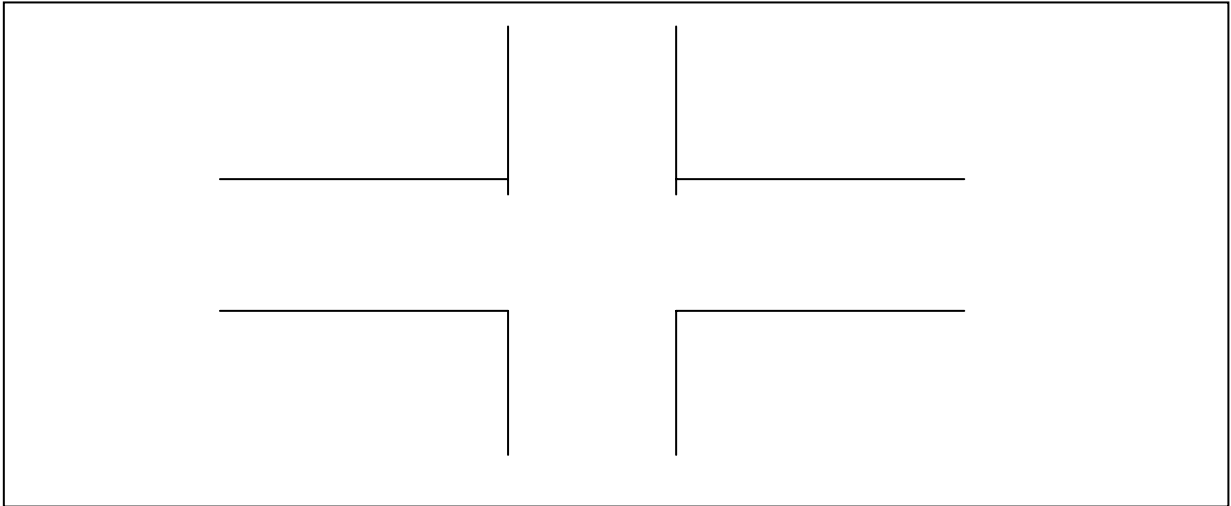
<b>Korsning</b>	<b>Asfalttyp</b>	<b>År</b>
Amiralsgatan-Bergsgatan	Stabinor 11	2002
Davidshallsgatan-Regementsgatan	ABS 11	2002
Regementsgatan-Fersensväg	Stabinor 11	2004
Amiralsgatan-Drottninggatan	Stabinor 11	2003
Carl Gustavsväg-Regementsgatan	Stabinor 11	2003
Lundavägen- Hornsgatan	Stabinor 11	2002
Lundavägen-Vattenverksvägen	ABS 11	<2000
Mariedalsvägen- Regementsgatan	Stabinor 11	2002
Mölledalsgatan-Södra Bulltoftavägen	Stabinor 11	2002
Sallerupsvägen-Nobelvägen		<2000
Sallerupsvägen-Ringvägen Ö	Novachip	2003
Sallerupsvägen-Ringvägen V	Novachip	2002
Sallerupsv-Flygfältsv/Västra Skrävlinge	Novachip	2003
Stora Nygatan-Slottsgatan		<2000
Södra Förstadsgatan-Carl Gustavsväg/Spårvägsgatan	ABS 8, Duramix	2006
Vattenverksvägen-Flygfältsvägen/Segemöllegatan		<2000
Östra Förstadsg/Sallerupsv-Lundav/Föreningsg	Duratom 11, Stabinor 11	2005
Norra Vallgatan-Slottsgatan Duramix		<2000
Bruksgatan-Norra Vallgatan	ABS 11	2000
Hamngatan-Norra Vallgatan	ABS 11	2000
Amiralsgatan-Föreningsgatan	Stabinor 11	2002
Nobelvägen-Industrigatan		<2000
Föreningsgatan-Exercisgatan/Industrigatan	Stabinor 11	2003
Drottninggatan-Östra Förstadsgatan		<2000
Drottninggatan-Exercisgatan	Stabinor 11	2003



## BILAGA 2: Inventeringsprotokoll

SKISS

NORRPIL



**Korsningsnamn:** \_\_\_\_\_

**Körfältsnr:** \_\_\_\_\_

**Utformning:** \_\_\_\_\_

**Anmärkning:** \_\_\_\_\_

**Typ av konstruktion:** \_\_\_\_\_

**Anmärkning:** \_\_\_\_\_

**Beläggningstyp:** \_\_\_\_\_

**År:** \_\_\_\_\_

**Bildnr:** \_\_\_\_\_

**Bildorientering:** \_\_\_\_\_

**Anmärkningar på skador samt möjliga orsaker** \_\_\_\_\_

## PROTOKOLL

Protokoll för tillståndsbedömning av belagda gator och vägar

Objektets beteckning:.....

Datum:.....

Besiktigad av:.....

Fyll i svårighetsgrad 1-3

Enligt beskrivning i skadehandboken.

### SPÅRBILDNING (mm)

H-spår

V-spår

Spårdjup				
K1				
K2				
K3				

### SPRICKBILDNING

Sprickor i hjulspår				
Krackelering				
Tvärgående sprickor				
Kantsprickor				

### ÖVRIGA YTLIGA SKADOR/DEFEKTER

Ojämnheter				
Slaghål				
Kantdeform.				
Otillräcklig ytvattenavrinn.				
Skador vid lagning				

### VIDTAGET UNDERHÅLL Datum för senaste:

Lagning / lappning				
Försegling				

ÖVRIGT:

**BILAGA 3: Spårbildning vid stopplinje**

Datum	Korsning	Körfält	Beläggning	Spår H (mm)	Spår V (mm)	Linjetrafik	År
06-10-24	Amiralsg - Bergsg Bergsg	3-vägs signal					
		K1		0	2	Bussar	2002
		K2		3	6	Bussar	2002
	Amiralsg Västerfrån	K3		0	3		2002
		K1		3	7	Bussar	<2000
		K2		2	2		<2000
	Amiralsg Österfrån	K3		2	6	Bussar	<2000
		K4		1	3		<2000
		K1		0	2	Bussar	<2000
K2			3	6		<2000	
06-10-17	Amiralsg/Amiralsbron - Drottningg Amiralsbron	4-vägs signal					
		K2		21	30	Bussar	<2000
	Drottningg Norrfrån	K3		12	15	Bussar	2003
		K2		15	16	Bussar	<2000
	Drottningg Söderfrån	K1		5	6		2003
		K2		3	7		2003
06-11-02	Amiralsg - Föreningsg Amiralsg Österfrån	4-vägs signal					
		K1		9	6	Bussar	2002
		K2		6	9	Bussar	2002
		K3		7	13		2002
	Föreningsg Söderfrån	K4		6	6		2002
		K1		0	0		2002
		K2		4	5		2002
		K3		8	8		2002
	Amiralsg Västfrån	K4		8	7		2002
		K1		3	8	Bussar	2002
		K2		6	9	Bussar	2002
		K3		6	9		2002
	Föreningsg Norrfrån	K4		0	9	Bussar	2002
		K1		0	0		2002
K2			0	0	Bussar	2002	
K3			8	10		2002	
K2			7	11		2002	
K4			10	10	Bussar	2002	

06-11-07	Bruksg - Norra Vallg	4-vägs signal						
	<i>Bruksg</i>	K1	0	0	Bussar	2000		
	<i>Norra Vallg Norrfrån</i>	K1	6	11	Bussar	2000		
		K2	10	8	Bussar	2000		
	<i>Petribron</i>	K1	14	8	Bussar	2000		
	<i>Norra Vallg Söderfrån</i>	K1	4	11		2000		
		K2	8	11		2000		
06-10-19	Carl Gustavs v - Regementsg	3-vägs signal						
	<i>Carl Gustavs v</i>	K1	37	27		<2000		
		K2	40	38		<2000		
	<i>Regementsg Söderfrån</i>	K2	20	22	Bussar	<2000		
		K3	14	17		<2000		
	<i>Regementsg Norrfrån</i>	K1	12	8	Bussar	<2000		
		K2	15	29		<2000		
06-10-24	Carl Gustavs v/Spårvägg - S Förstadsg	4-vägs signal						
	<i>S Förstadsg Söderfrån</i>	K1	0	3	Bussar	2006		
		K2	0	3	Bussar	2006		
		K3	5	14		2006		
	<i>Carl Gustavs v</i>	K1	3	8		2000		
		K2	5	8	Bussar	2000		
		K3	0	2		2000		
	<i>S Förstadsg Norrfrån</i>	K1	18	46	Bussar	2000		
		K2	12	6		2000		
		K3	7	13	Bussar	2000		
	<i>Spårvägg</i>	K1	16	29	Bussar	2000		
		K2	42	34	Bussar	2000		
06-10-19	Davidhallsg/Torgg - Regementsg	4-vägs signal						
	<i>Davidhallsg</i>	K1	3	5	Bussar	2002		
	<i>Torgg</i>	K1	0	0	Bussar	2002		
	<i>Morescobron</i>	K1	8	7	Bussar	2002		

06-11-02	Drottningg - Exercisg Exercisg Sydostifrån	4-vägs signal K1	11	15	<2000
		K2	7	7	<2000
	Drottningg Sydvästifrån	K1	4	6 Bussar	2003
		K2	7	7	2003
	Exercisg Nordvästifrån	K3	7	7	2003
		K1	0	0	<2000
		K2	13	19	<2000
	Drottningg Nordostifrån	K1	15	14 Bussar	2003
		K2	16	12	2003
		K3	8	5	2003
06-11-02	Drottningg - Östra Förstadsg Drottningg Söderifrån	4-vägs signal K1	7	3	<2000
		K2	10	7	<2000
	Östra Förstadsg Västerifrån	K3	0	0	<2000
		K1	9	7 Bussar	<2000
		K2	0	0	<2000
	Drottningg Norrifrån	K1	15	13	<2000
		K2	5	13	<2000
		K3	15	13	<2000
	Östra Förstadsg Österifrån	K1	3	3 Bussar	<2000
		K2	6	8 Bussar	<2000
06-11-02	Exercisg/Industrig - Föreningsg Exercisg	4-vägs signal K1	0	0	2003
		K2	6	6	2003
	Föreningsg Sydvästifrån	K1	0	0 Bussar	2003
		K2	6	7	2003
	Industrig	K3	4	7	2003
		K1	8	5	2003
		K2	2	10	2003
	Föreningsg Nordostifrån	K1	0	0 Bussar	2003
		K2	5	8	2003
		K3	0	0	2003

06-10-19 Fersensv - Regementsg Regementsg Norrfrån	4-vägs signal	K1	3	5	2004		
		K2	4	5	2004		
		K3	0	0	2004		
		K1	10	3 Bussar	2004		
		K2	0	0	2004		
		K3	0	0	2004		
		K1	6	2	2004		
		K2	5	4	2004		
		K3	5	2	2004		
		K4	6	8 Bussar	2004		
		K1	6	11 Bussar	2004		
		K2	4	4	2004		
		K3	0	6	2004		
		K4	0	0	2004		
06-10-31 Flygfältsv/Segemölleg - Vattenverk sv Segemölleg	4-vägs signal	K1	4	4	<2000		
		K2	6	8	<2000		
		K3	8	8 Bussar	<2000		
		K1	12	12	<2000		
		K2	12	12	<2000		
		K1	4	5 Bussar	<2000		
		K2	4	20	<2000		
		K1	20	15	<2000		
		K2	0	0	<2000		
		06-10-31 FlygfältsvV. Skrävlinge v - Sallerups v Flygfältsv	4-vägs signal	K1	10	12	2003
				K2	8	25 Bussar	2003
				K3	8	14	2003
				K1	5	6 Bussar	2003
				K2	10	10	2003
K3	7			9	2003		
K1	10			5 Bussar	2003		
K2	10			12 Bussar	2003		
Fersensv Regementsg Söderfrån	4-vägs signal			K1	3	5	2004
				K2	4	5	2004
				K3	0	0	2004
				K1	10	3 Bussar	2004
				K2	0	0	2004
				K3	0	0	2004
		K1	6	2	2004		
		K2	5	4	2004		
		K3	5	2	2004		
		K4	6	8 Bussar	2004		
		K1	6	11 Bussar	2004		
		K2	4	4	2004		
		K3	0	6	2004		
		K4	0	0	2004		
Stotts g Vattenverk sv Sydvästfrån Vattenverk sv Nordostfrån Flygfältsv	4-vägs signal	K1	4	4	<2000		
		K2	6	8	<2000		
		K3	8	8 Bussar	<2000		
		K1	12	12	<2000		
		K2	12	12	<2000		
		K1	4	5 Bussar	<2000		
		K2	4	20	<2000		
		K1	20	15	<2000		
		K2	0	0	<2000		
		Sallerups v Västfrån V Skrävlinge v	4-vägs signal	K1	10	12	2003
				K2	8	25 Bussar	2003
				K3	8	14	2003
				K1	5	6 Bussar	2003
				K2	10	10	2003
K3	7			9	2003		
K1	10			5 Bussar	2003		
K2	10			12 Bussar	2003		

<i>Sallerupsv Österifrån</i>	K1	2	3 Bussar	2003
	K2	2	6	2003
	K3	4	2	2003
<b>06-11-07 Hamng - Norra Vallg</b>				
<i>Hamng</i>				
<b>4-vägs signal</b>				
<i>Norra Vallg Norrifrån</i>	K1	8	6 Bussar	2000
	K2	9	12 Bussar	2000
	K3	5	7	2000
<i>Skeppsbron</i>	K1	5	0 Bussar	2000
	K2	8	0 Bussar	2000
	K1	12	12	2000
<i>Norra Vallg Söderifrån</i>	K2	18	9	2000
	K3	8	16 Bussar	2000
	<b>06-10-26 Hornsg - Lundav</b>			
<i>Hornsg Sydostifrån</i>				
<b>4-vägs signal</b>				
<i>Lundav Sydvästifrån</i>	K1	6	6	<2000
	K2	10	8	<2000
	K3	8	8	<2000
	K4	6	8	<2000
<i>Hornsg Nordvästifrån</i>	K1	0	3	2002
	K2	0	8 Bussar	2002
	K3	0	6	2002
	K4	0	3 Bussar	2002
<i>Lundav Nordostifrån</i>	K1	15	3 Bussar	<2000
	K2	6	25	<2000
	K3	6	10	<2000
	K4	5	16	<2000
<i>Industrig Västifrån</i>	K1	0	0	2002
	K2	7	32 Bussar	2002
	K3	23	15	2002
	K4	12	35	2002
<b>06-11-02 Industrig - Nobely</b>				
<i>Industrig Västifrån</i>				
<b>4-vägs signal</b>				
<i>Industrig Västifrån</i>	K1	14	8	<2000
	K2	6	6	<2000

<i>Nobelv Norrifrån</i> ADT: 10000 fordon/dygn	K1	6	5 Bussar	<2000
	K2	19	12	<2000
	K3	7	8	<2000
<i>Industrig Österifrån</i> <i>Nobelv Söderifrån</i> ADT: 10000 fordon/dygn	K1	0	2	<2000
	K1	7	8 Bussar	<2000
	K2	10	13	<2000
	K3	12	26	<2000
<b>06-10-24 Inre Ringv - Sallerupsv V</b>				
<i>Sallerupsv Västerifrån</i>				
	3-vägs signal			
	K1	2	6 Bussar	2002
	K2	5	12	2002
	K3	10	31 Bussar	2002
	K4	6	4	2002
<i>Inre Ringv</i>	K1	5	8	2002
	K2	2	2	2002
<i>Sallerupsv Österifrån</i>	K1	2	2 Bussar	2002
	K2	2	2	2002
	K3	6	5	2002
<b>06-10-24 Inre Ringv - Sallerupsv Ö</b>				
<i>Sallerupsv Österifrån</i>				
	3-vägs signal			
	K1	2	6 Bussar	2003
	K2	5	8	2003
	K3	6	7	2003
<i>Inre Ringvägen</i>	K1	15	25	2003
	K2	10	6	2003
<i>Sallerupsv Västerifrån</i>	K1	2	2 Bussar	2003
	K2	2	3	2003
	K3	22	15 Bussar	2003
	K4	10	5	2003
<b>06-10-26 Lundav - Vattenverksv</b>				
<i>Lundav Söderifrån</i>				
	3-vägs signal			
	K1	10	11 Bussar	<2000
	K2	7	12	<2000
<i>Lundav Norrifrån</i>	K1	5	2 Bussar	<2000
	K2	8	10 Bussar	<2000
	K3	8	8	<2000



Vattenverksv	K1	4	0	<2000
	K2	10	1 Bussar	<2000
<b>06-10-19 Mariédalsv - Regementsg</b>				
<i>Mariédalsv Österifrån</i>				
	4-vägs signal	7	12 Bussar	2002
	K1	5	5	2002
	K2	8	24 Bussar	2002
<i>Regementsg Söderifrån</i>				
	K1	4	5	2002
	K2	4	3	2002
	K3	5	6	2002
<i>Mariédalsv Västerifrån</i>				
	K1	0	0	2002
	K2	5	7	2002
	K3	10	9 Bussar	2002
<i>Regementsg Norrifrån</i>				
	K1	10	25	2002
	K2	0	0 Bussar	2002
	K3			
<b>06-10-31 Mölledalsv västersväng - S Bulltorfav</b>				
<i>3-vägs väjning</i>				
	K1 i korsning	32	45 Bussar	
	K1 i tillfart	12	45 Bussar	
<b>06-10-26 Nobelv - Sallerupsv</b>				
<i>Sallerupsv Västerifrån</i>				
	4-vägs signal	12	5 Bussar	<2000
	K1	10	11 Bussar	<2000
	K2	4	6	<2000
	K3	8	15	<2000
<i>Nobelv Norrifrån</i>				
	K1	10	8	<2000
	K2	10	10	<2000
	K3	12	8	<2000
<i>Sallerupsv Österifrån</i>				
	K1	10	8 Bussar	<2000
	K2	17	10 Bussar	<2000
	K3	10	5	<2000
	K4	14	5	<2000
<i>Nobelv Söderifrån</i>				
	K1	5	10	<2000
	K2	10	0	<2000
	K3	6	4 Bussar	<2000
	K4			

06-11-07	Norra Vallg - Slottsg Norra Vallg Slottsg Västerifrån	3-vägs signal K1 K1 K2 K3 K4	16 22 11 10 11	12 Bussar 20 11 11 17	2000 2000 2000 2000 2000
	Slottsg Österifrån			Bussar	2000
06-10-17	Slottsg - Stora Nyg Stora Nyg Slottsg Västerifrån	3-vägs signal K1 K1 K2	15 13 22	11 Bussar 11 20 Bussar	2000 2000 2000
	Slottsg Österifrån		16	22 Bussar	2000
			26	27	2000
06-10-26	Värnhem Östra Förstaödg	4-vägs signal K1 K2 K3	4 4 5	3 4 Bussar 5 Bussar	2005 2005 2005
	Lundav		6	6 Bussar	2005
			8	8 Bussar	2005
			6	3	2005
	Sallerupsv		4	5	2005
			8	15 Bussar	2005
	Föreningsg		5	12 Bussar	2005
			4	5 Bussar	2005
			14	16	2005
			12	10	2005

	Spår H (mm)	Spår V (mm)
Medelvärde	7,696035242	9,308370044
Std avvikelse	6,687733598	8,4346562
Konfidensint.	0,871912364	1,099667163

	Spår H (mm)	Spår V (mm)
Medel buss	8,087912088	10,28571429
Std avvikelse	7,057932262	10,01142205
Konfidensint.	1,450123133	2,0569473

	Spår H (mm)	Spår V (mm)
Medel ej buss	7,459259259	8,681481481
Std avvikelse	6,458550924	7,175468004
Konfidensint.	1,089472557	1,210407034

År	Spår H (mm)	Spår V (mm)	Std avvikelse	Std avvikelse	Konfidensint.	Konfidensint.
<2000	9,186666667	9,68	7,055175086	7,697244154	1,596707096	1,742018335
2000	11,875	13,09375	8,334731066	9,991478224	2,887783915	3,46180697
2001	0	0	0	0	0	0
2002	4,88	8,26	4,358243421	8,10595649	1,208021245	2,24681522
2003	6,615384615	7,769230769	4,918361862	5,73751064	1,543605316	1,800691404
2004	3,5	3,571428571	3,131723536	3,298351236	1,640466966	1,727750289
2005	6,666666667	7,666666667	3,312053286	4,559372631	1,873936125	2,579660513
2006	1,666666667	6,666666667	2,886751346	6,350852961	3,266606641	7,18653461

År	Med buss	Utan buss	Std avvikelse	Std avvikelse	Konfidensint.	Konfidensint.
<2000	8,729166667	10,17045455	6,002622063	8,152598614	1,698120373	1,72303828
2000	13,36111111	11,35714286	10,72021529	6,628861059	3,501872646	2,455319379
2001	0	0	0	0	0	0
2002	6,897435897	6,418181818	7,567289418	6,450721659	2,406005617	1,720519163
2003	7,444444444	6,923076923	6,861823037	4,445072857	2,637551393	1,208162364
2004	6,285714286	2,5	2,943920289	2,34520788	2,355583548	0,979981992
2005	6,333333333	7,7	3,238674264	4,877385456	1,696490154	3,022979276
2006	1,2	9,5	1,732050808	6,363961031	1,697378601	8,81983793

## **BILAGA 4: Frågor till entreprenörer**

1. Hur arbetar ni tillsammans med Malmö stad när det gäller underhållsarbeten? Upphandling etc.
2. Hur stor frihet har ni? Vad styr kommunen och vad styr ni själva över? Funktionsupphandling?
3. Hur tycker ni att samarbetet fungerar? Finns det möjlighet att sälja in nya lösningar?
4. Finns det några principlösningar som ni skulle rekommendera speciellt för korsningar?
5. Har ni några nya lösningar som är lämpliga för korsningar? Vad är i så fall fördelarna? Längre livslängd? Mindre underhållskostnader?
6. Hur görs kartläggningen av en korsning vid stora underhållsarbeten? Trafiksammansättning?
7. Är det vanligt att man lägger olika massor i de olika körfälten i en korsning beroende på skilda belastningsfall? T.ex. busskörfält.
8. Tar ni några borrkärnor? I så fall hur djupt? Bundna lager/obundna lager?
9. Hur påverkas den kommande lösningen av resultatet i borrkärnan?

**BILAGA 5: T-test med 95 % signifikansnivå**

<b>T-test: Jämförelse mellan höger och vänster hjulspår</b>		
	<i>Variabel 1</i>	<i>Variabel 2</i>
Medelvärde	7,730088496	9,349557522
Varians	44,66015733	71,07282203
Observationer	226	226
Pearson-korrelation	0,696203476	
Antagen medelvärdesskillnad	0	
fg	225	
t-kvot	-3,987088968	
P(T<=t) ensidig	4,52189E-05	
t-kritisk ensidig	1,651654075	
P(T<=t) tvåsidig	9,04379E-05	
t-kritisk tvåsidig	1,970563339	
<b>T-test: Jämförelse mellan höger och vänster hjulspår i körfält med buss</b>		
	<i>Variabel 1</i>	<i>Variabel 2</i>
Medelvärde	8,087912088	10,28571429
Varians	49,81440781	100,2285714
Observationer	91	91
Pearson-korrelation	0,679579526	
Antagen medelvärdesskillnad	0	
fg	90	
t-kvot	-2,852940937	
P(T<=t) ensidig	0,002686878	
t-kritisk ensidig	1,661961085	
P(T<=t) tvåsidig	0,005373756	
t-kritisk tvåsidig	1,986674497	
<b>T-test: Jämförelse i vänster hjulspår mellan körfält med och utan buss</b>		
	<i>Variabel 1</i>	<i>Variabel 2</i>
Medelvärde	10,28571429	8,681481481
Varians	100,2285714	51,48734107
Observationer	91	135
Antagen medelvärdesskillnad	0	
fg	151	
t-kvot	1,317425358	
P(T<=t) ensidig	0,09484579	
t-kritisk ensidig	1,655007387	
P(T<=t) tvåsidig	0,189691581	
t-kritisk tvåsidig	1,97579889	
<b>T-test: Jämförelse mellan körfält med och utan buss (båda hjulspåren med i beräkningen)</b>		
	<i>Variabel 1</i>	<i>Variabel 2</i>
Medelvärde	9,186813187	8,07037037
Varians	75,82126161	46,80172105
Observationer	182	270
Antagen medelvärdesskillnad	0	
fg	325	
t-kvot	1,453558599	
P(T<=t) ensidig	0,073516823	
t-kritisk ensidig	1,649555622	
P(T<=t) tvåsidig	0,147033646	
t-kritisk tvåsidig	1,96729001	

## BILAGA 6: Spårbildning i frånfarter

Datum	Korsning	Körfält	Spår H/V (mm)	0	50	Anmärkning
06-10-24	Amiralsg - Bergsg Amiralsg Österut	3-vägs signal K1	H V	1 1	0 1	
06-10-17	Amiralsg/Amiralsbron - Drottningg Amiralsg Österut	4-vägs signal K1	H V	0 0	0 0	
06-10-19	Carl Gustavs v - Regementsg Regementsg Norrut	3-vägs signal K1	H V	1 3	0 0	
06-10-24	Carl Gustavs v/Spårvägg - S Förste Carl Gustavs v Västerut	4-vägs signal K1	H V	3 0	0 0	
06-10-19	Fersensv - Regementsg Regementsg Söderut	4-vägs signal K1	H V	10 6	3 6	
06-10-17	Slottsg - Stora Nyg Stora Nyg	3-vägs signal	H V	0 0	0 0	

## BILAGA 7: Övriga skador

Omfattning av skadan Svårighetsgrad 1-3 där 3 är värst Sprickbildning	< 20 %			20 - 50 %			> 50 %		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Sprickor i hjulspår	9	6	1	1	5	4	3	2	1
Krackelering	4	4		1	1				
Tvärgående sprickor	6	1	1	2	2				
Kantsprickor				1	2	1	2	2	
<b>Ytliga skador/defekter</b>									
Slaghål	4	2	1						
Kantdeformation	1	1							
Otillräcklig ytvattenavrinning	1	5		6	15				
Skador vid lagning	2	4		8	1				

## BILAGA 8: Obundet stenmaterial

Korsning	Ritningsnr	Anmärkning	Datum	Lagertjocklek (mm)	Stenmaterial
Standard IV:1	A1-20084		83-12-01	100 300 200	Krossat bärlagergrus Förstärkningsgrus A Förstärkningsgrus B
Standard V:1	A1-14941		83-05-11	120 300 300	Krossat bärlagergrus Förstärkningsgrus A Förstärkningsgrus B
Amiralsg - Föreningsg Amiralsg	A1-14941 (A1-14692)	Detalj 2 Planritning	83-05-11	120 mm	Avjämning m. krossgrus Makadam Befintlig storgatstensbädd
Föreningsg	A1-14941		83-05-11	See Standard V:1	
Carl Gustavs v - Regementsg Regementsg	R-10913c		65-03-25	200 500	Bärlagergrus FL, grusig sand
Carl Gustavs v/Spårvägg - S Förstadsg Carl Gustavs v/Spårvägg	A2-11830		84-01-20	350 200	Förstärkningsgrus A Förstärkningsgrus B
Davidhallsg/Torgg - Regementsg Davidhallsg	A0-10356		67-11-02	100 500	Bärlagergrus FL
Torgg	A2-10221		68-05-27	100 550	Bärlagergrus FL
Drottning - Exercisg Drottning	A0-11160		82-09-14	120 600	Bärlagergrus FL, sand eller grus



Drottning - Östra Förstadsg <i>Drottningg</i>	A0-10183	66-09-14	100 Bäragergrus 550 FL, sandigt grus 500 FL, grus
Östra Förstadsg	A0-10183	66-09-14	
Exercisg/Industrig - Föreningsg <i>Industrig</i> <i>Föreningsg</i>	A0-10027a-b A0-11622	60-06-01 83-11-29 Se Standard V:1	350 grus
Fersensv - Regementsg <i>Fersensv</i>	R-10913e	65-08-18	200 Bäragergrus 500 FL, grusig sand
Flygfältsv/Segemölleg - Vattenverk sv	A1-12664	76-10-19	200 Krossat BL makadam el. sand 520 Förstärknings sand
Flygfältsv/ Skrävlinge v - Sallerupsv <i>Flygfältsv</i> <i>Sallerupsv</i>	A0-11129 A1-13502 A0-10124a-e	77-03-09 77-03-09 65-02-10	200 Krossat bäragergrus makadam 520 FL 100 Bäragergrus ≥400 FL, grusig sand
Hornsg - Lundav	A0-10051a-b	61-09-28	350 Bäragergrus
Industrig - Nobelv <i>Industrig</i>	A0-10027a-b		350 grus
Inre Ringv - Sallerupsv <i>Sallerupsv</i>	A1-10746	93-05-05	40 Viacotop 140 Viacobase 120 Bärager 0-50 mm 200 FL, grus A 300 FL, sand B

Lundav - Vattenverksv	A2-1 2339	91-10-07	120 Bäragergrus 300 FL, sand 200 FL, grus
Mariedalsv - Regementsg	A0-1 0088b	64-06-09	100 Bäragergrus ≥400 FL, grusig sand
Nobelv - Sallerupsv <i>Nobelv</i>	A0-1 0626	71-04-02	100 Bäragergrus 550 FL
Sallerupsv	A0-1 0649	71-04-29	100 Bäragergrus 550 FL
Norra Vallg - Slottsg <i>Slottsg</i>	A1-1 0016	67-04-07	600 BL + FL, grus
Slottsg - Stora Nyg <i>Slottsg</i>	A0-1 0815	72-12-08	200 BL 300 Spårädd av packsten bibehålls
Stora Nyg	A-11 171	66-02-18	100 Bäragergrus 500 FL, sandigt grus
Vämhem <i>Östra Förestadsg</i>	A1-2 2808	96-08-26	80 BL 0-40 mm 510 FL 0-100 mm
Föreningsg	A0-1 1622 A0-1 1625 A0-1 1626	83-11-29 Se Standard V:1 84-02-10 84-02-10	

## BILAGA 9: Spårbildning profil

Datum	Korsning	Körfält	Spår H/V (mm)	0	5	7,5	10	15	20	40 År			
06-11-02	Amiralsg - Föreningsg Amiralsg Österifrån	4-vägs signal K2	H	6	12	8	11	7	12	3			
			V	9	10	7	11	4	3				
			H	8	12	12	8	6	8				
			V	8	9	8	6	4	8				
			H	6	3	6	3	0	0				
			V	9	6	8	11	8	0				
			H	10	11	14	12	7	3				
			V	10	11	11	9	8	3				
			06-11-07	Bruksg - Norra Vallg Bruksg	4-vägs signal K1	H	0	0	0	0	0	0	0
						V	0	3	6	3	3	0	
H	6	24				29	28	33	24				
V	11	12				12	12	19	13				
H	14	10				12	8	20	12				
V	8	7				13	11	7	9				
H	8	9				8	6	5	5				
V	11	7				11	8	5	0				
06-11-02	Drottningg - Exercisg Exercisg Sydo stifrån	4-vägs signal K1				H	11	19	23	19	22	12	9
						V	15	15	15	12	13	12	
			H	7	12	13	10	9	10				
			V	7	14	15	12	11	11				
			H	13	5	5	0	0	0				
			V	19	12	8	8	0	0				
			H	15	25	20	22	18	20				
			V	14	25	20	22	21	22				
			06-11-02	Drottningg - Östra Förstadsg Drottningg Söderifrån	4-vägs signal K2	H	10	11	8	7	5	7	0
						V	7	9	8	8	4	0	
H	9	8				5	4	0	0				
V	7	8				6	6	15	0				
Östra Förstadsg Västerifrån	K1					H	7	8	6	6	15	0	
						V	7	8	6	6	15	0	

<i>Drottning Norrfrån</i>	K1	H	15	5	7	14	15	12	0
<i>Östra Förstadsg Österfrån</i>	K2	V	13	6	8	12	12	12	0
		H	6	7	7	4	5	2	0
		V	8	5	8	3	6	12	0
06-11-02 Exerciösg/Industrig - Föreningsg									
<i>Exerciösg</i>	4-vägs signal K2	H	6	3	5	0	0	0	0
		V	6	3	5	0	0	0	0
<i>Föreningsg Sydvästfrån</i>	K2	H	6	7	5	0	0	0	0
		V	7	6	5	3	0	0	0
<i>Industrig</i>	K2	H	2	10	7	6	5	0	0
		V	10	13	13	8	7	6	0
<i>Föreningsg Nordostfrån</i>	K2	H	5	9	9	4	3	4	0
		V	8	11	7	5	6	6	0
06-10-31 Flygfältsv/Segemölleg - Vattenverk sv									
<i>Vattenverk sv Sydvästfrån</i>	4-vägs signal K1	H	12		23				
		V	6		18				
06-10-31 Flygfältsv/V. Skrävlinge v - Sallerupsv									
<i>Flygfältsv</i>	4-vägs signal K2	H	8	6	10	6	5	0	0
		V	25	7	15	4	6	0	3
<i>Sallerupsv Västerfrån</i>	K2	H	10	10	10	6	5	5	5
		V	10	12	12	8	7	5	7
<i>V Skrävlinge v</i>	K2	H	10	7	10	5	12	4	5
		V	12	5	7	15	10	8	6
<i>Sallerupsv Österfrån</i>	K2	H	2	6	12	8	7	3	5
		V	6	8	10	5	10	6	3
06-11-07 Hamng - Norra Vallg									
<i>Norra Vallg Norrfrån</i>	4-vägs signal K2	H	9	12	10	9	7	6	6
		V	12	12	12	11	9	8	3
<i>Skeppsbron</i>	K1	H	5	6	7	12	9	8	0
		V	0	8	7	12	4	0	0
<i>Norra Vallg Söderfrån</i>	K3	H	8	14	11	10	12	9	12
		V	16	16	12	11	20	15	25

06-11-02	Industrig - Nobelv <i>Industrig Västerifrån</i>	4-vägs signal K1	H	14	17	15	13	9	11	9
			V	8	15	15	14	10	6	4
	<i>Nobelv Norrifrån</i>	K2	H	19	28	21	18	17	13	9
			V	12	23	26	22	15	14	12
	<i>Industrig Österifrån</i>	K1	H	0	4	8	22	5	7	0
			V	2	3	6	12	11	7	0
	<i>Nobelv Söderifrån</i>	K3	H	12	16	12	12	9	6	0
			V	26	28	26	22	26	20	8
06-11-07	Norra Vallig - Slottsg <i>Norra Vallig</i>	3-vägs signal K1	H	16	9	7	13	6	10	7
			V	12	14	9	10	7	8	3
	<i>Slottsg Västerifrån</i>	K1	H	22	12	21	14	18	8	5
			V	20	12	12	11	11	6	4
06-10-20	Ringv - Svenshögsv (Lund) <i>Svenshögsv</i>	4-vägs signal K1	H	17	37	67	32	37	24	13
			V	19	50	73	69	40	26	11
			<b>Medelvärde</b>	10,000	11,632	12,871	10,912	9,691	7,426	3,897
			<b>Stdavvikelse</b>	5,553	8,300	11,422	9,686	8,397	6,472	5,020
			<b>Konfidensinter</b>	1,301	1,944	2,676	2,269	1,967	1,516	1,176

## BILAGA 10: Hastigheter

<b>Avstånd stopplinjen:</b>	<b>från</b>	<b>40</b>	<b>20</b>	<b>7,5</b>	<b>0 m</b>
<b>Hastigheter:</b>		34	20	9 km/h	
		32	20	15 km/h	
		40	28	8 km/h	
		42	31	11 km/h	
		39	20	10 km/h	
		39	21	11 km/h	
		31	21	7 km/h	
		28	16	8 km/h	
		40	20	11 km/h	
		27	18	7 km/h	
<b>Genomsnitts hastigheter:</b>		35,2	21,5	9,7	0
<b>Standardavvikelser:</b>		5,473167	4,527693	2,451757	0
<b>Konfidensintervall</b>		3,392242	2,806241	1,519587	