



# **Adaptiv styrning av Stockholms trafiksignaler**

**Kunskapssammanställning och förslag**

av

**Peter Kronborg & Fredrik Davidsson**

**Movea Trafikkonsult AB**

**2004-05**

**Titel:** Adaptiv styrning av Stockholms trafiksignaler. Kunskapssammanställning och förslag  
**Författare:** Peter Kronborg och Fredrik Davidsson, Movea (fornamn.efternamn@movea.se)  
**Beställare:** Jan Björck, Stockholms gatu- och fastighetskontor (jan.bjorck@gfk.stockholm.se)  
**Utgivningsdatum:** 2004-05  
**Utgivare:** Movea Trafikkonsult AB, [www.movea.se](http://www.movea.se)

## Förord

Adaptiv trafiksignalstyrning ger stora möjligheter att förbättra styrningen av trafiksignaler. Två prov med Utopia/Spot har genomförts i Stockholm under senare år.

För att få ett bättre beslutsunderlag inför en eventuell satsning på adaptiv styrning har Gfk (Jan Björck) beställt en kunskapssammanställning av Movea som här avrapporteras. Arbetet har bestått i att sammanställa kunskap från olika källor. Dessutom har en studieresa gjorts till Danmark och Nederländerna. Jan Björck, Tobias Johansson, Bo Nilsson, Gunnar Lundberg, Håvard Wahl med flera från Gfk har deltagit i arbetet, främst genom att lämna synpunkter på denna rapport i tidigare konceptversioner, men även genom deltagande i studieresan.

Rapporten avslutas med konkreta rekommendationer.

Movea har stor erfarenhet inom detta ämne sedan 1990 genom ledande av och deltagande i flera olika svenska och internationella projekt inom området. Projektarbetet har genomförts av Fredrik Davidsson och Peter Kronborg.

Alla åsikter som förs fram i rapporten är Moveas åsikter.

Stockholm maj 2004

Movea Trafikkonsult AB

Peter Kronborg

---

<b>1</b>	<b>SAMMANFATTNING .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>PROJEKTARBETET .....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>DAGENS STYRNING AV STADENS TRAFIKSIGNALER .....</b>	<b>5</b>
3.1	<i>Trafiksignalerna påverkar trafiken drastiskt .....</i>	5
3.2	<i>Trafiksignaler i Stockholm .....</i>	5
3.3	<i>Samordnad styrning .....</i>	6
3.4	<i>Bussprioritet .....</i>	6
<b>4</b>	<b>VAD ÄR ADAPTIV STYRNING? .....</b>	<b>7</b>
4.1	<i>Principer.....</i>	7
4.2	<i>Bussprioritet i adaptiva system .....</i>	8
4.3	<i>Historik.....</i>	8
4.4	<i>Myter om adaptiv styrning? .....</i>	9
4.5	<i>Effektiviteten är svår att mäta objektivt .....</i>	11
<b>5</b>	<b>KOMMERSIELLT FRAMGÅNGSRIKA SYSTEM.....</b>	<b>12</b>
5.1	<i>Scoot (Storbritannien).....</i>	12
5.2	<i>Scats (Australien).....</i>	13
5.3	<i>Utopia/Spot (Italien) .....</i>	14
5.4	<i>Motion (Tyskland).....</i>	15
<b>6</b>	<b>ÖVRIGA SYSTEM I EUROPA OCH AUSTRALIEN .....</b>	<b>17</b>
6.1	<i>Bliss (Australien).....</i>	17
6.2	<i>AUT (Sverige).....</i>	17
6.3	<i>Prodyn (Frankrike) .....</i>	17
6.4	<i>Fuzzy logic (Finland etc).....</i>	18
6.5	<i>TUC (Tyskland etc) .....</i>	18
6.6	<i>Övriga.....</i>	19
<b>7</b>	<b>AMERIKANSKA SYSTEM.....</b>	<b>20</b>
7.1	<i>ASC-Lite kommer på sikt.....</i>	21
7.2	<i>RT-Tracs som överrock.....</i>	21
7.3	<i>Opac .....</i>	22
7.4	<i>Rhodes.....</i>	22
7.5	<i>Ladot.....</i>	22

---

<b>8</b>	<b>EFFEKTER OCH VAL AV SYSTEM.....</b>	<b>23</b>
8.1	<i>Effekter av adaptiv styrning .....</i>	23
8.1.1	<i>Omloppstid .....</i>	23
8.1.2	<i>Framkomlighet, bilar .....</i>	23
8.1.3	<i>Stopp, bilar.....</i>	25
8.1.4	<i>Cykeltrafik, fördröjning.....</i>	25
8.1.5	<i>Gångtrafik, fördröjning.....</i>	25
8.1.6	<i>Trafiksäkerhet.....</i>	26
8.1.7	<i>Miljö .....</i>	26
8.1.8	<i>Samhällsekonomi.....</i>	27
8.2	<i>Nordisk tradition .....</i>	27
8.3	<i>Tekniska och kommersiella aspekter.....</i>	29
8.4	<i>Vilket system är bäst?.....</i>	29
<b>9</b>	<b>UTOPIA/SPOT I NORDEN OCH HOLLAND.....</b>	<b>31</b>
9.1	<i>Inledning.....</i>	31
9.2	<i>Göteborg.....</i>	31
9.3	<i>Norge.....</i>	32
9.4	<i>Danmark.....</i>	32
9.5	<i>Finland .....</i>	33
9.6	<i>Stockholm .....</i>	33
9.7	<i>Malmö.....</i>	34
9.8	<i>Holland.....</i>	34
<b>10</b>	<b>ÖNSKVÄRDA FÖRBÄTTRINGAR AV UTOPIA/SPOT.....</b>	<b>36</b>
10.1	<i>Inledning.....</i>	36
10.2	<i>Signalgruppsorienterad styrning.....</i>	37
10.3	<i>Högre upplösning .....</i>	37
10.4	<i>Detektorhantering och den lokala trafikmodellen .....</i>	37
10.5	<i>Ytterligare förbättringar .....</i>	38
<b>11</b>	<b>ANSKAFFNINGSSTRATEGI.....</b>	<b>39</b>
11.1	<i>Långsiktig strategi för staden.....</i>	39
11.2	<i>Uppskattade kostnader.....</i>	39
11.3	<i>Kompetens och organisation.....</i>	41
11.4	<i>Samarbete mellan väghållare - kravställning .....</i>	41
11.5	<i>Detektorbestyckning och styrapparater .....</i>	42
11.6	<i>Områdesstyrning och information om trafikläget.....</i>	43
11.7	<i>Upphandlingsteknik.....</i>	43
11.8	<i>Marknadsföring.....</i>	44
<b>12</b>	<b>REKOMMENDATIONER .....</b>	<b>45</b>



# 1 Sammanfattning

Många trafiksignaler i Stockholms stad är samordnade, speciellt i innerstaden. Deras funktion skulle kunna förbättras avsevärt med adaptiv styrning. Adaptiv styrning innebär att man inte har en i förväg gjord tidplan, utan att trafiksignalerna i realtid skapar sin styrning. Detta innebär en bättre anpassning till rådande trafikförhållanden och vinster i form av lägre fördröjningar och reducerade emissioner. Restiden kan reduceras med i storleksordning 5 – 10 %. Detta är stora effekter som är svåra att åstadkomma med andra medel. Man måste dock observera att effekterna av adaptiv styrning kan variera. I vissa korsningar kan resultatet till och med bli negativt. Dessutom kan man ofta dessutom få ytterligare 5 – 10 % reduktion av restid i och med att man ersätter en äldre inte nyligen uppdaterat samordning. Den totala vinsten kan därför bli en reduktion av restiden på 10 – 20 %. Detta under förutsättning att man därefter sköter det trafiktekniska underhållet.

Det är mycket samhällsekonomiskt lönsamt med adaptiv styrning av samordnade trafiksignaler. Enligt brittiska TRL är den samhällsekonomiska pay-offtiden så kort som 6 – 12 månader. I jämförelse med andra investeringar i vägtrafiksystemet innebär detta en mycket hög lönsamhet. Å andra sidan är det ännu mer lönsamt att allra först satsa på trafiktekniskt underhåll av den befintliga trafiksignalstyrningen. Effekterna av adaptiv styrning och trafiktekniskt underhåll är ungefär desamma, men trafiktekniskt underhåll är betydligt billigare.

Adaptiva trafiksignaler är dock ingen undermedicin. Vissa rapporter redovisar så stora effekter att man bör vara tveksam om resultaten stämmer. Kapaciteten ökar inte generellt vilket ibland påstås. Med adaptiv styrning krävs snarare mer, än mindre, insatser i form av projektering och uppföljning än med traditionell styrning. De adaptiva systemen klarar att automatiskt anpassa sig till ändrade förhållanden, men bara inom vissa ramar och bara om grundinställningarna är de rätta. Det är inte säkert att trafikanterna alltid uppskattar, eller ens lägger märke till, lägre omloppstid och lägre fördröjningar om deras invanda gröna vågor samtidigt rubbas.

Adaptiv styrning måste därför i stället för undermedicin betraktas som ett av flera möjliga verktyg för att förbättra trafiksituationen.

Det finns många olika system för adaptiv styrning på världsmarknaden. De flesta är dock resultat av forsknings- eller utvecklingsprojekt och används inte för att styra trafiksignaler annat än i någon avgränsad försöksinstallation. Man kan säga att det bara finns fyra kommersiellt lyckade system:

- Scoot är utvecklat i Storbritannien och används i mer än 100 städer i flera världsdelar alltsedan slutet av 1970-talet. Scoot bygger på en matematisk fördröjningsminimering, centrala beräkningar och beslut, samt gör alltid små successiva förändringar. De små förändringarna gör att Scoot är mindre lämpligt för bussprioritering
- Scats är utvecklat i Australien och används i mer än 50 städer i flera världsdelar. Scats är jämn gammal med Scoot, men använder inte matematiska verktyg på samma sätt utan bygger mer på trafiktekniska heuristiska principer
- Utopia/Spot är utvecklat i Italien togs i drift i början av 1990-talet. Utopia/Spot används i cirka 20 städer i Europa. Systemet bygger liksom Scoot på en matematisk fördröjningsminimering, men har en lokal distribuerad intelligens och har från början en kraftfull bussprioritet

- Motion är utvecklat i Tyskland och används i cirka 10 städer i Europa. Det första systemet togs i drift 1996. Motion påminner om Scats och bygger liksom Scats på heuristiska principer. Bussprioriteringen i Motion har begränsningar eftersom den främst sker lokalt

Om man jämför de olika systemen finner man att de presterar relativt lika. Med tanke på behoven i Stockholm är Utopia/Spot bäst lämpat inom överskådlig tid. Detta beroende på bland annat en bra bussprioritet och en lokal leverantör.

Utopia/Spot är dock inte tillräckligt bra i dagsläget. Det finns behov av förbättringar inom bland annat områdena signalgruppsorienterad styrning (alla de fyra systemen ovan är fasbase-rade), kortare tidssteg i beräkningarna, detektorhantering och den lokala trafikmodellen. Det finns en rapport med önskvärda förbättringar skriven inom ramen för prov av Utopia/Spot på Kungsholmen.

För att anskaffa adaptiv styrning till Stockholms samordnade trafiksignaler bör man tänka på att:

- Det är en långsiktig satsning för staden som bör planeras väl
- Det krävs hög kompetens. Dels för projektering och programmering, men även för driften
- Det kan vara fördelaktigt att flera väghållare går samman och ställer gemensamma krav. Det kan krävas initiala ekonomiska incitament så att önskad vidareutveckling sker tidigt
- Med fler detektorer ökar kostnaderna. Här krävs en genomtänkt strategi
- Adaptiv styrning ökar möjligheterna för så kallad områdesstyrning med funktioner som att styra antalet bilar som släpps in i ett område och att leverera trafikdata till överordnade system
- Själva upphandlingen är relativt svår och komplicerad

Att installera Utopia/Spot i en korsning uppskattas kosta drygt 450 kkr i medeltal. Att ersätta 200 av stadens trafiksignaler med adaptiv styrning kan kosta cirka 10 Mkr/år i investering under en 10-årsperiod. Totalinvesteringen beräknas till cirka 95 Mkr. Driftskostnaden kan uppskattas till 10 % av investeringen. Efter avslutad investering är det dags att reinvestera, vilket är något billigare. Årskostnaden från och med år 10 kan uppskattas till cirka 18 Mkr/år<sup>1</sup>.

Beroende på den höga lönsamheten är detta mycket väl använda pengar trots att det är en stor investering. En satsning på adaptiv styrning är lönsammare än nästan alla andra diskuterade trafikinvesteringar i Stockholm.

---

<sup>1</sup> Alla dessa kostnader är merkostnader i jämförelse med traditionell styrning.

Följande handlingsstrategi föreslås:

1. Se till att Utopia/Spot vidareutvecklas så att styrningen klarar stadens krav och att leverantörssituationen är stabil. Någon sorts ekonomisk morot gentemot leverantören kan behövas. Parallellt bör man:
  - a. Bygga upp en intern kunskap om Utopia/Spot och simulering på Gfk
  - b. Uppgradera Utopia/Spotsystemet på Kungsholmen och låta det gå i reguljär drift
  - c. Simulera Utopia/Spotstyrning i Norrtullsområdet (där tidigare prov misslyckades) och ett utökat KungsholmenområdetKostnaden för dessa aktiviteter kan preliminärt uppskattas till 1,3 Mkr under perioden 2004 - 2005
2. Principbeslut om att anskaffa adaptiv styrning i stor skala
3. Genomföra en upphandling

Det är ingen överhängande brådska att anskaffa adaptiv styrning i Stockholm. Det är ingen anledning att fatta beslut innan det finns tillräckligt bra system. Å andra sidan är de positiva effekterna av adaptiv styrning så stora att man inte bör avvakta i onödan.

Det redan beslutade trafiksignallaboratoriet på Gfk utgör en viktig komponent i aktiviteterna i punkt nummer 1 ovan.

Slutligen: En satsning på adaptiv styrning är inte meningsfull om man inte samtidigt kan avsätta ökade resurser till trafikteknisk uppföljning. Den adaptiva styrningen kan å andra sidan kanske vara den murbräcka som krävs för att även kunna intensifiera den trafiktekniska tillsynen? Men man skulle kanske först visa att man klarar en satsning på trafiktekniskt underhåll innan man satsar på den betydligt mer komplexa adaptiva styrningen?

## 2 Projektarbetet

Arbetet med att ta fram denna rapport har genomförts under relativt kort tid och med relativt små resurser. Att det ändå har gått att få fram denna relativt fylliga rapport beror på Moveas stora kunskap inom området och Moveas erfarenhet av ett flertal tidigare projekt inom området. Det gäller såväl utredningsuppdrag, som flera pilotinstallationer av adaptiv styrning. Moveas personal har även deltagit i flera EU-finansierade samarbetsprojekt inom området och har bevistat flera internationella konferenser som deltagare eller oftast som föredragshållare. Movea har därför även ett stort internationellt kontaktnät inom området. Movea fungerar även som sekreterare i det nordiska Nextsamarbetet där adaptiv styrning är ett huvudämne. Movea är självständig gentemot systemleverantörerna, även om Movea har samarbetet med flera av dem i olika projekt.

Arbetet i projektet har därför till större delen handlat om att sammanställa kunskap som Movea redan har haft tillgång till. Utöver detta har även följande gjorts:

- Sökningar via internet efter ytterligare kunskap inom ämnet. Framförallt har en stor mängd amerikanska referenser påträffats
- Kontakter med flera kollegor och samarbetspartners i Europa
- En studieresa till Danmark och Nederländerna för att studera olika installationer av Motion och Utopia/Spot. Jan Björck och Gunnar Lundberg från Gfk deltog på denna studieresa

Denna rapport sammanfattar resultaten från projektarbetet. De källor som används redovisas normalt inte, eftersom det skulle tynga ner beskrivningen och det skulle innebära mycket arbete att redovisa fullständiga referenser. Alla referenser finns dock tillgängliga på Movea.

Kapitel 3 – 8 skrevs under en första etapp av arbetet. Efter att intresset hade fokuserats på Utopia/Spot skrevs kapitel 9 – 12 i en andra etapp.

Effekter av eventuella trängselavgifter i Stockholm beaktas inte i denna utredning.

## 3 Dagens styrning av stadens trafiksignaler

### 3.1 Trafiksignalerna påverkar trafiken drastiskt

Väl fungerande trafiksignaler är viktiga för att säkerställa:

- Hög trafiksäkerhet
- God framkomlighet
- Bra miljö
- Trafikanternas respekt för signalerna

Det är stora effekter om man översätter dem i kronor med hjälp av samhällsekonomiska kalkyler där framkomlighetsdelen är den dominerande effekten. Enligt en äldre TFK-rapport (TFK 1990:7) utgörs de negativa externa effekterna av tids- och fordonskostnader cirka 70 %, trafikolyckor cirka 20 % och miljö cirka 10 %. För en normal samordnad signalkorsning i Sverige är de totala tids- och fordonskostnaderna 3,6 Mkr uppräknat till dagens värden. En reduktion av fördröjningen med 10 – 20 %<sup>2</sup> skulle således ge en vinst på cirka 0,4 – 0,7 Mkr/år. Dessa siffror gäller för normal svensk samordnad korsning. Korsningarna i Stockholms innerstad är i medeltal betydligt större.

### 3.2 Trafiksignaler i Stockholm

Det finns knappt 600 trafiksignaler i Stockholms stad. Den tekniska nivån är numera god med moderna styrapparater och relativt bra detektorbestyckning. I innerstaden är i princip alla signaler, förutom friliggande övergångsställen, anslutna till driftsövervakningssystem. I ytterstaden är anslutningsgraden dock lägre.

Även om den tekniska nivån är god finns det problem. Den trafiktekniska tillsynen är eftersatt. Dels eftersom mycket begränsade resurser är budgeterat för detta, dels för att personalen är knapp. Den trafiktekniska tillsyn som utförs görs ofta i samband med andra projekt, till exempel bussprioritetsprojekt. Många detektorer är trasiga. Dels beroende på att många olika entreprenörer ofta arbetar på olika ställen i vägnätet, dels beroende på knappa resurser för att åtgärda fel.

I samband med en kartläggning av köer och flaskhalsar i Stockholm som Movea gjorde år Gfk med mätningar 2002<sup>3</sup> konstaterades att det finns trafiksignaler i 70 % av alla flaskhalsar i staden. Trafiksignalerna är normalt inte orsaken till köerna, men ju bättre signalerna fungerar, desto kortare blir köerna.

Ett sätt att förbättra situationen kan ibland vara att ersätta trafiksignaler med cirkulationsplatser. I innerstaden och längs infartsleder med huvudledsdominant trafik är dock inte cirkulationsplatser normalt ett alternativ. I innerstaden är gångtrafiken alltför intensiv och stadsbilden skulle störas av rondeller. Längs infartslederna är trafiken på anslutande vägar normalt alltför liten i förhållande till trafiken på infartsleden för att cirkulationsplatser skulle fungera bra. Dessutom kan cirkulationsplatser inte hantera överbelastning och bussprioritet.

<sup>2</sup> Motsvarande cirka 5 - 10 % reduktion i restid

<sup>3</sup> Trängseln på Stockholms gator och vägar, Peter Kronborg, Movea, april 2003

### 3.3 Samordnad styrning

Samordnade trafiksignaler innebär att trafiksignaler i flera korsningar är synkroniserade i syfte att reducera fördröjningarna och antalet stopp. Ofta innebär det att man skapar gröna vågor i en eller flera riktningar i ett trafiksystem.

Samordnad styrning är känslig. Om man styr fel kan man lätt få stopp i kolonner eller blockeringar så att en kö från en korsning blockerar en annan korsning uppströms. Omloppstiden har dessutom en tendens att vara för lång, man tvingas att ha en marginal för oväntat mycket trafik.

I Stockholms ytterstad är cirka 15 % av trafiksignalerna samordnade<sup>4</sup>, och i innerstaden är hela 50 % av trafiksignalerna samordnade. Detta innebär cirka 40 respektive 170 trafiksignaler. Potentialen för adaptiv styrning finns därför främst i innerstaden, men även utmed vissa trafikleder, exempelvis Ulvsundaleden. Med en bra adaptiv styrning skulle det dessutom troligen vara lämpligt att ta med vissa angränsande korsningar som idag går oberoende i den adaptiva styrningen.

En oberoende trafiksignal anpassar sig inom vissa ramar automatiskt till förändrade trafikmönster. En samordnad trafiksignal gör detta genom att välja i ett bibliotek av i förväg uppgjorda tidplaner. Detta val brukar i Stockholm göras enligt en i förväg uppgjord tidtabell med en morgontidplan säg kl 6 – 9, en dagtidplan kl 9 – 15, en eftermiddagstidplan kl 15 – 18 och en lågtrafiktidplan under övrig tid. Under sen kväll och nattetid brukar de flesta anläggningar släppas oberoende. Tidplanerna och tidpunkterna för programbyte är desamma året runt.

Detta är inte särskilt flexibelt beroende på att man har få tidplaner och att tidplanerna byts enligt tid på dagen, inte enligt trafiksituationen.

Samordnad styrning har dock blivit mer flexibel under senare år genom att många tillfarter har ett antal sekunders trafikstyrd framtid i slutet av gröntiden. Dessutom har bussprioritet medelst Pribuss byggts ut sedan slutet av 1980-talet.

### 3.4 Bussprioritet

Bussprioriteten i Stockholm har i stort sett byggts ut under de senaste 15 åren. Införandet av bussprioritet har kraftigt reducerat fördröjningarna för busstrafiken. Oftast utan att försämra framkomligheten för annan trafik eftersom man har passat på att se över styrningen i stort när man har installerat bussprioritet.

Bussprioriteten realiseras i Stockholm med Pribusstekniken som har utvecklats av Gfk med hjälp av statligt stöd. Pribuss är en verktyglåda för kraftfull bussprioritet i såväl oberoende styrning, som samordnad styrning. Bussprioritering i oberoende styrning är relativt lätt. I samordnad styrning är det betydligt svårare och kräver en omsorgsfull projektering, programmering och testning.

---

<sup>4</sup> Med samordnade menas här att de går samordnade åtminstone en del av dagen. Det finns dessutom trafiksignaler som ingår i samordnade system, men som går oberoende dygnet runt. De räknas inte som samordnade här.

## 4 Vad är adaptiv styrning?

### 4.1 Principer

Adaptiv styrning av trafiksignaler kan även kallas för optimerande styrning. Tanken är att trafiksignalerna bättre än med traditionella metoder ska anpassa sig till den rådande trafiksituationen. Detta görs genom att utnyttja de datorer som sedan många år har funnits i styrapparaterna till att göra beräkningar i realtid.

Det finns flera olika principer för adaptiv styrning. Man kan dela upp de olika systemen för adaptiv styrning på flera olika sätt.

#### **Objektsfunktion eller heuristiska metoder**

Det vanligaste är att beräkna en kostnadsfunktion (ofta kallad objektsfunktion) som kan innehålla total fördröjning, totala antalet stopp och annat i systemet. Syftet är att minimera dessa kostnader. Man använder normalt matematiska optimeringsalgoritmer för att minimera objektsfunktionen. Alternativet är att med heuristiska (intuitiva) metoder försöka konstruera en bra styrning. Man kan säga att systemet innehåller trafikteknisk kunskap som används på ett intuitivt sätt, ofta utan kvantifieringar.

#### **Fördröjningsminimering eller bra gröna vågor**

System som bygger på minimering av en matematisk funktion används ofta för fördröjningsminimering. Även om man samtidigt lägger på kostnader på att stoppa fordon blir effekten lätt att det är de totala fördröjningarna som minimeras till priset av fler stopp och således icke perfekta gröna vågor. Detta är faktiskt oftast den optimala styrningen! Andra system börjar i stället med de gröna vågorna i huvudrelationerna och försöker skapa en bra styrning utifrån detta. Det ger en styrning som inte är den bästa objektivt sätt, men som ändå kan föredras av vissa.

#### **Nya tidplaner eller bibliotek med tidplaner**

Vissa system tar fram helt nya tidplaner i realtid. Dock ofta med tidigare tidplaner som utgångspunkt. Andra system är främst inriktade på att välja tidplan bland ett stort antal i förväg uppgjorda tidplaner. Det är svårt att fasa in en ny tidplan utan störningar varför man brukar ofta begränsa hur ofta nya tidplaner kan väljas.

#### **Långsamma successiva ändringar respektive tvära kast**

Vissa system som producerar tidplaner i realtid är försiktiga och går bara små successiva förändringar i sina tidplaner, medan andra kan göra stora plötsliga förändringar. De som väljer tidplaner ur bibliotek kan vara försiktiga och enbart välja ny tidplan med långa tidsintervall, medan andra kan välja ny tidplan i princip i varje omlopp.

#### **Centraliserat eller decentraliserat**

Vissa system är strängt decentraliserade och låter en korsning tala med närliggande korsningar, varefter styrningen successivt itereras fram. Andra system bygger på en centraldator med en total överblick som står för alla viktiga beslut, kanske med vissa lokala avvikelser.

Oavsett om systemen är decentraliserade eller centraliserade kan det behövas ett överordnat system som tar hand om strategiska beslut. Bland annat om att hålla viss trafik utanför ett område för att undvika överbelastning.

## Bussprioritering

Så gott som alla system innehåller bussprioritering. Skillnaderna är dock stora. System som inte har bussprioritering från början är i vissa fall svåra att komplettera med bussprioritering. Detta gäller framförallt system som arbetar med långsamma successiva ändringar. Se även nästa kapitel.

### Vad är bäst?

Man kan inte alltid säga att det ena eller andra sättet att arbeta enligt ovanstående är bättre eller sämre. Även om en lösning teoretiskt är bättre kan en annan lösning visa sig fungera bättre i praktiken.

## 4.2 Bussprioritet i adaptiva system

Ett nytt system för samordnad styrning av trafiksignaler måste kunna prioritera busstrafiken på ett bra sätt. Man bör därvidlag kunna kräva att det adaptiva systemet prioriterar lagom<sup>5</sup> mycket med hänsyn tagen till:

1. Busslinjens vikt
2. Hur bussen ligger i förhållande till tidtabell, eller dess luckor till buss framför och bakom
3. Antal passagerare ombord på bussen
4. Hur hårt belastade korsningarna är
5. Köer i kritiska tillfarter

Genom punkt 2 kan man jobba med så kallad regularisering där man utöver trafiksignalstyrning även arbetar med trafikledning, förarbeteende och påstigningsförfarande. Syftet är hålla isär bussarna på tätt trafikerade linjer så att man undviker hopklumpning.

Även om man har verktygen enligt punkt 5 kan man i vissa fall välja absolut prioritet, medan man i andra fall kan välja en mer avvägd prioritet.

Dessa former av avancerad prioritet fungerar bästa i adaptiva system som innehåller en objektsfunktion som minimeras. Det adaptiva systemet måste dessutom i svensk miljö klara av att prioritera med tvära kast i styrningen och kunna städa upp därefter. I länder där föraren inte säljer biljetter är variationen i hållplatstid mindre varför prioriteringen kan planeras i förväg. I städer med extremt mycket bilar och bussar (typ London) är det optimalt med en försiktigare prioritet av den typ som finns i till exempel Scoot.

## 4.3 Historik

Adaptiv styrning är inget nytt. De teoretiska tankarna fördes fram redan 1963 av Miller. Redan 1968 respektive 1970 gjordes prov i Odenplansområdet där Stockholms gatukontor tillsammans med Ericsson respektive Siemens provade olika sorters mer eller mindre adaptiv signalstyrning. Prov med andra system i andra länder misslyckades, bland andra Plident i Glasgow i slutet av 1960-talet och stora prov i Washington under början av 1970-talet. Orsaken till dessa misslyckanden är att det inte är lätt att styra bättre än en traditionell stabil samordning, som i och för sig är trög, men å andra är stabil och gör få misstag.

---

<sup>5</sup> Detta till skillnad mot Pribuss där man redan vid projekteringen tvingas antaga vad som är en lagom prioritet under till exempel eftermiddagsrusningen kl 15 – 18. Pribuss tar därefter ingen hänsyn till den aktuella trafiksituationen om man inte installerar ködetektorer i kritiska tillfarter.

De första lyckade systemen är Scoot från England och Scats från Australien. De utvecklades på slutet av 1970-talet och är fortfarande helt dominerande i världen med omfattande installationer inom det brittiska samväldet, USA och Sydostasien. Scoot finns framförallt i Storbritannien och USA, medan Scats framförallt finns i Australien, USA och Sydostasien

Den främsta användningen av adaptiv styrning har således varit i den anglosachsiska världen. Det kan bero på att man där har en tradition av fördröjningsminimering, till den germanska traditionen, tongivande även i Sverige, där de gröna vågorna premieras.

Under 1980-talet började utvecklingen av en andra generation adaptiv styrning. Den mest kända representanten för denna generation är den italienska Utopia/Spot, som förutom stora inhemska installationer även finns i Nederländerna, Norden och några länder i Östeuropa. Utopia/Spot har även provats i USA.

Tyska Motion kan sägas komma från en annan utvecklingslinje. Motion är utvecklat av Siemens och är en vidareutveckling av traditionell tysk samordning med ett automatiserat tidplaner. Motion används i flera länder på kontinenten, bland andra Tyskland och Danmark.

Utvecklingen fortsätter och nya system kommer kontinuerligt. Steget från prototyp, ofta utvecklad vid ett universitet, eller forskningsinstitut, till en kommersiellt fungerande produkt är dock långt.

#### 4.4 Myter om adaptiv styrning?

Det florerar ett stort antal ”myter” kring adaptiv styrning. Vissa är sanna, medan många är falska:

Myt 1: Framkomligheten i nätet ökar med 20 – 30 % med adaptiv styrning. FALSKT. Det kan i och för sig vara sant ibland om den gamla samordningen var dålig. Men med en bra samordning som jämförelse kan man räkna med 5 – 10 % kortare restider<sup>6</sup> genom systemet. Detta innebär samtidigt att fördröjningarna kan minska med i storleksordningen 10 – 20 %.

Myt 2: Adaptiv styrning ökar kapaciteten. I princip FALSKT. I ett överbelastat område ökar adaptiv styrning inte kapaciteten. Den kan dock omfördela den, i bästa fall bättre än vad en omgjord traditionell samordning skulle kunna göra. Vinsterna med adaptiv styrning kan ofta bli störst under icke överbelastad tid eftersom flexibiliteten då kommer till sin rätta.

Myt 3: Man kan sätta upp och sköta ett adaptivt system utan djup kunskap om trafikteknik och trafiksignaler. FALSKT. Det är tvärt om. För att kunna installera och sedan sköta adaptiv styrning krävs mycket ingående kunskap och erfarenhet av trafikteknik och trafiksignalstyrning. Redan i projekteringen är detektorplacering och programmering starkt beroende av skicklighet. I ett konventionellt samordnat system är det lätt att se om något är fel eftersom samma fel upprepas hela tiden. För att se fel vid adaptiv styrning krävs mycket mer känsla för trafik. För att den adaptiva styrningen inte ska bli en svart låda med dåliga och svårförståliga egenskaper krävs en mycket djup kunskap om systemet.

---

<sup>6</sup> Termen restid används konsekvent i denna rapport. Det är synonymt med körtid och definieras som tiden från ett insnitt till ett utsnitt och inkluderar även stillastående tid i kö.

Myt 4: Behovet av trafikteknisk tillsyn försvinner med adaptiv styrning eftersom styrningen justerar sig själv automatiskt. FALSKT. Det kan till och med vara så att behovet ökar eftersom ett adaptivt system inte är lika stabilt som en traditionell samordning.

Myt 5: Adaptiv styrning är inte bra eftersom det inte blir några gröna vågor. FALSKT. Om det är optimalt med gröna vågor så blir det gröna vågor även med adaptiv styrning. Om det inte är optimalt, men man ändå vill ha gröna vågor går det normalt att tvinga fram dessa även med adaptiv styrning. Observera att gröna vågor kan vara bra som ett sätt att locka trafik bort från bakgator och locka trafiken till huvudgator, men att gröna vågor inte alltid minimerar de totala fördröjningarna.

Myt 6: Alla applåderar adaptiv styrning. FALSKT. De flesta trafikanter kommer inte att märka någon skillnad. Den skillnad de märker är snarast att de gröna vågorna blir något sämre, än att restiderna sjunker. Inte ens trafikingenjörerna märker alltid någon skillnad i framkomlighet ute i trafiken, men väl när de analyserar mätningar.

Myt 7: Eftersom adaptiv styrning känner av trafiken kan den alltid automatiskt reagera snabbt och anpassa sig bättre till förändringar. FALSKT. Om man vet att en trafiktopp kommer kl 16.00 när en industri stänger kan en traditionell samordning ta in en speciell tidplan kl 15.45. Ett adaptivt system som inte utnyttjar historisk information klarar inte av situationen om den bara successivt ska anpassa sig till trafikökningen. Anpassningen går nämligen alltför långsamt. Däremot finns det normalt möjligheter att programmera in denna typ av händelser även i adaptiva system.

Myt 8: Adaptiv styrning är framförallt bra för miljön. FALSKT. Emissionerna reduceras, men samhällsekonomiskt slår framkomlighetsvinsterna betydligt hårdare. Men det är givetvis ingen nackdel att framkomlighet, emissioner och även bränsleförbrukning samvarierar. Genom att sätta parametrarna på ett visst sätt kan man minimera emissionerna. Det är däremot inte ärligt att i första hand flagga med miljöeffekterna.

Myt 9: Om man ökar framkomligheten i ett överbelastat område tappar man på sikt vinsten eftersom mer trafik söker sig till området och restiderna återgår till de gamla efter ett insvängningsförlopp. DELVIS SANT. Effekten finns, men bara en del av vinsterna äts upp. Enligt Toscarapporten cirka 25 %. Och bara om det verkligen är ett överbelastat område med upp-dämd efterfrågan och enbart under överbelastad tid.

*”Myt 10”: Det är lönsamt med adaptiv styrning. SANT. Detta är således ingen myt. Samhällsekonomiskt är det nästan utan undantag mycket lönsamt med adaptiv styrning med en pay-offtid på cirka 6 – 12 månader, men det är lönsammare att allra först se till att ens konventionella styrning fungerar bra. I jämförelse med andra satsningar som kan göras inom trafiken är en pay-offtid på 6 – 12 månader mycket bra. Andra investeringar har ofta samhällsekonomiska pay-offtider på åtskilliga år.*

Trots alla problem och nackdelar är således adaptiv styrning bra. Detta beror på att:

- Fördröjningarna minimeras
- En följsamhet till trafikefterfrågan
- Att bilister slipper en del oförklarliga stopp där de i ett samordnat system samlas upp för att skjutas iväg i en kolonn, som långt ifrån alltid kommer genom
- Att omloppstiderna variera i olika korsningar

Trots myt 1 – 9 är således adaptiv styrning bra i och med att ”myt 10” är så viktig.

#### 4.5 Effektiviteten är svår att mäta objektivt

Att utvärdera effektiviteten i ett trafiksignalsystem är svårt. Det är flera faktorer som gör att en mycket hög andel av de utvärderingar som görs inte håller måttet. I detta kapitel pekar vi på de allra vanligaste fallgroparna:

1. Det man jämför med (nollalternativet) håller tveksam kvalitet. Det är vanligt att man jämför med den gamla samordningen som kanske inte har setts över på många år och än mindre är framtagen med moderna metoder
2. På samma sätt är det viktigt att inse att inte bara konventionell samordning åldras. (Enligt engelska referenser åldras en konventionell samordning beroende på ändrad trafik etc så att fördröjningarna ökar med cirka 3 % per år). Även en adaptiv styrning åldras, dock långsammare. Styrningen blir allt sämre med åren och det krävs regelbunden trafikteknisk uppföljning
3. På gränsen till överbelastning är fördröjningar och köer inte linjära. Med en aning bättre styrning kan man i vissa fall helt eliminera alla köer i ett överbelastat område
4. Å andra sidan drar man till sig mer trafik på sikt genom en effektiv styrning. Om man då åter kopplar in den gamla styrningen för mätningar kan man få en total kollaps
5. Man talar ofta om att framkomligheten har ökat utan att göra den viktiga distinktionen mellan restid och fördröjning. En minskad fördröjning på 20 % kan innebära en minskning av restiden med i storleksordningen 10 %. Det vill säga enbart hälften
6. Vissa områden kan passa mycket bra för adaptiv styrning, medan andra områden kan passa mycket dåligt. En utvärdering i ett enda område ger därför inte säkert representativa resultat
7. Det kan ofta bli stora omfördelningar i restiderna som kan vara kontroversiella. Med Utopia/Spot i Köge minskade restiden utmed huvudvägen med 4,5 %, samtidigt som restiden från tvärgatorna ökade med 32 %. (Samtidigt minskade restiderna för busstrafiken från tvärgatorna, som inte prioriterades, tidigare med 34 %). Nettoeffekten var troligen positiv, men redovisas inte i den rapport som funnits tillgänglig
8. Det är svårt att avgränsa området. Genom att lokalt ta genom mer trafik kan man förorsaka långa köer i korsningar nedströms
9. Effekten av bussprioriteringen är ofta kanske mer avhängig kvaliteten i bussdetekteringen än själva styrningen
10. Det är ofta de som har utvecklat ett system, eller som har köpt ett system, som själva genomför utvärderingen av sitt eget system. De vill gärna, medvetet eller omedvetet, lyfta fram fördelarna med det nya systemet

Alla utvärderingar bör därför läsas med stor försiktighet och man bör ifrågasätta alla resultat. Vad man egentligen skulle vilja ha är en oberoende utvärdering där man jämför flera olika system som styr samma område. Detta kan göras på gatan till stora kostnader, men kan numera även göras med simulering med ganska säkra resultat. Något för ett EU-projekt?

## 5 Kommersiellt framgångsrika system

I detta och de två följande kapitlen beskrivs kortfattat ett stort antal olika system för adaptiv styrning. De redovisas ungefärligen i kronologisk ordning med de äldsta systemen först och de nyaste sist. De allra mest intressanta systemen redovisas mer detaljerat än andra. Speciellt intresse har riktats mot;

- Styalgoritmen
- Bussprioritet
- Vad som klaras av lokalt respektive centralt
- Utrustning och kommunikation
- Historik, användning och leverantörer
- Omdöme

Observera de dominerande leverantörernas intressen i de olika systemen:

Siemens: Marknadsför Scoot och Motion, samt utvecklar ACS Lite åt FHWA

Peek: Marknadsför Scoot och Utopia/Spot. Tidigare även inblandad i AUT

Swarco: Marknadsför Utopia/Spot, men licensrättigheterna i Norden är omtvistade

Detta kapitel behandlar de fyra mest kommersiellt framgångsrika systemen (Scoot, Scats, Utopia/Spot och Motion).

### 5.1 Scoot (Storbritannien)

Scoot är ett de två kommersiellt mest framgångsrika adaptiva systemen som sedan slutet av 1970-talet finns tillgängligt på världsmarknaden. Scoot används i minst 10.000 korsningar i mer än 100 städer på minst fyra kontinenter. Vissa system är stora (London 3.000 korsningar, Santiago 1.500 korsningar), medan många är små med typiskt 20 – 30 korsningar. Förkortningen står för Split, Cycle, Offset, Optimisation Technique vilket till viss del avslöjar programmets arbetssätt som bygger på Transyt. Framräkningen av ny tidssättningen i korsningarna sker stegvis genom att:

1. Vid varje lägesväxling bestämma om gröntiden kan kortas eller förlängas med upp till tre sekunder
2. Tillåta en viss total ökning av omloppstiden per omlopp beroende på belastningsgrad
3. Var 5 – 10:e minut beräkna en ny optimal offset

Resultaten blir en gradvis förändring av styrningen vilket gör systemet stabilt och garanterar samma omloppstid i alla korsningar (viss så kallad "double cycling" kan tillåtas). Nackdelen är att vid mer eller mindre normala variationer i trafik från omlopp till omlopp så kan Scoot maximalt ta igenom ett eller två extra fordon genom en lokal anpassning. Systemet skulle må bra av att införa fråntider enligt svensk modell. Av samma anledning blir kraftfull bussprioritering svårt att införa med dessa begränsningar. Man har till och med provat den brittiska optimerande oberoende styrningen Mova i samordnade system och har därvidlag kunnat prestera bättre resultat än Scoot!

Inom ett europeiskt utvecklingsprojekt genomfördes en genomgripande förändring av logiken i Scoot och från cirka år 2000 finns bussprioritering med i algoritmen. Den bygger på förlängning och avkortning av lägen som kan vara större än de tre sekunder som tidigare utgjorde flexibiliteten för lokala avvikelser. Storleken på tillåten avvikelse ges som en funk-

tion av belastningsgraden och utvärderingen från London och Southampton visar på klart positiva effekter för kollektivtrafiken. Med 100 - 200 busspassager per timme tycker de brittiska väghållarna att det räcker om 20 – 30 % av bussarna ges prioritet, dvs endast de bussar som ger liten påverkan på tidsättningen kan påräkna prioritet. Om sedan prioritetsanropen från bussarna baseras på avståndet till framförvarande buss så erhålls goda effekter för kollektivtrafiken utan att stöningarna blir för besvärande för den Transytbaserade tidsättningen i Scoot. Med andra ord: Enbart sena och icke störande bussar ges prioritet.

Vidareutvecklingen av Scoot pågår kontinuerligt. Utöver de funktioner för bussprioritering som nämns ovan gäller det bland annat överbelastning, incidenthantering (programvaran Ingrid) och kopplingen mot övergripande system (programvaran Astrid).

Scootinstallationer finns över hela världen och utgör tillsammans med Scats säkert 80 % av marknaden för adaptiva system. Ett flertal väl genomarbetade utvärderingar finns dokumenterade i litteraturen. Det poängteras tydligt att installation och intrimning bör genomföras av erfaren personal från de större leverantörerna.

Scoot utvecklades av TRL bekostat av staten. Scoot togs senare över av tre brittiska leverantörer, numera två, närmare bestämt Peek och Siemens. Mer och omfattande information om Scoot finns på dess officiella hemsida <http://www.scoot-utc.com/>

## 5.2 Scats (Australien)

Sydney Co-ordinated Adaptive Traffic System (Scats) är som framgår av namnet ett system framtaget av en väghållare i Australien. Detta gjordes vid ungefärligen samma tidpunkt som Scoot utvecklades i England, dvs i slutet av 1970-talet. Scats använd i mer än 11.000 korsningar i mer än 50 städer på minst fyra kontinenter. Den största finns i Sydneyregionen med totalt 2.500 korsningar. Den enda installationen i Europa är Dublin där 250 korsningar styrs med Scats.

Till skillnad mot Scoot har Scats ingen matematiskt optimeringsfunktion i sin kärna. I stället består beräkningarna av mer heuristiska regler och funktioner som avgör lämplig tidsättning. Scats är hierarkiskt uppbyggt men den centrala nivån används endast för övervakning och programmering. Ett större Scatsområde på 100 - 150 anläggningar kan vara uppdelat i 10 - 15 undersystem som fungerar oberoende av varandra, vilket i stort liknar den uppdelning av samordnade trafiksignaler som normalt görs av trafiktekniska skäl.

Fyra olika fördefinierade ("background plans") gröntidsfördelningar utgör grunden för tidsättning i varje signalreglerad korsning, men valet av den mest lämpliga fördelning gör av den dimensionerande korsningen. Alla tillfarter har en detektor per körfält som dels kan förlänga grönt, dels kan förmedla aktuellt trafikflöde till den taktiska nivån som beräknar en lämplig maxtid till nästa omlopp. Beräkningen genomförs för alla korsningar i ett delsystem där belastningsgraden i den dimensionerande korsningen avgör omloppstiden och lämplig offset till omkringliggande anläggningar. De underordnade anläggningarna har minst ett läge som ständigt är anmält och övriga lägen går in på anmälan.

Scats kan förenklat uttryckt sägas bestå av trafikstyrda programval men med dynamisk omloppstidsberäkning och trafikstyrda framtider. Bussprioritering används i många Scatsinstallationer, men prioriteten i Scats är inte så kraftfull och genomtänkt som i till exempel Utopia/Spot.

Vid sidan av Scoot är Scats det adaptiva system som fått störst spridning i världen. Vissa jämförelser med Scoot (Singapore och Hongkong) visar att det australiensiska systemet ger mindre fördröjningar. Ingen aktiv markandsföring av systemet pågår i Europa varför det kan vara svårt att införa Scats på en mindre marknad som den svenska.

### 5.3 Utopia/Spot (Italien)

Under ledning av professor Vito Mauro vid Mizar Automazione Spa i Turin i Italien inleddes i slutet av 80-talet utvecklingen av ett integrerat system med intelligenta trafiksignaler, kollektivtrafikprioritering, trafikantinformation mm (Utopia). Den kanske viktigaste delkomponenten är den "intelligenta korsningen" som togs fram i början av 90-talet under namnet Spot<sup>7</sup>.

Utopia/Spot finns framförallt i Italien, Rom (350 korsningar), Turin (140), Bologna (130), Milano (60), Trento, Messina, la Spezia, Perugia och Foggia. Utopia/Spot finns vidare i Norge, Nederländerna, Danmark, Finland och Polen. Totalt cirka 20 städer med cirka 800 korsningar.

Den bärande tanken bakom systemet är att tillåta lokala avvikelser i styrningen av samordnade trafiksignaler. I stället för en fast centralt bestämd tidsättning så sker samordningen genom intelligent länkning av trafiksignalerna. Spot kan liknas vid en erfaren och kvicktänkt trafiktekniker som via radio kommunicerar med sina lika duktiga kollegor i angränsande korsningar. I varje sekund bestämmer de bästa möjliga tidsättning för att hålla nere trafikantkostnaderna.

Utopia/Spot kommunicerar inte bara med den centrala nivån i samordningen och med korsningens detektorer, utan även med närliggande korsningar och med kollektivtrafikens trafikledningssystem om sådant finns. Utopia/Spot minimerar lokalt i korsningen en objektsfunktion. Eftersom objektsfunktionen innehåller flera olika termer kan man genom att ändra på parametrar välja vilka effekter som ska få störst tyngd, t ex för att förbättra framkomligheten eller minimera miljöstörningar. Korsningarna anpassar sig därför väl till rådande trafikförhållanden.

Utopia/Spot är från början utvecklade för att prioritera kollektivtrafiken, vilket ger möjlighet att gradvis öka framkomligheten för bussar och spårvagnar som halkar efter tidtabellen. Under högtrafik eller vid störningar i kollektivtrafiken kan man undvika hopklumpning av bussar genom selektiv prioritet. Samordning av trafiksignaler med Utopia/Spotstyrning ger möjlighet att utnyttja en tidig anmälan, typiskt 60 - 100 sekunder innan fordonet kommer till stopplinjen, för att glida inom samordningen och låta gröntidsfördelningen mjukt anpassas till bussens ankomst till stopplinjen. Det kräver en god prognos, vilket ofta är svårt om hållplatser ligger nära den signalreglerade korsningen. Utopia/Spots förmåga att lokalt avvika kraftigt från en referenstidplan gör att styrstrategin är väl lämpad för kollektivtrafikprioritering.

Till skillnad mot nordisk trafiksignalstyrning, som baseras på signalgruppsstyrning, optimerar Utopia/Spot tidsättningen på fasnivå i den signalreglerade korsningen. Det innebär en stelare form av styrning som kan ha negativa effekter på bl a framkomligheten i korsningen. Speciellt

---

<sup>7</sup> Tidigare benämndes hela systemet för Spot i Sverige. Utomlands är det vanligare att kalla systemet Utopia. I denna rapport skriver vi Utopia/Spot där således Utopia är programvaran på central nivå och Spot är programvaran i korsningen. På en högre nivå finns Matrix som handhar strategiska frågor i ett större nätverk.

vid prioritering av kollektivtrafik ställs stora krav på flexibilitet i signalens funktionssätt. Ett av målen i vidareutvecklingen av Utopia/Spot de senare åren har varit att introducera en ökad flexibilitet genom att tillåta olika sekvensval. Val av fasföljd sker genom heuristiska beslutsregler baserad på anmälda signalgrupper, varefter mintiden för varje fas delvis bestäms av mintiderna för de i fasen ingående signalgrupperna. Denna lösning innebär inte fullt ut signalgruppsstyrning men det steget borde kunna införas utan större principiella förändringar. Se vidare i kapitel 10.

Gränssnittet mellan Spot och styrapparaterna finns som parallellinterface, vilket är både dyrt och relativt krångligt att installera, eller som ett seriellt gränssnitt. På sikt kommer ett TCPIP-baserat gränssnitt.

Även Utopia/Spot vidareutvecklas kontinuerligt. På senare år har det tillkommit funktioner som gör att styrningen delvis närmar sig signalgruppsstyrning och funktioner som gynnar små korsande flöden av till exempel fotgängare. Tyngdpunkten inom utvecklingen har dock legat inom hårdvara och datakommunikation, inte inom trafiktekniken. Det har mest handlat om att integrera Utopia/Spot inom Peeks produktsortiment.

## 5.4 Motion (Tyskland)

Motion är det nyaste systemet av de fyra system av adaptiv styrning som används i större omfattning i världen. Motion används i drygt 200 korsningar i 8 städer (2003). Närmare bestämt Köpenhamn, Odense, Köln, Stuttgart, Bremen, Graz, Prag och Pireus. Flera installationer ska enligt uppgift göras under 2004.

Motion saknar liksom Scats en matematisk optimerande styralgorithm. I stället för ren optimering bygger Motion på successiva iterativa heuristiska steg. Detta kan sägas vara en svaghet, men detta kompenseras av att Motion innehåller mycket trafikteknisk erfarenhet och kunskap. Även i detta hänseende påminner Motion om Scats.

Motion beräknar centralt var 15:e minut fram en gemensam omloppstid (normalt i steg om 5 s) för ett helt område baserat på mest belastad korsning. Därefter beräknas för varje korsning gröntidsfördelning, fasföljd och offset. Det rör sig om beräkningar för faser, inte för signalgrupper. I modernare versioner av Motion kan dessa beräkningar göras oftare, ner till var femte minut. Detta är möjligt eftersom ett nytt verktyg (Stretch) möjliggör mer glidande tidplanebyten.

För att kunna göra dessa beräkningar har Motion en trafikmodell som beräknas var 90:e sekund. Trafikmodellen är inte lika detaljerad som den som till exempel Scoot och Utopia/Spot har. En speciell finess är att trafikmodellen estimerar fordonens vägval genom systemet.

Till styrapparaterna skickas kontinuerligt styripulser. På lokal nivå kan korsningarna göra avvikelser från den gällande tidplanen. Dels som lokal fordonsstyrning, dels som lokal bussprioritering. Eftersom dessa avvikelser inte beaktas i de centrala beräkningarna bör de inte vara alltför stora. Bussprioriteringens effektivitet begränsas av att den främst sker på lokal nivå.

En stor del av styrningen sköts centralt i ett speciellt system (Migra) från Siemens som även omfattar driftsövervakning med mera. I korsningarna krävs att man har styrapparater med

Ocit-protokoll. Det vill säga i dagsläget en tysk styrapparat (Siemens, Dambach eller Huber). Datakommunikationen använder Ocit, eller äldre Siemensprotokoll om man skulle önska det.

Motion använder normalt vanliga slingor. Ofta placerade ca 150 m och 50 m från stopplinjen.

Motion utvecklades under 1990-talet. De första installationerna gjordes i Köln (1996) och Pireus (1998). Den enda leverantören av systemet är Siemens, men andra tyska styrapparater kan således användas. Observera att Siemens aldrig har etablerat sig på den svenska marknaden.

Det redovisas resultat från användning av Motion i olika städer. Effekterna tycks vara likvärdiga som för andra system. En stor skillnad mot andra system är att Motion utvecklas snabbt. Motion är betydligt yngre och stöds av den dominerande leverantören på världsmarknaden, Siemens. Detta hindrar dock inte Siemens att parallellt marknadsföra Scoot och vara huvudansvarig för utvecklingen av ACS-Lite i USA.

## 6 Övriga system i Europa och Australien

### 6.1 Bliss (Australien)

Bliss står för Brisbane Linked Intersection Signal System vilket också avslöjar vilken väghållare som varit med under utvecklingen. Systemet är främst ett hierarkiskt övervakningssystem men tillåter ett intelligent val av en mängd tidplaner för olika delområden och tidpunkter.

Australiensiska trafikexperter med erfarenhet av både Scats och Bliss anser att Bliss är mer robust och stabilt men inte lika adaptivt som Scats. Slutsatsen blir att Scats är bättre under låg- och mellantrafik, men vid överbelastning blir resultatet ungefär lika. Troligen utvecklades systemet i Brisbane av provinsiella skäl och närvaro av ett lokalt utvecklingsföretag som finns i staden (SAAB). Under de senare åren har även bussprioritering inkluderats i den lokala styrheten. Installationer har även gjorts på Nya Zeeland och i Malaysia.

### 6.2 AUT (Sverige)

I slutet av 1980-talet inleddes ett samarbete mellan Vägverket, EB Traffic AB (nuvarande Peek Traffic AB) och VTI i syfte att ta fram en enklare version av det engelska Scootsystemet. Precis som in engelska förebild baseras beräkningen av ny tidssättning i de samordnade trafiksignalerna på Transyt, men resultatet blir inte ett adaptivt realtidssystem utan en gradvis uppdatering av fasta tidplaner som är aktiva vid olika tidpunkter under dygnets timmar. En viktig orsak till att AUT utvecklades var att EB Traffic AB inte hade Scoot som produkt.

En typisk installation av AUT skulle därför inte anpassa tidssättning sekund för sekund för att i stället "off-line" beräkna nästa veckas olika samordningsprogram och därigenom ta hänsyn till långsiktiga förändringar, ex årstidsvariationer, i trafikarbetet. Problemet med föråldrade tidplaner och trafiktekniskt underhåll av större samordnade system skulle minska.

AUT, och vissa kringverktyg för indata och presentation, installerades och driftsattes i början av 1990-talet längs E4:an i Uppsala. Endast en del uppdateringsfunktionerna aktiverades men vissa positiva effekter på både framkomlighet och emissioner kunde skattas. Systemet fick ingen spridning utanför Uppsala och är inte längre i drift. Orsaken till det svala intresset från andra väghållare har flera orsaker, främst avsaknaden av aktiv bussprioritering gjorde att väghållarna blev intresserade av andra system (ex Pribuss, Utopia/Spot).

### 6.3 Prodyn (Frankrike)

I Frankrike utvecklades i mitten av 90-talet ett system som var påfallande likt Utopia/Spot i sin principiella utformning. Det saknade inledningsvis bussprioritering och fick inte samma inhemska spridning som den italienska motsvarigheten.

Prodyn var länge en forskningsprodukt samt användes i utvecklingsprojekt och det var först i slutet av 90-talet som ett belgiskt företag (Macq Electronic) inledde en kommersialisering. Förutom experimentområdet i Toulouse (ZELT) har systemet levererats till staden Namur i Belgien där 14 anläggningar har installerats. Prov har även genomförts i Bryssel inom ramen

för ett EU-projekt. Utvärderingar visar på förbättrad framkomlighet men jämförelserna haltar för att det är svårt att få klarhet i vilka referenssystem som använts.

#### **6.4 Fuzzy logic (Finland etc)**

En från nordisk synpunkt intressant utvecklingslinje handlar om möjligheten att använda olika typer av artificiell intelligens vid realtidsstyrning av trafiksignaler. I Sverige försökte att flera företag (Allogg, HiSafe) i mitten av nittio-talet att lägga olika AI-metoder för detektoranalys och tidssättning.

Under samma period inleddes ett forskningsarbete vid Tekniska Högskolan i Helsingfors (HUT) under ledning av Jarkko Niittymäki - som sedermera doktorerade i ämnet - där "fuzzy control" algoritmer används i signalerna. Typiskt för metoden är att använda flytande och mänskliga begrepp som beslutskriterier för att beräkna lämpliga lägesföljder och gröntidsförlängning.

Med hjälp av simuleringsteknik har logikerna för "fuzzy control" finslipats och efter några års grundläggande forskningsarbete i slutet av 90-talet inleddes fältförsök i oberoende anläggningar år 2000. Resultaten är lovande och en produktifiering av konceptet har genomförts men antalet referensanläggningar är fortfarande få. I stället har forsknings- och utvecklingsarbetet det senaste året inriktats mot att klara samordnade system, vilket är betydligt mer komplicerat. En prototyp, som dock inte innehåller funktioner för beräkning av nya offsets, kommer att testas i Tammerfors under 2004. Utfallet från detta prov bör följas noggrant. Man måste dock observera att det rör sig om en universitetsprodukt.

Prov och utveckling av Fuzzy logic pågår även i andra länder, men då främst för oberoende styrning.

#### **6.5 TUC (Tyskland etc)**

I slutet av 1990-talet utvecklades ett nytt koncept för adaptiv styrning kallat Balance i ett EU-projekt (Tabasco). Idéerna har genom några av de deltagande parterna vidareutvecklats de senaste åren och går nu under namnet TUC. Dess egenskaper karaktäriseras av områdesstyrning och speciella funktioner för överbelastade situationer, exempelvis genom att i realtid strypa inflödet av trafik flera korsningar uppströms en flaskhals (jfr Utopia/Spot). Vidare används samma omloppstid i hela systemet ("double cycling" tillåts) och viss trafikstyrd gröntidsfördelning.

Kollektivtrafikprioritering fanns inte från början, men har senare införts. Den är begränsad, dels genom att enbart gröntidsförlängning eller avkortning av konflikterande grupper tillåts, dels genom vissa tröskelvärden för belastningsnivån i konflikterande tillfarter ej får överskridas. Det är oklart hur kärnan i tidssättningen, dvs omloppstidsberäkningen och offset, påverkas av prioriteringen. Då varje korsning bara kommunicerar externt en gång per omlopp torde störningen i samordningen i samband med prioritet bli allvarlig.

TUC installerades först i sex anläggningar i Glasgow i början av 2000 där den speciella funktionen för överbelastning ökade trafikflödet/kapaciteten enligt uppgift med 23 % och samtidigt minskade fördröjningarna.

Ytterligare installationer har gjorts i Chania (Grekland), München och Southampton. Tekniska svårigheter har gjort att den tyska utvärdering inte är klar men i England genomfördes en omfattande utvärdering där TUC jämfördes med Scoot. De första resultaten visade inte på någon större skillnad i jämförelsen med Scoot men i en senare försöksomgång minskade res-tiderna (obs ej fördröjningar) med upp till 25 %! Den allra senaste mätningen från november 2003 visade dock att skillnaderna mellan systemen var ganska små.

## 6.6 Övriga

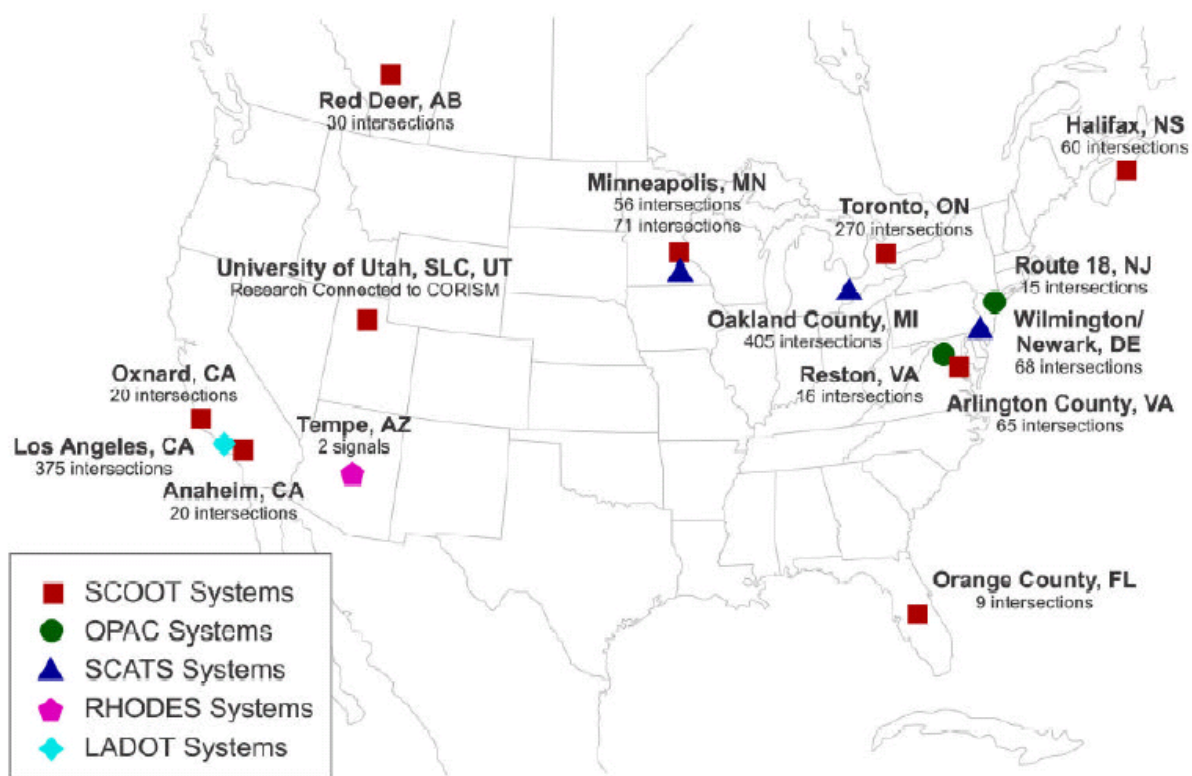
Det finns ett flertal andra system, exempelvis det spanska systemet Itaca som kom i början av 1990-talet och som rön-te ganska stor uppmärksamhet i Norden. Itaca nådde aldrig någon spridning. Flera universitet har även publicerat olika förslag till algoritmer. Det är dock en lång väg att gå från algoritm till färdig produkt. Det bedöms inte som relevant att i en översiktlig rapport som denna gå djupare in på hur dessa system fungerar och eventuella orsaker till att de inte har blivit kommersiellt tillgängliga.

## 7 Amerikanska system

En av de största marknaderna för adaptiv styrning finns i USA och Kanada. De flesta installationerna har Scoot och Scats som beskrivs i andra kapitel i denna rapport. Totalt cirka 1.000 korsningar i 14 städer (Enligt TRB 2001). 1.000 korsningar är mycket ur ett svenskt perspektiv, men i och med att det finns så många samordnade trafiksignaler i USA innebär det att andelen som har Scoot eller Scats är ganska låg.

Det finns även flera inhemska system utöver Scoot och Scats. De beskrivs enbart kortfattat i denna rapport eftersom de:

- Inte i något fall har använts utanför USA. Och även i USA används i begränsad omfattning, totalt bara cirka 40 korsningar
- Är anpassade till den med nordiska mått mätt mycket primitiva samordningsfilosofi som gäller i USA och Kanada
- Är enbart anpassade för den amerikanska Nemastyrapparatstandarden



Figur: Adaptiva system i USA 2001. Scoot och Scats dominerar med vardera drygt 500 korsningar. Scoot finns dock i 9 städer medan Scats bara finns i 3 städer. Observera att Ladot i Los Angeles (375 korsningar) inte kan betecknas som ett riktigt adaptivt system

De amerikanska systemen är:

- Opac – Optimization Policies for Adaptive Control. Utvecklat av Farradyne. Används i 31 korsningar i två städer (2001)
- Rhodes – Real-Time Hierarchical Optimized Distributed and Effective System. Säljs av Siemens USA. Används i två korsningar i en stad (2001)

- Ladot – Los Angeles Department of Transportation adaptive system. Används i 375 korsningar i Los Angeles, men kan inte betecknas som ett riktigt adaptivt system
- ASC-Lite – Adaptive Control Software. Under utveckling av Siemens på uppdrag av FHWA. Ännu inte i drift

Dessutom finns det andra amerikanska system. Dessa behandlas inte alls i denna rapport eftersom de antingen säger sig vara adaptiva, men som enbart är inriktade på aertials<sup>8</sup>, eller används i mycket liten skala. Vissa av dessa system är redan nedlagda. Exempel på denna typ av system är ATCS, RTACL, Realband, Gascap, Cars, ATMS, Trac, QuicTrac, StreetWise och Adapt.

## 7.1 ASC-Lite kommer på sikt

Det pågår utveckling av ett nedskalad billigt system under ledning av FHWA under namnet ACS-Lite. ASC-Lite är tänkt att ingå i NTCIP-arkitekturen. Bakgrunden till ASC-Lite är att FHWA anser att användningen av adaptiv styrning är alltför liten i USA. Väghållarna anser att adaptiv styrning är alltför dyr (70 % enligt undersökningar) och dessutom tvekar vissa (40 %) på att adaptiv styrning är bättre än konventionell styrning. Adaptiv styrning är även känslig för problem med datakommunikation och detektorer, samt anses vara svår att förstå, konfigurera och underhålla.

FHWA initierade 2002 därför utvecklingen av ASC-Lite. En första rapport ska vara klar i mars 2004. Systemet utvecklas av Siemens. Värt att notera att Siemens i sin produktkatalog redan har såväl Scoot, Motion som Rhodes. Även Peek är med i projektet, men på en mindre framskjuten position. I det nu pågående första skedet utvecklar man bara för aertials, inte för nätverk. Det är inte heller en fullständigt adaptiv styrning som utvecklas, utan snarast kanske ett intelligent tidplaneval. Med tanke på dessa begränsningar är ASC-Lite inte relevant för svenska förhållanden.

## 7.2 RT-Tracs som överrock

Flera amerikanska system är rena styralgoritmer som körs under den standardiserade programvaran RT-Tracs som kanske kan sägas vara en del av den amerikanska Nemarkitekturen. Enligt Nemastandarden är i princip alla amerikanska styrapparater så standardiserade att man kan använda exakt samma programmering i styrapparater av olika fabrikat. Även kontaktdon för inkoppling av kablar och annat är hårt standardiserat.

RT-Tracs innebär en fullt distribuerad intelligens där inte mer än nödvändigt förs upp på central nivå. RT-Tracs omfattar framförallt en central programvara (kallad Mist) med datakommunikation, databaser och kommunikationsinterface. Den innehåller även expertsystem för att ta fram strategival. RT-Tracs kommunicerar med de lokala styrapparaterna vilka i sin tur innehåller sin normala programvara, samt en adaptiv styrstrategi. Den adaptiva styrstrategin kommer från olika leverantörer.

Ett problem med RT-Tracs är att utveckling och utprovning fortfarande pågår.

---

<sup>8</sup> Aertials är den amerikanska termen för en väg med trafiksignalreglerade korsningar, ofta en infartsled. Man skiljer på aertials och nätverk (grid). Nätverk är ofta korsningar i mer stadsliknande miljö

### 7.3 Opac

Opac är ett distribuerat system. Systemet optimerar gröntidsfördelning, omloppstid och offset gentemot en målfunktion som innehåller fördröjning och stopp. Opac använder inga referens-tidplaner. Förändringar i styrningen görs med tidsintervall på 1 - 2 s. Offset förändras dock bara en gång per omlopp. Alla korsningar behöver inte ha samma omloppstid, utan den kan variera fritt både i tid och rum. Alla förändringar kan göras snabbt, samtidigt som onödigt ”fladder” undviks. Opac innehåller viss bussprioritet (preemption). Detektering och trafikmodeller uppvisar stora likheter med till exempel Utopia/Spot.

Opac började utvecklas redan i slutet av 1970-talet. Från början kördes Opac självständigt, men kan numera med fördel köras under RT-Tracs. Man har hunnit genom sex olika allt bättre versioner och använder nu Opac V. Opac används (2004) i Reston, Virginia i 16 korsningar och på Route 18, New Jersey i 15 korsningar, samt i några oberoende korsningar i Arlington, Virginia och Tuscon, Arizona. Tidigare har Opac även använts i ett antal försöksinstallationer.

Man kan sammanfattningsvis säga att Opac verkar vara ett modernt adaptivt system med prestanda som bör kunna likna Utopia/Spot. På ett sätt verkar Opac bättre än Utopia/Spot. Opac innebär nämligen inte ren fasstyrning utan klarar att flexibelt lägga in alla tänkbara kombinationer av vänstersvängsstyrning (lead/lag phasing). Problemen är att Opac helt är utvecklat för amerikanska förhållanden och bara används i två städer med totalt ett trettiotal korsningar.

### 7.4 Rhodes

Rhodes är ett hierarkiskt system med tre nivåer. Det finns en dynamisk nätverksnivå som modellerar de långsamma nätverkseffekterna (fordon/h), en nätverksflödesmodell som allokerar gröntider (kolonner och kolonnhastighet), samt en korsningsnivå som sköter den detaljerade styrningen (håller ordning på individuella fordon). På korsningsnivå använder Rhodes dynamisk programmering. Enligt egen uppgift är Rhodes optimering mer avancerad än den som används i Utopia/Spot och Prodyn. Rhodes minimerar fördröjningarna i systemet. Rhodes bygger på en distribuerad intelligens och utnyttjar inte referens-tidplaner. Detektorer används i tillfarterna i respektive körfält och ibland vid stopplinjerna. De sistnämnda för att verifiera trafikmodellen.

Från början kördes Rhodes självständigt, men kan numera med fördel köras under RT-Tracs. Rhodes används (2001) enbart i två korsningar i Tempe, Arizona.

### 7.5 Ladot

Ladot har utvecklats av personal på Los Angeles Department of Transportation. Även det är ett distribuerat system. En prototyp togs i drift 1996. År 2001 var inte mindre än 375 korsningar i drift. Utifrån tillgänglig litteratur är det mycket tveksamt att benämna Ladot adaptiv styrning. Det verkar snarare handla om att välja tidplan utifrån ett bibliotek av ett fåtal tidplaner. Dessutom främst för ”aerials” och inte nätverk.

## 8 Effekter och val av system

I detta kapitel redovisas olika resultat av mätningar rörande effekter av adaptiv styrning. De flesta resultat handlar om Scoot. Man kan anta att andra system visar liknande resultat. Modernare system med fler frihetsgrader kanske något bättre resultat?

### 8.1 Effekter av adaptiv styrning

#### 8.1.1 Omloppstid

Normalt har optimerande styrning en tendens till att sänka omloppstiden. I en traditionell samordning med olika tidplaner måste respektive tidplan vara anpassade till maxtimmen eller kanske till och med maxkvarten. En morgontidplan som ska styra trafiken kl 7.00 – 9.30 måste därför vara anpassad efter maxtimmen som kanske infaller kl 8.00 – 9.00. Styrningen tar inte heller hänsyn till årstidsvariationen eller till skollov. Omloppstiden blir därför normalt för lång under en stor del tiden. Lång omloppstid drabbar framförallt korsande trafik. Såväl biltrafik, cykeltrafik som gångtrafik.

I vissa fall, till exempel vid proven i Norrtullsområdet, ökar dock omloppstiden vid adaptiv styrning. Detta är troligen en generell tendens för adaptiv styrning i samband med överbelastning, men denna effekt förstärktes i Norrtullsområdet av en dålig programmering.

#### 8.1.2 Framkomlighet, bilar

Det är svårt att utifrån de jämförelser man finner i litteraturen bestämma sig för vilket adaptivt system som är bäst. I detta kapitel görs ett försök att göra jämförelser, men det är mycket ”äpplen och päron” som jämförs.

#### Objektiva resultat?

De bästa utvärderingarna som finns är brittiska utvärderingar av Scoot. Att just Scoot har utvärderats bäst beror troligen inte på att Scoot skiljer sig så mycket i prestanda, utan på den gediget vetenskapliga tradition som finns inom trafiktekniken i Storbritannien. Dessutom är Scoot utvecklat av ett världsledande forskningsinstitut, inte av ett kommersiellt företag. Utvärderingar i sex olika brittiska städer<sup>9</sup> visar på stora förbättringar med Scoot i jämförelse med traditionell styrning. Reduktion i restid med i medeltal 5 % och reduktion i fördröjning med i medeltal 14 %. Spridningen mellan olika installationer och olika tider på dagen är dock stor. Bästa resultatet erhöles i Worcester under eftermiddagsrusningen med 11 % minskning i restid. I något enstaka fall (morgonrusning Glasgow) erhöles ett negativt resultat. Man måste observera att de samordningar som man här jämför med inte har fråntider och andra nordiska styrprinciper. Å andra sidan är de brittiska tidplanerna av mycket hög kvalitet och framtagna med ett av de allra bästa datoriserade projekteringsverktygen, Transyt.

Andra utvärderingar av Scoot visar på liknande resultat. I Toronto reduktion i restid med 8 % respektive fördröjning 17 %.

---

<sup>9</sup> Wood, 1993

### Kanske glädjesiffror?

Vissa utvärderingar (ofta av andra system än Scoot) visar på betydligt bättre resultat. 16 % reduktion i restid i Oakland med Scats, 17 % reduktion i restid i Eindhoven med Utopia/Spot, 15 % reduktion i restid i Oslo med Utopia/Spot och så vidare. Dessa resultat är inte alltid lika trovärdiga som de brittiska resultaten och bör betraktas med viss försiktighet. Att man har uppnått så bra resultat kan i stället för att dessa algoritmer skulle vara så väldigt mycket bättre än Scoot även kunna bero på:

1. Dålig samordning i förstudien. Kanske inte gjord med Transyt och kanske inte uppdaterad på många år?
2. En omprioritering från tvärgator med lite trafik till huvudgator med mycket trafik. En sådan omprioritering skulle även kunna göras i en konventionell samordning
3. Få korsningar. I vissa små system kan man få mycket stora positiva effekter. Medan effekten i större system med mer varierande korsningar inte bör bli lika stor
4. Att man inte har mätt restider i alla rutter, utan bara i ett begränsat antal rutter. Kanske bara utmed de större gatorna? Bra mätningar måste ta hänsyn till alla reserelationer, även insvägande trafik
5. Diskutabla definitioner på fördröjning i de fall det är fördröjningar som redovisas. Det gäller bland annat hur man hanterar hastighetsänkningar beroende på korsningsgeometri. Reduktioner i fördröjning bör därför betraktas med försiktighet. Restid är ett mer lättdefinierat mått än fördröjning
6. Att utvärderingarna ofta görs av dem som installerar systemet. Detta kan leda till vissa problem med objektiviteten eftersom man gärna vill visa upp goda resultat. Man kan ha en tendens att förringa problem
7. I de tidiga Scootutvärderingarna som redovisas ovan har man inte bussprioritet. Vid vissa av de andra utvärderingarna (Oslo av dem som nämns ovan) har man samtidigt som man har introducerat adaptiv styrning även introducerat bussprioritering. I sådana fall borde potentialen att förbättra för biltrafiken minska

Proven med Utopia/Spot på Kungsholmen i Stockholm visade tydligt hur mycket bättre den befintliga samordningen kunde göras med små arbetsinsatser. Betydligt mindre arbetsinsatser än att trimma in Utopia/Spotstyrningen. Dessutom visade proven på Kungsholmen, liksom andra projekt, att det är svårt och dyrt att utvärdera effekterna av adaptiv styrning genom mätningar ute i trafiken.

### 5 – 10 % reduktion av restid är inte att leka med

*I den fortsatta framställningen antas att införande av adaptiv styrning i medeltal förkortar restiderna<sup>10</sup> med 5 % - 10 %. Att man kan nå högre än de 5 % som nämns för Scoot ovan motiveras av att de utvärderingarna gjordes på tidigare Scootversioner och att andra system (i alla fall teoretiskt) är mer avancerade och kan nå bättre resultat. Dessutom bör man väldigt ofta kunna få en ytterligare förbättring på i storleksordningen 5 – 10 % reduktion i restid eftersom få samordningar är nyuppdaterade på bästa möjliga sätt. Den totala vinsten skulle*

---

<sup>10</sup> I detta kapitel används konsekvent restid och inte fördröjning när förbättringspotentialen diskuteras. Om restiden reduceras med 10 s minskar givetvis även fördröjningen med 10 s. Men man uttrycker normalt dessa storheter i procent. Antag att restiden utan annan fördröjning än den geometriska fördröjningen är 60 s. Om den ursprungliga trafikala fördröjningen dagtid är 30 s innebär en förbättring med 10 s att restiden minskar med 11 % medan fördröjningen minskar med 33 %. Om den ursprungliga fördröjningen under rusningstid är 60 s innebär en förbättring med 10 s att restiden minskar med 8 % medan fördröjningen minskar med 17 %. Effekten på fördröjning varierar således mycket mer än effekten på restid.

*därför kunna bli 10 – 20 % reduktion i restid.* Men observera att hälften av vinsten behöver man inte ha optimerande styrning för att få. Det räcker att bedriva trafikteknisk tillsyn till en bråkdel av kostnaden.

Man måste tänka på att spridningen är stor. I vissa system får man stora effekter, i andra små. Under viss tid på dagen kan man få stora effekter, under andra tider på dagen kan man få små effekter. I vissa fall kan man till och med få negativa effekter.

Man måste även observera att reduktioner i fördröjning inte alltid innebär att alla får det bättre. En enkel strategi kan vara att ge mer gröntid för genomgående trafik och därmed öka omloppstiden. Detta drabbar korsande trafik, inklusive korsande fotgängare. Även med en konventionell samordning kan man åstadkomma denna omfördelade effekt

En annan faktor som kan reducera den potentiella nyttan med adaptiv styrning är att man i Sverige, till skillnad mot många andra länder, ofta använder fråntider i samordnade system. Detta ökar effektiviteten, åtminstone under icke överbelastad tid. Hur stor nytta man har av fråntiderna är dock inte kvantifierat, men de kan uppskattas som en reduktion av restiden med någon procent.

### **8.1.3 Stopp, bilar**

Enbart i ett fåtal utvärderingar redovisas effekten på antal stopp. Det är olyckligt eftersom antalet stopp skulle kunna öka om man med adaptiv styrning premierar fördröjningsminimering framför stoppandel. Ett ökat antal stopp innebär ökade fordonskostnader och ökade emissioner. Men effekterna på framkomlighet torde väga 5 – 10 gånger högre än effekterna på antalet stopp i en sammanvägning varför effekten på framkomlighet i alla fall är den viktiga

### **8.1.4 Cykeltrafik, fördröjning**

Normalt optimerar adaptiva system utifrån biltrafiken för att åstadkomma gröna vågor. Ett adaptivt system är därför troligen ofta sämre än en traditionell samordning för cykeltrafik utmed en huvudgata. Cykeltrafiken kan nämligen ofta delvis hänga med i de traditionella gröna vågorna. Det går dock alltid (åtminstone i teorin) att låta adaptiva även optimera med avseende på cykeltrafiken. Man har tidigare haft en sådan Scootinstallation i Peking.

De ofta kortare omloppstider som följer med adaptiv styrning gynnar framförallt korsande cykeltrafik.

### **8.1.5 Gångtrafik, fördröjning**

Grundläggande för påverkan på gående är om den optimerande styrningen sänker eller höjer omloppstiden. Normalt minskar omloppstiden vilket gynnar de gående. Det går även att vikta de gåendes behov i optimeringen, samt att begränsa den maximala omloppstiden.

Vid proven med Utopia/Spot på Kungsholmen ökade väntetiderna kraftigt för gående i två friliggande övergångsställen. Detta var dock snarast resultatet av ett fel i algoritmen i Utopia/Spot. Det var intressantast att detta fel i Utopia/Spot uppmärksammades först nu efter mer än 10 års kommersiell drift av systemet.

### 8.1.6 Trafiksäkerhet

Effekten på trafiksäkerhet med adaptiv styrning är svår att bedöma. En traditionell samordnad korsning beter sig förutsägbart utan överraskningar. En adaptiv styrning beter sig mindre förutsägbart vilket kan reducera trafiksäkerheten. Å andra sidan kan vid traditionell samordning vissa trafikanter anpassa sitt beteende efter hur de tror att trafiksignalerna ska komma att göra vilket bör innebära trafiksäkerhetsproblem. Redan införande av bussprioritering i en traditionell samordning har liknande effekter som adaptiv styrning genom att minska förutsägbarheten. Med en adaptiv styrning finns det å andra sidan möjligheter att förbereda korsningar för ankommande bussar så att man slipper att ta till acyklisk fasföljd, återtagen start och andra verktyg som kan påverka trafiksäkerheten negativt. Det är dock svårt att göra detta effektivt om bussföraren säljer biljetter eftersom hållplatstiderna då får alltför stor spridning.

I traditionella samordningar ökar antalet rödljuskörningar kraftigt om man bryter trafiken mitt i en fordonskolonn. Man försöker därför undvika att göra detta. Med adaptiv styrning ökar riskerna för att signalerna växlar till gult mitt i fordonskolonner vilket bör kunna försämra trafiksäkerheten. Med adaptiv styrning öppnar sig å andra möjligheter att packa bilarna i täta fordonskolonner och förhindra så kallade fria bilar. Redan i proven med Utopia/Spot på Kungsholmen kunde sådana effekter uppmätas, trots att man inte avsiktligt hade försökt åstadkomma denna effekt.

Sammanfattningsvis kan man säga att effekterna av adaptiv styrning på trafiksäkerheten kan påverkas av:

- Mer oförutsägbar styrning
- + Mindre risk för inläring och därpå följande felbeteende
- + Möjligheter att förbereda bussankomst
- Kan bryta trafiken mitt i kolonner
- + Möjligheter att hålla ihop kolonner och förhindra fria fordon

Den totala effekten på trafiksäkerheten är svår att bedöma. Trafiksäkerhetseffekterna torde dock vara mer eller mindre försumbara i jämförelse med effekterna på restid.

### 8.1.7 Miljö

Flera av de adaptiva systemen innehåller algoritmer för att beräkna miljöbelastning och även för att begränsa miljöbelastningen på olika sätt. Ett sätt att använda adaptiv styrning är att strypa trafiken in i ett område där emissionsgränsvärden är på väg att överskridas och kanske i stället ställa köerna i ett område med god utvädring och få kringboende.

Man måste skilja på effekterna på växthusgaser, främst CO<sub>2</sub>, som är starkt korrelerade med bränsleförbrukning, respektive andra emissioner såsom NO<sub>x</sub>, HC och partiklar vilka enligt viss forskning inte alls på samma sätt som bränsleförbrukning beror på start/stopp.

I normalfallet är emissionerna starkt korrelerade med antalet stopp. Objektsfunktionen i adaptiv styrning brukar dock vara en sammanvägning av fördröjning och stopp. Fördröjning brukar ha den högsta vikten. Detta kan innebära att adaptiv styrning kan ha en tendens att leda till större emissioner än traditionell styrning eftersom den traditionella styrningen minimerar antalet stopp genom sitt fokus på gröna vågor.

De mätningar som redovisas visar dock i stället positiva resultat rörande emissioner. Proven med AUT (en sorts förenklad Scoot, se kapitel 6.2) i Uppsala påvisade dock positiva miljöef-

fekter. Detta berodde kanske på att man optimerade på miljö och inte på fördröjning. Stoppkostnaden var därför hög i jämförelse med det normala. Brittiska referenser talar om sänkningar av emissioner i storleksordningen 4 – 5 % med Scoot med normala kostnadsfunktioner i jämförelse med en bra intrimmad samordning. Förbättringen är således mindre än med avseende på restid, men ändå betydlig. Med en ökad stoppkostnad visar prov i Glasgow på ytterligare cirka 3 procentenheters reduktion av emissionerna till priset av något ökade fördröjningar.

Det finns tyvärr mycket få mätningar av den adaptiva styrningens effekter på miljön. Sammantaget kan man ändå säga att den adaptiva styrningens effekt på miljön i första hand beror på vilka parametrar man ställer in. ”Man kan få de effekter man vill” genom omfördelningar mellan restid och emissioner.

### 8.1.8 Samhällsekonomi

För att fatta ett beslut om införande av adaptiv styrning bör man göra en samhällsekonomisk kalkyl över lönsamheten. Det visar sig normalt att effekterna på framkomlighet för biltrafik och busstrafik är det som dominerar i en sådan kalkyl. Effekterna på framkomlighet för gående och cyklisterna, trafiksäkerhet och miljö är en andra ordningens effekt som man normalt kan bortse från.

En minskning av restiden på drygt 5 – 10 % låter inte dramatiskt. Om man räknar samhällsekonomiskt på det inser man dock att det i förhållande till kostnaderna är en mycket lönsam investering att satsa på adaptiv styrning. De brittiska referenserna om Scoot redovisar mycket riktigt mycket stora samhällsekonomiska vinster. TRL redovisar<sup>11</sup> i en ambitiös heltäckande rapport en samhällsekonomiskt nytto/kostnadskvot på 8 för Scoot. För varje satsad pund för man tillbaka åtta. En imponerande lönsamhet! Den samhällsekonomiska lönsamheten av att åtgärda de föråldrade tidplanerna är dock än högre.

## 8.2 Nordisk tradition

Den nordiska traditionen för trafiksignalstyrning skiljer sig på många sätt från såväl den kontinentala traditionen som från den brittiska traditionen. Det är därför förenat med vissa svårigheter att importera en styrstrategi från utlandet. Det specifikt nordiska är bland annat:

- Signalgruppsstyrning
- Lhovrstyrning (O + V)
- Snabb styrning på 0,1-sekunds nivå
- En förkärlek för gröna vågor framför fördröjningsminimering
- Bussprioritering

### Signalgruppsstyrning

I Norden använder man sedan många år konsekvent signalgruppsstyrning. Detta innebär att man från signalgrupperna i realtid kan bilda nya ”fasbilder”. Utomlands definierar man däremot fortfarande (såsom vi gjorde till och med 1960-talet) faser och håller sig till dessa. Detta reducerar flexibiliteten och reducerar effektiviteten. I princip alla adaptiva system (inklusive Scoot, Scats, Utopia/Spot och Motion) bygger tyvärr på fasstyrning. Erfarenheten visar att det är svårt att vidareutveckla ett system och få riktigt bra gruppstyrning i ett system utvecklat för fasstyrning. Men det går att komma en bra bit på väg.

---

<sup>11</sup> Perret, K E, et al, Review of the potential benefits of Road Transport Telematics, volume 2: Technical Annex, TRL Report 220, Crowthorne 1996

### **Lhovrastyrning (O + V)**

Redan på 1970-talet utvecklades Lhovra i Sverige och används nu brett. Inom samordnad styrning används framförallt O-funktionen, dels för att minska risken för upphinnandeolyckor, dels för att öka följsamheten gentemot trafiken. Även V-funktionen med variabel gultid används i samordningar för att upprätthålla kapaciteten.

Inget adaptivt system klarar själv O- respektive V-funktion idag. Man ställs därför inför svårigheten om man ska ha dessa funktioner lokalt i styrapparaten, eller om O respektive V behöver lyftas in i den adaptiva styrningen.

### **Snabb styrning på 0,1-sekunds nivå**

De styrapparater som används på den nordiska marknaden arbetar (i princip) på 0,1-sekunds nivå. De adaptiva systemen arbetar ofta på ensekunds nivå, eller ännu långsammare. Man kan i och för sig lägga en del funktioner i styrapparaten, men man missar då en del funktionalitet.

### **Gröna vågor kontra fördröjningsminimering**

Det verkligen svårt för många signalingenjörer är att avgöra om den fördröjningsminimering som många adaptiva system innebär är bättre än de gröna vågor som den traditionella samordningen ger. Det räcker här inte att räkna på fördröjningar och stopp, utan man måste även beakta effekterna på biltrafikens vägval och totalvolym. Inga av systemen för adaptiv styrning klarar detta på lokal nivå, men de som har program för områdesstyrning på central nivå har ofta programvara för att hantera detta.

Dessutom måste man beakta hur bilister subjektivt upplever olika sorters styrning. Bilister uppskattar inte alltid perfekt samordning eftersom det kan innebära att en grönstart fördröjs eftersom kolonnen ska komma lagom till nästa korsning nedströms. Å andra sidan kan den oförutsägbarhet som adaptiv styrning innebär upplevas som negativt av vanebilister som ”kan sina gamla samordningar”.

### **Bussprioritering**

Bussprioritering är på inget sätt ett nordiskt krav. Men man kan se skillnader mellan länder med anglosachsisk tradition där man inriktar sig på fördröjningsminimering och prioriterar relativt försiktigt respektive länder med kontinental tradition som prioriterar kraftigare. En bidragande orsak kan vara att det finns mycket spårvagnar kvar i länder som Tyskland, Nederländerna, Schweiz och Italien medan spårvagnarna nästan helt försvann från Storbritannien och USA innan så kallad ligh rail började komma under senare år. En annan skillnad mellan olika länder är att man i Sydeuropa ofta har bussar med påstigning genom många dörrar där föraren inte har någon kontakt med trafikanterna. Detta leder till en liten spridning i hållplatstiderna vilket kraftigt underlättar prioriteringarna.

På vägar av trafikledskaraktär kan det vara aktuellt att även prioritera lastbilar med hjälp av adaptiv styrning. Dels för de stora samhällsekonomiska kostnaderna det innebär att stoppa ett tungt fordon, dels för att rödljuskörande tunga fordon är farliga. Jämför L-funktionen och L-funktion speciell i Lhovrastyrning.

### 8.3 Tekniska och kommersiella aspekter

Denna rapport handlar framförallt om trafikteknik. Det finns andra viktiga tekniska och kommersiella faktorer att tänka på i samband med adaptiv styrning:

- Hur pass tillförlitligt är systemet? Uppför det sig alltid stabilt?
- Vilken hårdvara används? Går det att använda standardkomponenter eller krävs dedicerad hårdvara?
- Hur kommunicerar utrusningarna? Med standardiserade och öppna protokoll?
- Hur pass integrerad är den adaptiva styrningen och dess kommunikation med övriga styrapparatfunktioner? På gott och ont
- Hur väl utvecklade är alla kringfunktioner som hanterar detekteringsfel, datakommunikationsfel med mera?
- Existensen av en kunnig lokal leverantör. Kan leverantören ge bra support under lång tid?
- Utvecklas systemet? Går det att påverka utvecklingen?
- Hur långlivat verkar systemet kunna bli?
- Hur väldokumenterat och lättarbetat systemet är

Denna rapport kan tyvärr inte gå in i detalj i alla dessa frågor som är minst lika viktiga som trafiktekniska aspekter.

### 8.4 Vilket system är bäst?

Vilket system är då bäst för behoven i Stockholms stad? Nedanstående tabell är ett försök att mycket förenklat jämföra de fyra främsta olika alternativen från kapitel 5. Betygssättningen är subjektiv och de olika kriterierna är inte viktade.

Betygssättningen är:

1 = dålig

2 = acceptabel

3 = bra

	Scoot	Scats	Utopia/Spot	Motion
Matematisk stringens	3	2	3	2
Trafiktekniskt genomtänkt	2	3	2	3
Hantering av detektorfel etc	3	3	3	3
Bussprioritering	1	2	3	2
Anpassad till nordiska krav	1	1	1	1
Används i många länder	3	3	1	2
Kontinuerlig vidareutveckling	2	2	2	3
Kan anslutas till alla styrapparater	2	1	3	1
Flera leverantörer internationellt	2	1	1	1
Svensk leverantör	2	1	3	1
<b>Summa</b>	<b>21</b>	<b>19</b>	<b>22</b>	<b>19</b>

Skillnaderna mellan systemen är relativt små. Scoot och Utopia/Spot ligger nästan jämsides. Om man skulle vikta de olika egenskaperna skulle till exempel bussprioritering få en högre vikt än vissa andra faktorer.

Motions styrka ligger i att systemet stöds av en stor stabil leverantör. Även om systemet inte bygger på matematisk optimering verkar det mycket genomtänkt. Motions svagheter ligger i

att bussprioriteringen inte verkar vara mer än lokal och att Motion i dagsläget inte går att koppla till de styrapparater vi har i Sverige. Kunskapen om Motion är relativt begränsad.

Scats påminner delvis om Motion, men är betydligt äldre och marknadsförs knappt i Europa. Scats är därför av minst intresse för Stockholm utav dessa fyra system.

Scots styrkor ligger i den breda användningen och att man har mer än en leverantör. Svagheter är bussprioriteringen och delvis att systemet är gammalt. Systemet marknadsförs inte heller i Sverige.

Utopia/Spots styrkor är bussprioriteringen, det enkla interfacet och att det finns en svensk leverantör, som dessutom råkar vara den dominerande svenska leverantören, Peek traffic. Utopia/Spots svaghet är att det inte används så brett som två av de andra systemen och att det just nu bara verkar finnas en leverantör i Sverige<sup>12</sup>.

*Eftersom bussprioriteringen är mycket viktig lutar det över till Utopia/Spots fördel som rekommenderat system inom överskådlig tid.*

Eftersom Utopia/Spot här utses till preliminär vinnare kommer kapitel 9 och 10 behandla Utopia/Spot i än mer detalj. Observera att mycket av kritiken mot Utopia/Spot och behoven av förbättringar som tas upp i dessa kapitel beror på att Utopia/Spot är dåligt anpassad till nordiska förhållanden. Troligen har även Scoot, Scats och Motion liknande problem, men vi har inte tillräckligt djup kunskap om deras problem eftersom de inte har provats i Sverige.

Om inte Utopia/Spot hade funnits hade valet i stället blivit Scoot eller Motion. Scoot är världsledande inom området och mycket väl beprövat, men innebär samtidigt klara nackdelar. Framförallt med avseende på bussprioriteten. Motion kan kanske vara mer intressant, men knytningen till Siemens behöver lösas upp. Kunskapen om Motion i Sverige behöver förbättras. Såväl Scoot som Motion behöver anpassas för att bli mer signalgruppsorienterade

---

<sup>12</sup> Även Swarco marknadsför Utopia/Spot i Sverige, men deras rättigheter att göra detta är omdiskuterat

## 9 Utopia/Spot i Norden och Holland

### 9.1 Inledning

Från svensk horisont, och speciellt med hänsyn till Stockholms Stads intresse för Utopia/Spot, kan det vara motiverat att titta närmare på hur införandet och erfarenheterna från olika Utopia/Spotinstallationer har fallit ut i Norden. Ett system som utvecklats i Italien kräver en aktiv lokal närvaro av leverantörer och konsulter som kan ge nordiska väghållare support vid införandet. De nordiska, och till viss del de holländska, väghållarna har liknade behov och använder sig sedan många år av speciell programmeringsteknik till exempel för signalgruppsstyrning i avancerade styrapparater. Då flera installationer, och ännu flera försök, har genomförts i de större nordiska städerna kan vissa slutsatser dras om hur väl Utopia/Spot uppfyller de förväntningar som ställts. Nedan beskrivs dessa erfarenheter i kronologiskt ordning.

### 9.2 Göteborg

Inom ramen för ett EU-projekt blev Göteborg den första staden utanför Italien som provade Utopia/Spot. I Turin hade 30-tal korsningar utrustats för adaptiv styrning enligt Utopia/Spot. Forskare från TFK i Sverige gavs en möjlighet att följa och i viss mån delta i utvecklingsarbetet under första hälften av 1990-talet och ett första system togs i drift 1996 i Göteborg. Det efterföljande året gjordes anpassningar och ett flertal utvärderingar av olika funktioner.

Utvärderingen av framkomlighets- och miljöeffekter gjordes med både simulering och mätbilar som trafikerade provområdet under en viss mätperiod. Ett lämpligt område i form av ett mindre rutnät och en utlöpare hade utrustats sex stycken Spot (Engelbrektsgratan – Berzelii-gatan). Två spårvagnslinjer och ett flertal busslinjer genom området erhöll prioritet dels med traditionell Göteborgsstyrning, dels med Utopia/Spot. Prioriteringen blev något sämre med Utopia/Spot men köerna under rusningstid blev kortare. Simuleringsexperiment genomfördes med bortkopplad prioritet där tidplaner framtagna av Kenneth Steen med hjälp av Transyt jämfördes med ren Utopia/Spotstyrning. Inga signifikanta skillnader kunde uppmätas, men en viktig iakttagelse kunde göras. Utopia/Spot klarade att på ett intelligent sätt avveckla köer och upprätthålla en god länkning under 5-7 omlopp, men kunde sedan under ett omlopp komma helt snett och fick sedan ”städa upp” i de efterföljande omloppen.

Under slutet av 1990-talet utarbetade Trafikkontoret i Göteborg en strategi för ett storskaligt införande av Utopia/Spot. Målsättningen var att ett hundratal korsningar inom några år skulle utrustas med KomFram-detektorer för kollektivtrafikprioritering och trafikräkning, och som även skulle göra det möjligt att använda Utopia/Spot i dessa korsningar. Komfram och dess detektorinstallationer har nu genomförts. Det är därför relativt billigt att även försöka korsningarna med Utopia/Spotutrustning eftersom detektorbestyckningen redan finns på plats. Denna Utopia/Spotutbyggnad går dock långsammare än planerat, främst beror det på att man ofta passar på att byta styrapparat i samband med Utopia/Spotinstallationen och det kräver goda kunskaper i styrapparatprogrammering för att lägga in både ”Göteborgsstyrning” och Spotlogiker. Det finns endast ett fåtal personer i Sverige som klarar detta. En ytterligare anledning är att Trafikkontoret först vill testa Utopia/Spot i kritiska miljöer med extra komplicerad utformning och mycket prioritet, typ Stampbroarna.

Den första permanenta installationen med Utopia/Spot i Göteborg blev ett område nära terminalområdet vid Hjalmar Brantingsplatsen som består av fyra närliggande korsningar med upp till 120 prioriteringar per timme. Området har varit i drift i cirka tre år utan några problem. Nästa område som utrustas blir området kring Stampbroarna. Idén bakom installationen i detta område är att ”klarar Utopia/Spot det här så borde den klara allt”. Den mest komplicerade anläggningen har över 30 signalgrupper, konflikterande buss- och spårvagnsprioritet, samt en uttryckningsväg.

Utbyggnaden kommer troligen att fortsätta de närmaste åren i centrala Göteborg med totalt 20 - 30 anläggningar, samtidigt finns ett intresse från Vägverket Region Väst att installera Utopia/Spot i fyra anläggningar i samband med utbyggnad av ett köpcenter nära E20 utanför Göteborg.

### 9.3 Norge

Efter de svenska proven i Göteborg ökade intresset för Utopia/Spot runt om i Norden, och då speciellt i Norge där Gunnar Arveland på Peek i Oslo, numera på Sintef i Trondheim, engagerades. Genom en god kunskap om styrapparater och kommunikation kom han snabbt att bli den bästa experten på Utopia/Spot utanför Italien. Den trafiktekniska kunskapen var inte lika bra hos väghållare och leverantörer i Norge när det gällde avancerad kollektivtrafikprioritering i jämförelse med utvecklingen i Stockholm och Göteborg. Därför kom Utopia/Spotsystemen i Norge främst att handla om introduktion av avancerad prioritering och de jämfördes då med en ”före”-situation som kunde vara ganska dålig trafiktekniskt.

De första proven i Oslo visade dock på goda resultat både för kollektivtrafiken och biltrafiken och flera städer följde efter med testinstallationer. Ett flertal områden i Oslo är nu utrustade med Utopia/Spot (nära 50 korsningar) och utbyggnaden fortsätter. Vid sidan av Gunnar Arveland arbetade Örjan Tveit, Sintef, med intrimning och utvärdering med bl a simulerings-teknik. Kompetensen hos dessa två norska forskare har ökat genom de många installationerna, dock en upplärningsprocess till priset av bl a ett misslyckande i Bergen där installationen fick avbrytas på grund av kraftigt försämrade framkomlighet i några kritiska korsningar. I Trondheim har däremot väghållaren efter en lyckad inledning fortsatt satsningen på Utopia/Spot så att de centrala delarna av staden nu är bestyckad (över 30 korsningar).

### 9.4 Danmark

Då Siemens av tradition har haft en stark position i Danmark har intresset för adaptiva system främst riktats mot Motion. Ett mindre område i Köge söder om Köpenhamn med fyra stycken signalreglerade korsningar har dock utrustats med Utopia/Spot och är sedan några år i drift. Inriktningen har varit mot trafiksäkerhet och några genomgripande utvärderingar har inte gjorts. Inom ramen för ett examensarbete genomfördes vissa mätningar som indikerade viss förbättra framkomlighet på huvudvägen, till priset av ökade köer i de andra tillfarterna.

Köpenhamns kommun genomförde under 2002-2003 en större upphandling av adaptiv styrning för ett område på Amager. Både Motion och Utopia/Spot utvärderas i anbudsfasen och man valde till slut Utopia/Spot. Installation ska ske 2004.

## 9.5 Finland

Tammerfors är den enda stad i Finland som har installerat Utopia/Spot. Totalt åtta anläggningar har utrustats med Utopia/Spot och systemet har varit i drift från och till sedan 1999. Installationen betraktades som ett test för skaffa erfarenhet och var ett av de först områden som Peek levererade i Norden. Vissa grundläggande misstag gjordes och efter en viss intrimning genomfördes en utvärdering som visade på vissa restidsvinster under morgontrafiken, men sämre resultat under eftermiddagens rusningstrafik. En förklaring kan vara att systemet enbart trimmades för morgontrafik, en annan är att mindre belastade korsningar med GC-trafik inte programmerades på ett bra sätt. Det visar på vikten av kunnig personal och att det krävs mycket arbete innan ett adaptivt system fungerar tillfredställande.

Under 2003 blev Tammerforssystemet det första stället där en ny funktion för hantering av underordnade tillfarter infördes. Man hade tidigare samma problem som uppkom på Kungsholmen i Stockholm, nämligen att Utopia/Spot har en tendens att gå upp till maxtid i GC-överfarter eller korsningar med väldigt lite trafik på tvären.

## 9.6 Stockholm

1997 började Vägverket Region Stockholm ett samarbete med Stockholms stad för att samordna vägtrafikledning i Storstockholm. Ett viktigt projekt i samarbetet var en utvärdering av ett Utopia/Spotsystem vid området kring Norrtull. Syftet med projektet var att studera effekterna av Spotstrategin, och förstå hur de olika styrparametrarna påverkar styrningen och därigenom trafikflödet. Det handlade även om att öka kompetensen hos leverantören.

Under 2000 och 2001 pågick ett antal försök både på gatan och i labbet med hjälp av simulering. Resultaten från utvärderingen i fält var nedslående och systemet driftsattes aldrig permanent. Orsakerna till svårigheterna var flera; leverantörens oerfarenhet, många kockar inblandade (Peek Sverige, Peek Norge och Mizar) och förmodligen vissa grundläggande begränsningar i Utopia/Spot. Under vissa omständigheter kunde Utopia/Spotstrategin under högtrafik i sina interna rutiner observera betydligt mindre köer än i verkligheten och det fanns då en tendens att omloppstiden i Sveaplan minskade. I andra situationer gav Utopia/Spot på tok för långa omlopp. Ett annat viktigt fel som observerades under både låg- och högtrafik var Eugeniakorsningens prognos av gröntidsfördelning och kolonnstarter. Under optimeringen ändras omloppstiden från inledningsvis cirka 100 - 120 s ner till 70 - 80 s i samband med start av grönt från Uppsalavägen. Följden blev att kolonnen till korsningarna nedströms kom för tidigt. Spots horisont var i dessa prov 45 sekunder. Med en snabbare dator (ex Power-PC från Peek) skulle den kunna ställas upp till 90 sekunder. Tyvärr är dessa aktiviteter under 2000 och 2001 inte dokumenterade i någon rapport.

Senare simuleringar av Norrtullsområdet<sup>13</sup> tyder på att problemen delvis berodde en mindre lämplig programmering. Simuleringar under icke överbelastad tid tyder på att Utopia/Spot skulle kunna prestera lika bra som den traditionella styrningen. Om även Roslagstull skulle inkluderas i styrningen finns en potential till förbättring.

Under de senaste åren har Gatu- och fastighetskontoret låtit installera och utvärdera Utopia/Spot i elva signalreglerade korsningar på Kungsholmen. Syftet med proven, som genomfördes med mätningar våren 2003, var att undersöka om det nya Utopia/Spot klarar trafiktekniska krav som ställs i Stockholms innerstad. En sammanvägning av effekterna för

<sup>13</sup> Sweco, Projekt trafiksignalstudie Norrtull, PM 2003-02-28

biltrafiken i provområdet visar en minskad restid med cirka 10 %<sup>14</sup>. Under samma period minskade även bussarna fördröjningar med samma storleksordning. Den aktiva prioriteten av bussarna fungerar i stor sett på samma sätt som den traditionella styrningen, men under Utopia/Spotstyrningen minskar restiden mellan korsningarna.

För gång- och cykeltrafiken drar resultaten åt olika håll, i vissa korsningar minskar väntetiden medan den ökar i andra. Gångsignaler som går in enbart på anmälan i korsningar med låga gångflöden, exempelvis friliggande övergångsställen på Norr Mälarstrand (Pilgatan, även med korsande cykeltrafik) och Fleminggatan (Wargentinsgatan), får ofta omloppstider som går upp till den maximalt tillåtna under Utopia/Spotstyrning. Det innebär en kraftigt ökad väntetid för korsande fotgängare. I andra korsningar, typ Fleminggatan – Scheelegatan, märks inte dessa problem eftersom GC-trafiken hjälps av parallell biltrafik. Där minskar i stället väntetiderna för gångtrafiken beroende på en lägre omloppstid.

En fördel med Utopia/Spot är att ett överordnat system kan användas för att kontinuerligt följa trafiksituationen och mäta trafik- och miljöbelastningar i gatunätet. Vid incidenter och extrem köbildning, som även drabbar bussar i blandtrafik, kan signalerna automatiskt ställas om för att lösa upp trängseln. Inom ramen för ett europeiskt samarbetsprojekt (Trendsetter) kommer dessa funktioner att studeras närmare.

## 9.7 Malmö

Efter att Peek fått erfarenheter från Norrtull inleddes en marknadsföring som resulterade i att man sålde ett mindre system till Malmö kommun. Här var syftet inte att ge bussprioritet utan att i ett mindre område bestående av fem korsningar ge en bättre samordning. Ingen utvärdering har genomförts men väghållaren är nöjd med installationen. Enligt uppgift har Utopia/Spot svårt att på ett bra sätt samordna signalerna på grund av oreglerade övergångsställen mellan de signalreglerade korsningarna.

Ett nytt Utopia/Spotsystem är på gång där detektorbestyckningen ska anpassas för Utopia/Spotstyrning även nattetid. Detta minskar kostnaderna för installation och det blir i så fall det först systemet i Sverige där Utopia/Spot ska efterlikna oberoende styrning under lågtrafik.

## 9.8 Holland

Vid sidan av Norge är Holland det land utanför Italien som har flest installationer av Utopia/Spot. Framförallt genom Peek i Holland har flera väghållare valt att satsa på kollektivtrafikprioritering baserat på "Public Transport Locator" (PTL) som är en inbyggd prognosmodell i Utopia/Spot för bussar och spårvagnar. Den möjliggör användandet av en tidig prognos (1 - 2 minuter) innan bussen eller spårvagnen ankommer till stopplinjen, vilket dock kräver korta hållplatsstopp, och framförallt liten spridning i hållplatstid, för att fungera väl.

---

<sup>14</sup> Det finns dock vissa invändningar mot dessa resultat. Bland annat avslöjade mätningarna att Peek EC-1 relativt ofta missar att ge start åt vissa signalgrupper i vissa korsningar. Detta missgynnade den traditionella styrningen. I övrigt hade dock den traditionella styrningen fintrimmats inför mätningarna så att den var helt aktuell och fungerade mycket bra

Utopia/Spot har installerats i flera städer i Holland och ytterligare installationer är på väg. Utopia/Spot finns bland annat i Eindhoven (30 korsningar), 's-Hertogenbosch och vid Schipol.

Då den traditionella holländska styrningen baseras på signalgruppsstyrning med separering av många trafikrörelser har det varit svårt att överföra Utopia/Spots fastänkande så att den passar för de lokala förhållandena. I en anläggning används exempelvis 15 faser, varav endast tre är optimeringslägen med maxtidsmätning. Vid programmering och intrimning genomför Peek regelmässigt simuleringar med Vissim eller Aimsun, med goda erfarenheter av båda programmen.

Intrycket från besök hos väghållarna som valt Utopia/Spot är att kunskapen om systemet är begränsad och att man förlitar sig helt på Peeks kompetens, både vad gäller installation och drift. En snabb titt på systemen avslöjade att tidsättningen verkade vara långt ifrån optimal.

Ett positivt intryck är att Peek i Holland verkar uppmärksamma de brister som uppkommer genom fasstyrning och önskemålen om förbättringarna i stort sammanfaller med listan som tagits fram i samband med proven på Kungsholmen. Inom det närmaste året kan följande funktioner vara införda enligt Peek Nederländerna:

- Mintidsberäkning i läget kommer att baseras på dimensionerande signalgrupp
- En grupp kan växla till/från under ett läge
- Optimeringshorisonten kan förlängas från ca 45s till ca 90s
- Korrigering av köuppskattningar kan ske med hjälp av information från långloopen vid stopplinjen
- Extravikt för att hjälpa vänstersväng vid eftergrönt

Denna insikt om Utopia/Spots brister bör utnyttjas i ett framtida samarbete mellan olika väghållare för att dela på eventuella utvecklingskostnader med leverantören.

## 10 Önskvärda förbättringar av Utopia/Spot

### 10.1 Inledning

Det pågår en fortlöpande vidareutveckling av Utopia/Spot från den första installationen i Turin fram till de senaste åren export till Norden, Holland m fl länder. Moveas perspektiv över dessa nära tio år avslöjar vissa trender, eller snarare fokusering, hos leverantören (Mizar/Peek). Den egentliga kärnan i den lokala intelligensen (Spot) har, både programmeringsmässigt och trafiktekniskt, varit tämligen oförändrad från 1995. Perioden 1995-1999 pågick en omfattande utveckling av kringsystem som framför allt inriktades mot de överordnade funktionerna för områdesstyrning och datainsamling. Trafikdata från Utopia/Spotsignalerna förser överordnade system med underlag för VMS-hantering, incidenthantering, restidsberäkningar, kollektivtrafikstyrning, trafikantinformation mm. I detta sammanhang kom även en ”Utopia/Spotversion” före motorvägsmiljö.

För den italienska marknaden förefaller Utopia/Spot vara tillräckligt bra för att konkurrera ut fast tidsstyrda trafiksignaler utan bussprioritet så svenska synpunkterna på nya funktioner gav svag respons. De lyckade installationerna i Norge gav samtidigt tvetydiga signaler från den nordiska marknaden.

Då Peek inledde sitt samarbete med Mizar i slutet av 1990-talet fick de nordiska behoven en större tyngd, speciellt sedan deras avtal garanterade Mizar ett större årligt bidrag till utvecklingsarbetet. Tyvärr fick arbetet inte den inriktning som kunde önskades från de nordiska kunder, dvs mer signalgruppsorienterad styrning, utan utveckling kom främst att handla om hur programvarorna lämpligast skulle anpassas till Peeks produkter.

Vissa viktiga funktioner har införts i senare versioner. Ett stort steg var introduktionen av ”alternative stages” som delvis påminner om signalgruppsstyrning, samt kopplingen av grönbehov till Utopia/Spots trafikmodell som innebär att köer i modellen kan korrigeras av stopplinjedetektorer.

Fortfarande är TFKs önskelista från år 2000<sup>15</sup> i stort sätt fortfarande aktuell. Inom ramen för Utopia/Spotproven på Kungsholmen i Stockholm uppdaterades TFK-rapporten och en ny version av dokumentet<sup>16</sup> har skickats till Peek, Mizar och flera andra organisationer. Nedan (kapitel 10.2 – 10.4) redovisas en subjektiv sammanfattning av de viktigaste önskemålen. Det är viktigt att takten i den trafiktekniska vidareutvecklingen av Utopia/Spot höjs!

En ingående diskussion med Mizar om alla önskemål är planerad. Därefter är det tänkt att det ska bli ett levande dokument där genomförda förbättringar prickas av samtidigt som nya önskemål förs in parallellt.

<sup>15</sup> Improvements for a Scandinavian Spot, TFK report 2000:4E

<sup>16</sup> Further improvements for a Scandinavian Spot urban traffic signal control system, Movea 2003

## 10.2 Signalgruppsorienterad styrning

Spots optimeringsalgoritm är baserad på fasstyrning men styrkommandon till styrapparaten (Peek/Falco etc) skickas på signalgruppsnivå. Införandet av "alternative stages" innebär att ett läge kan ta med vissa grupper på anmälan vilket ger flexibla glidlägen. Fortfarande saknas:

- Mintider bör baseras på de i fasan anmälda signalgrupperna (finns i "optional stages"). denna utveckling är redan beställd av Peek från Mizar
- Privilegietid bör införas (helst dynamiskt, t ex om förväntad gröntid för läget i optimeringshorisonten är 150 % av gruppens mintid bör gruppen få starta)
- Grupp går själv till rött i läget vid upphört gröntbehov alt viss gröntid kvar i läget

## 10.3 Högre upplösning

Spots optimeringsalgoritm beräknar en ny optimal tidssättning var tredje sekund men varje sekund skickas styrkommandon på gruppnivå till styrapparaten. Det kan därför ta upp till tre sekunder innan en buss som detekteras påkallar ett nytt läge i Spot (som ursprungligen utvecklats för tidiga ankomstprognoser från kollektivtrafik med korta effektiva hållplatsstopp och liten varians i restider till stopplinjen).

Denna process bör även för andra ändamål, ex sena GC-anmälningar, snabbas upp till minst en gång per sekund. Det innebär dock inte att hela optimeringshorisonten har en sekunders upplösning, utan enbart de första tre stegen beräknas med den högre upplösningen. Detta medför stora krav på prestandahöjning i Spot, som i stället för 3 s endast har 1 s att göra miljontals operationer och samtidigt ska kommunicera tre gånger mer än idag.

## 10.4 Detektorhantering och den lokala trafikmodellen

Ingen optimeringsmetod är bättre än sin realtidsmodell över trafiken. En stor möda har lagts på utvecklingen av "observern" som från en inräknande detektor och skattad signalgruppsstatus beräknar allt från mättnadsflöde, svängprocent, av- och insvängande trafik på länken till restider och emissioner. Från nordisk utgångspunkt är det ofta önskvärt att se till varje enskilt fordon, medan Spot utvecklades för stora flöden där ett köestimat på +/- 5 bilar kan vara tillfredsställande. Användandet av ytterligare detektorer har blivit möjligt i de senaste versionerna, men fortfarande saknas:

- Trafikstyrda framtider bör införas som en heuristisk bortväxlingsfunktion på upp till 4 s
- Långloopen/stopplinjedetektor bör justera köestimatet vid start resp slut av grönt
- Anmälning av grupp sker ej under första delen av gult
- Enklare att bygga egna logiska funktioner för olika typer av detektorer
- Avveckling utan sekundärkonflikt borde få större genomslag
- Tidig anmälan av kolonner mellan Utopia/Spotkorsningar borde även innehålla svängprocent om olika kolonner i samma tillfart har olika målpunkter
- Minnesfunktion på detektornivå
- Programmerbara parametrar på detektornivå
- Tidvis fixera parametrar som normalt uppdateras varje omlopp av "observern"

## **10.5 Ytterligare förbättringar**

I samband med arbetet med denna rapport har ytterligare behov av förbättringar av Utopia/Spot identifierats på en punkt:

Det finns en maximal gröntid för respektive fas. Därutöver behövs en maximal medelgröntid för respektive fas, eventuellt också med en maximal spridning.

## 11 Anskaffningsstrategi

### 11.1 Långsiktig strategi för staden

Att anskaffa adaptiv styrning är ett svårt beslut som innebär att man låser upp sig för en lösning under lång tid. Man kan givetvis prova olika system från olika leverantörer. I till exempel Köpenhamn provas nu Motion i ett område och man avser inom kort att prova Utopia/Spot i ett annat område.

För att kunna sköta sina trafiksignaler på ett kostnadseffektivt sätt krävs det dock troligen att man bestämmer sig för ett system och dessutom håller sig till denna lösning under lång tid. Det är troligen bara städer av samma storleksordning som Los Angeles som kan kostas på sig att ha parallella system under lång tid.

Man blir därvid långsiktigt beroende av ett tekniskt system och en eller ett fåtal leverantörer. Detta innebär stora problem:

- Den tekniska lösningen riskerar att bli omodern efter ett antal år
- Om man väljer fel riskerar man att stå med en produkt som inte vidareutvecklas kontinuerligt. Det kan till exempel dyka upp problem i en korsning med speciella krav efter ett stort antal tidigare lyckade installationer
- Att bara ha en leverantör innebär att man riskerar att få betala mycket, speciellt på sikt
- Den eller de leverantörer man har kan dessutom lämna den svenska marknaden
- Det kan vara svårt att göra en kostnadseffektiv upphandling eftersom lagen om offentlig upphandling ställer vissa delvis svårhanterade formella krav

Adaptiv styrning är mycket lönsamt enligt samhällsekonomiska kalkyler. Om Stockholms stad väljer att satsa på adaptiv styrning finns det därför ingen anledning att göra det i liten skala. I stället bör alla samordnade system med medelstora eller stora trafikmängder såväl i innerstaden, som i ytterstaden förses med adaptiv styrning. Först några områden som pilotprojekt, därefter en successiv utbyggnad under ett antal år.

### 11.2 Uppskattade kostnader

Om man vill ersätta 80 % av stadens samordnade trafiksignaler med adaptiv styrning rör det sig om cirka 160 korsningar. Det finns dessutom en hel del anläggningar som idag går oberoende som borde samordnas om man använder adaptiv styrning varför vi ansätter att 200 korsningar bör ha adaptiv styrning.

För varje korsning krävs:

- Styrapparatbyte om inte styrapparaten är av typ ELC-3 eller modernare. Detta innebär att kanske 25 % av styrapparaterna måste bytas för en kostnad av ca 100 kkr vardera. Det vill säga i medeltal 25 kkr per korsning. Detta rör främst friliggande övergångsställen (Egentligen bör en del av denna kostnad betraktas som en tidigare lagd reinvestering och kanske belasta annat konto, men det bortser vi ifrån)
- Hårdvara, mjukvara och kommunikationsutrustning för Spot. Cirka 50 kkr
- Programmering av Utopia/Spotstyrningen. Cirka 50 kkr
- Komplettering av detektorer och tilledningar. Viss omprogrammering av styrapparaten. Installation av all utrustning. Kostnaden för detta varierar kraftigt mellan olika

korsningar. Framförallt beroende på om man fräser tilledningar eller schaktar. Kostnaden kan uppskattas till 250 kkr

- Vissa korsningar (kanske 10 %) saknar anslutning till driftsövervakning. För dessa tillkommer datakommunikationsutrustning (troligen trådlös), licenskostnader med mera för cirka 50 kkr. Det vill säga 5 kkr för en medelkorsning. Borde kanske inte tas som en kostnad för Utopia/Spot?
- I vissa korsningar saknas trådar för Spots interna datakommunikation. Ytterligare kablar kan krävas. I medeltal 30 kkr/korsning
- För att få en bra styrning krävs simulering och intrimning på gatan. Simulering kan tyckas dyr, men erfarenheten visar att man spar pengar med simulering. Detta kan uppskattas kosta 30 kkr per korsning
- Dessutom bör man räkna med oförutsett cirka 10 %

En sammanställning av ovanstående:

Per ”medelkorsning”	Kostnad (kkr)
Styrapparatbyte	25
Hårdvara, mjukvara och kommunikationsutrustning	50
Programmering av Spotstyrningen	50
Komplettering av detektorer och tilledningar	250
Anslutning till driftsövervakning	5
Fler kablar för Spots interna kommunikation	30
Simulering och intrimning	30
SUMMA	440
SUMMA med 10 % extra för oförutsett	484

Detta skulle innebära en total investering på i medeltal cirka 484 kkr per korsning. Det vill säga totalt 97 Mkr för 200 korsningar. Dessutom tillkommer kostnader för central programvara och kompetensuppbyggnad. Troligen minst några miljoner kronor. Totalsumman hamnar således i storleksordning 100 Mkr. Denna kostnad är troligen relativt högt räknad. Ingen hänsyn har tagits till stordriftsfördelar och möjliga rationaliseringar.

Det är inte realistiskt att göra en sådan utbyggnad på en gång. Om man bygger ut under 10 år får man en årlig investeringskostnad på 10 Mkr/år. Dessutom ökar driftskostnaderna. Med fullt utbyggt system kan man ytterst schablonmässigt ansätta 10 % av investeringen som driftskostnad. Det vill säga 10 Mkr/år. En stor del av driftskostnaden rör detektorerna. Totalkostnaden skulle då öka successivt från 10 Mkr år ett (enbart investering) till 20 Mkr år tio (investering + full driftskostnad).

Efter 10 år måste man börja ersätta utrustningen<sup>17</sup>. Reinvesteringen kan bli något billigare än förstainvesteringen<sup>18</sup>, kanske 8 Mkr/år. I långa loppet skulle den totala kostnaden kunna bli 8 (reinvestering) + 10 (drift och underhåll) = 18 Mkr/år. Detta skulle då bli den totala merkostnaden i jämförelse med dagens trafiksignalsystem.

<sup>17</sup> Vanliga styrapparater byts idag efter drygt 10 år. Livslängden för adaptiv styrning är troligen inte längre, utan snarare kortare

<sup>18</sup> Främst beroende på att man kan återutnyttja rör och ibland kablar

Kostnaden är troligen som nämnts ovan räknade högt. Den totala driftskostnaden för alla trafiksignaler (knapp 600) i Stockholms stad idag är enligt uppgift cirka 30 Mkr<sup>19</sup>. 18 Mkr som extra drift- och underhållskostnad för Utopia/Spot i 200 av dem tyder på att beräkningen ligger i överkant.

En satsning på adaptiv styrning är således inte bara ett långsiktigt val, det handlar dessutom om stora summor pengar.

### 11.3 Kompetens och organisation

För att kunna upphandla, installera och hålla ett system i drift krävs stor kompetens inom flera olika områden. Det handlar om trafikteknik, elektronik, datakommunikation och offentlig upphandling.

För att kunna genomföra en anskaffning måste den kompetens som finns inom staden samlas och förstärkas. Antalet personer med tillräcklig kompetens på Gfk berör följande områden:

- Trafikteknisk kompetens på Region innerstaden där bemanningen just nu bara är tre personer, varav två går i pension inom cirka fem år
- Trafiktjänsten behöver förstärkas för att klara system med adaptiv styrning
- Kunskapen om simuleringshjälpmedel behöver förbättras. Detta görs redan i det precis påbörjade projektet med att bygga upp ett trafiksignallaboratorium på Gfk
- Upphandlingskompetens rörande komplexa tekniska realtidssystem

Anskaffning av adaptiv styrning kan även komma att påverka Gfk:s organisation. Bland annat genom att gränssnittet mellan ”signalbyrå” och Trafiktjänsten inte blir lika enkelt att definiera.

### 11.4 Samarbete mellan väghållare - kravställning

Stockholms stad är troligen inte tillräckligt stor för att ställa krav på vidareutveckling av system för adaptiv styrning. Det vore önskvärt om de stora kommunala väghållarna i Norden skulle kunna gå samman och ställa gemensamma krav. Kanske till och med samordna sin upphandling?

De krav som bör ställas rör bland annat:

- Krav på nya och förbättrade funktioner för att möta nordiska krav. Jämför kapitel 10
- Krav på öppna system så att styrapparater av olika fabrikat ska kunna anslutas och krav på användning av öppna protokoll. Kanske TCP/IP, möjligen den möjliga nordiska standarden STCIP som Peek har utvecklat
- Krav på långsiktiga och lämpligen även alternativa leverantörer

De väghållare som kan ingå i ett sådant arbete kan vara:

- Helsingfors, Köpenhamn och Oslo stad
- De nordiska vägverken
- Göteborg och Malmö
- Andra större städer i Danmark, Finland och Norge

<sup>19</sup> Inklusive vissa, men långt ifrån alla reinvesteringar

De flesta av dessa väghållare finns redan representerade i det nordiska Nextsamarbetet. Inom Next pågår det redan ett arbete kring öppna system. Next har dessutom lagt relativt mycket tid på att studera olika system för adaptiv styrning, framförallt Utopia/Spot och Motion.

## 11.5 Detektorbestyckning och styrapparater

Detektorbestyckningen är en viktig faktor i samband med adaptiv styrning. De flesta system kräver en detektor per körfält i varje tillfart, samt en detektor per körfält i respektive frånfart. Ofta är frånfarten även tillfart till en annan korsning. Inga av dessa detektorer är helt användbara för traditionell styrning, till exempel oberoende styrning under lågtrafik.

De långloopdetektorer som finns för traditionell styrning invid stopplinjerna används inte av till exempel Utopia/Spot idag. De bör dock användas för att förbättra den adaptiva styrningens följsamhet gentemot trafiken för att få bra släpp efter sista bil.

I en medelkorsning i innerstadsmiljö kan man tänka sig nedanstående detektorbestyckning för adaptiv styrning. Korsningen har en huvudgata med två körfält per riktning och en tvärgata med ett körfält per riktning. Det finns angränsandekorsningar med Utopia/Spot åt ena hållet på huvudgatan. Tvärgatan har ytterst lite trafik i en tillfart.

I dagsläget har man tvådetektorsystem från huvudgatan och ena hållet på tvärgatan. Endetektorsystem från andra hållet på tvärgatan. Det vill säga totalt  $2 + 2 + 2 + 1 = 7$  detektorer

	Inräknande	Ca 60 m (finns redan)	Långloop (finns redan)	Uträknande
Huvudgata V, ansluter till annan korsning i systemet	0 (ombesörjs av angränsande korsning)	1 <sup>20</sup>	1	2 (en per körfält)
Huvudgata Ö, randanläggning	2 (en per körfält)	1 <sup>21</sup>	1	2 (en per körfält)
Tvärgata N (större)	1	1 (på ca 40 m)	1	1
Tvärgata S (mindre)	-	-	1	-
Summa	3	3	4	5
Totalsumma				15

Antalet detektorer har ökat från 7 till 15. Det vill säga mer än en fördubbling. Eftersom detektering är dyrbart ökar samtidigt kostnaderna. Man kan i vissa fall pruta bort någon ytterligare detektor, men antalet detektorer ökar definitivt med adaptiv styrning. Ett sätt att reducera kostnaderna kan vara att använda video eller mikrovåg i stället för konventionella slingor. Det verkar dock som traditionella slingor, trots sina driftsproblem, är klart kostnadseffektiva.

<sup>20</sup> Kan möjligen tas bort om Utopia/Spot styr dygnet runt, det vill säga även under lågtrafik. Dessutom får korsningsavståndet inte vara alltför långt och det får inte finnas alltför mycket friktion utmed sträckan, t ex oreglerade övergångsställen. Allt detta måste provas ut innan vi kan vara säkra på att det fungerar bra. Det är i grunden en omprioritering från bra styrning nattetid (med få trafikanter) till en bra styrning dagtid (med fler trafikanter)

<sup>21</sup> Se fotnoten ovan

Ett annat val är vilken typ av styrapparater man ska använda. Alla kalkyler i denna rapport förutsätter avancerade styrapparater av typen Peek EC-1 och Falco ITC-1. Detta bland annat för att få en bra driftsövervakning och en bra oberoende styrning under lågtrafik. Den adaptiva styrningen realiserar då med ett extra PC-kort i styrapparaten. Detta innebär en dubbel intelligens. Dels i styrapparaten, dels i den adaptiva styrningen. Ett alternativ skulle kunna vara att använda enklare styrapparater, kanske av PLC-typ. Detta skulle kunna reducera kostnaderna, men innebär vissa trafiktekniska komplikationer varför denna lösning inte kan rekommenderas utan ytterligare utredning och även praktiska prov.

## 11.6 Områdesstyrning och information om trafikläget

Med adaptiv styrning öppnas delvis nya möjligheter för väghållaren att bedriva områdesstyrning i realtid. Det kan bland mycket annat handla om att:

- Bara släppa in så mycket trafik i ett område som kan avvecklas i korsningarna inom området och ställa upp övrig trafik i köer utanför området. Syftet är att undvika överbelastning och därtill hörande köer
- Strypa tillfarten till ett område vid förväntade alltför höga avgasutsläpp
- Gynna vissa trafikriktningar framför andra. Detta kan behövas:
  - Vid normal styrning för att locka till sig trafik till en lämplig väg. (Detta går även att göra med traditionell samordning)
  - Vid planerade avstängningar. (Detta går även att göra med traditionell samordning, men kräver omfattande arbete)
  - Vid olyckor och andra svårplanerade störningar såsom statsbesök
- Få trafikflöden och beräknade värden för restider mellan olika relationer och sprida denna kunskap via internet, VMS och andra media

Mycket av detta går delvis att göra även med konventionell teknik, men flexibiliteten ökar kraftigt med adaptiv styrning.

Trafikledningscentralen Trafik Stockholm kan vara ett viktigt verktyg i många av dessa fall. För att klara detta krävs en hög trafikteknisk kompetens och känsla för trafiksignaler bland de operatörer som ska hantera dessa svåra och komplexa frågor.

Många av de system som Trafik Stockholm och väghållarna har efterfrågar realtidsinformation om flöden och körtider av den typ som beskrivs i den sista punkten ovan.

## 11.7 Upphandlingsteknik

Upphandlingen av ett adaptivt system är en svår uppgift. Det ingår egentligen i beställningen av denna kunskapsöversikt att ta fram rekommendationer för en upphandling, men vissa faktorer går redan nu att peka ut.

Lagen om offentlig upphandling måste följas. Detta innebär att man måste kunna lagen i detalj och använda den på bästa tänkbara sätt. Upphandling av enstaka provsystem är relativt lätt. Det svåra är om man bestämmer sig för att köpa adaptiv styrning för flera hundra trafiksignaler samtidigt.

Man kan antingen tänka sig en ren funktionell upphandling av en "turn-keylösning" där leverantören sköter allt eller en mer traditionell upphandling. Turn-keylösningen används framförallt i u-länder, men i Stockholm med sin kompetens och krav på kontinuerliga modifie-

ringar är det inte ett realistiskt val. Men även med en traditionell upphandling bör kraven i största möjliga omfattning ställas funktionellt.

Upphandling bör sära på:

1. Styrapparater
2. Detektorer
3. Datorsystem på korsningsnivå
4. Mjukvara dvs algoritmen för adaptiv styrning
5. Datakommunikation
6. Central nivå

För nivå 1, 2, 3 och 5 är det fördelaktigt om man kan ha flera parallella leverantörer. Det är också här de stora kostnaderna ligger. Det är enbart för nivå 4 och 6 som en viss specifik leverantör av adaptiv styrning behövs, men även här bör konkurrens eftersträvas

Det är dock fördelaktigt om man har en systemintegratör som ansvarar för helheten.

Upphandlingen bör ske som ett åtagande för support och vidareutveckling under 10 – 20 år. Detta förutsätter leverantörer som kan förväntas finnas på marknaden under lång tid. Samarbeta med andra väghållare ger större tyngd i samband med kravställning och kan sprida kostnaderna för utveckling.

## 11.8 Marknadsföring

En så pass stor investering som denna kräver en viss marknadsföring. Dels internt på Gfk, dels på SL och dess entreprenörer, dels externt hos alla trafikanter. Det gäller därvidlag att framhålla de fördelar som Utopia/Spot ger, samtidigt som nackdelar och invändningar inte får förringas.

Eftersom det är vanligt att man reagerar på försämringar, i detta fall förändringar i gröna vågor, och inte direkt uppskattar förbättringar, i detta fall lägre omloppstid och lägre fördröjningar, finns risken för negativa reaktioner bland trafikanterna.

Självklara delar i marknadsföringen inkluderar pressmeddelande, informationsbroschyr och information på nätet. Som en extra marknadsföring skulle man kunna utforma stolpar eller signalhus i anläggningar som styrs av Utopia/Spot på något speciellt sätt för att tydligt visa hur utbyggnaden går framåt.

## 12 Rekommendationer

Stockholms stad står inför ett svårt vägval rörande trafiksignalstrategin. Utöver en eventuell satsning på adaptiv styrning står staden inför pensionsavgångar bland nyckelpersonal, omorganisationer, krav på förbättrat trafikteknisk tillsyn och mycket annat.

Adaptiv styrning av trafiksignaler är definitivt lönsamt, men kräver kompetens och långsiktighet. Det finns dessutom andra åtgärder som initialt är ännu mer lönsamma, framförallt intensifierat trafiktekniskt underhåll.

Utopia/Spot är enligt våra analyser det system som passar bäst för de behov som finns i Stockholm. Valet är dock inte självklart varför handlingsfrihet krävs.

För att satsa på Utopia/Spot krävs:

- Vidareutveckling för att bättre anpassning till nordiska krav
- Flera stabila leverantörer

Dessa villkor är tyvärr ännu inte uppfyllda.

Som alternativ till Utopia/Spot kan Motion eller Scoot eventuellt vara aktuellt som system. Ett bättre val är dock troligen att i stället avvakta tills bättre lösningar finns på marknaden. Scoot har nämligen klara nackdelar, bland annat en mindre effektiv bussprioritet och även här behov av vidareutveckling för att klara de krav vi ställer i Norden. Även Motion har nackdelar genom sin knytning till Siemens och tyska standards, samt sin något tveksamma bussprioritet.

Följande handlingsstrategi föreslås för Stockholms stad:

1. Se till att Utopia/Spot vidareutvecklas så att styrningen klarar stadens krav. Stockholms stad bör göra detta i samarbete med andra väghållare. Följande aktiviteter bör ingå:
  - a) Bygga upp ökad egen intern kunskap om Utopia/Spot, men även om simulering av Utopia/Spot med Vissim. Detta inkluderar anskaffning av Spothårdvara och interfaceprogramvara till det så kallade signallaboratoriet som redan är under uppbyggnad på Gfk. Kostnaden för denna aktivitet är begränsad eftersom kostnaderna för simuleringsmiljön (specifik Spotutrustning) täcks av ett annat projekt
  - b) Uppgradera Utopia/Spotsystemet på Kungsholmen och verifiera att de brister som uppdagades i proven 2003 är åtgärdade genom att köra skarpt på gatan. Det gäller framförallt den styvmoderliga behandlingen av korsande gång- och cykeltrafik i framförallt korsningarna Norr Mälarstrand – Pilgatan och Fleminggatan – Wargentinsgatan. Systemet tas därefter i kontinuerlig drift, förslagsvis dagligen klockan 6.00 – 21.00. Syftet är att låta det gå i kontinuerlig drift under lång tid för att studera de eventuella problem som kan uppträda. Spothårdvaran bör bytas till Power-PC i alla korsningar. Man kan hålla nere kostnaderna om man accepterar att korsningen Fleminggatan – Scheelegatan inte har bussprioritet kl 21.00 – 06. Trafiktjänsten kräver viss utbildning för att kunna hantera driftsproblem. En enklare uppföljning görs av driftserfarenheterna

- c) Med Vissim simulera ett uppgraderat Norrtullssystem och verifiera att de brister som uppdagades i proven för några år sedan nu är åtgärdade<sup>22</sup>. Detta är en aktivitet som till stor del bygger på redan gjort arbete. En Vissimmodell finns och en förbättrad Utopia/Spot-programmering finns. Vissimmodellen behöver dock utökas med Roslagstull och kvalitetssäkras. Även den nya Utopia/Spotprogrammeringen behöver kvalitetssäkras. Syftet med denna aktivitet är att ta reda på om Utopia/Spot klarar att styra ett komplext område av mer trafikledskaraktär
  - d) Med Vissim modellera ett större Kungsholmensystem som även inkluderar S:t Eriksgatan och Fridhemsplan, totalt 8 korsningar. Detta är ett mycket intressant område med kraftig överbelastning och två stombusslinjer. Eventuellt kopplas även Fleminggatan på. Detta kräver mer omfattande arbete eftersom nya korsningar måste programmeras för Utopia/Spot. (Dessutom måste korsningar med äldre styrapparater programmeras om, men denna aktivitet ligger inom ramen för trafiksignallaboratoriet.) Syftet med denna aktivitet är att ta reda på om Utopia/Spot klarar att styra ett komplext område i innerstaden
  - e) Deltaga i arbetet med att revidera förbättringslistan för Utopia/Spot. Någon sorts ekonomisk ”morot” gentemot leverantören kan behövas<sup>23</sup>. Att revidera förbättringslistan och deltaga i diskussioner med Peek och Mizar är billigt, men en morot till leverantören kan bli dyrare
2. Principbeslut om huruvida system för adaptiv styrning av trafiken bör anskaffas i Stockholm stad om ovanstående lyckas och om det finns ekonomiska resurser för en satsning på Utopia/Spot
  3. Inled en upphandling i stor skala. Upphandlingen bör göras så funktionell och öppen som möjligt för att maximera antalet anbud i syfte att pressa priserna. Å andra sidan måste utvärderingen ställa stränga krav på prestanda. Upphandling under 2005, första installationer 2006?

Det är ingen överhängande brådska. Det är ingen anledning att fatta beslut innan allt är klart. Å andra sidan är de positiva effekterna av adaptiv styrning så stora att man inte bör avvakta i onödan. Adaptiv styrning är enligt brittiska TRL den överlägset mest lönsamma formen av ITS. I kapitel 8.5 redovisas möjliga alternativ i mer detalj.

Det beslutade trafiksignallaboratoriet på Gfk kan bli en nyckelkomponent i det fortsatta arbetet med adaptiv styrning. Flera av aktiviteterna i trafiksignallaboratoriet och i arbetet med Utopia/Spot glider samman varför det inte alltid är lätt att skilja på aktiviteterna.

---

<sup>22</sup> Det har redan gjorts simuleringar med Hutsim som tyder på att Utopia/Spot klarar att styra Norrtull under icke överbelastad tid. Vid överbelastning uppkom problem med datakommunikationen mellan Spot och Hutsim. Genom att använda Vissim och dess nyutvecklade interface bör även överbelastning kunna studeras

<sup>23</sup> Man kan jämföra med utvecklingen av Pribuss där Gfk betalade Peek för att lägga in Pribussfunktionerna i grundprogrammet för styrapparaterna, samtidigt som Gfk fick tillbaka pengar för varje såld installation utanför Stockholms stad

Aktiviteterna under punkt 1 ovan har överslagsmässigt kostnadsuppskattats och tidssatts:

Aktivitet	Möjlig kostnad	Möjlig tidplan
a. Ökad egen intern kunskap om Utopia/Spot inklusive komplettera trafiklaboratoriet med möjlighet att simulera Utopia/Spot	0,25 Mkr	Kontinuerligt 2004 – 2005
b. Uppgradera Utopia/Spotsystemet på Kungsholmen och verifiera att de brister som uppdagades i proven 2003 är åtgärdade. Samt köra Utopia/Spot under lång tid på gatan för att få driftserfarenheter	0,25 Mkr	Tas i drift 2004. Hålls i drift under 2005
c. Med Vissim simulera ett uppgraderat Norrtullssystem och verifiera att de brister som uppdagades i proven för några år sedan nu är åtgärdade	0,3 Mkr	Första halvåret 2005
d. Med Vissim modellera ett större Kungsholmensystem som även inkluderar S:t Eriksgatan och Fridhemsplan	0,4 Mkr	Andra halvåret 2005
e. Deltaga i arbetet med att revidera förbättringslistan för Utopia/Spot	0,1 Mkr	Kontinuerligt 2004 – 2005
Summa (preliminär)	1,3 Mkr	

Kostnaderna påverkas av vad som görs i egen regi och vad som läggs ut på konsulter. Om leverantörerna kräver någon sorts ”morot” kan kostnaderna öka väsentligt. Kostnaden beror då på om Stockholms stad gör detta tillsammans med andra väghållare eller inte.

Så mycket som möjligt av aktiviteterna inom punkt 1 bör göras av Gfk:s egen personal i syfte att öka kunskapen om Utopia/Spot. Detta gäller framförallt aktiviteterna a och e.

Slutligen: En satsning på adaptiv styrning är inte meningsfull om man inte samtidigt kan avsätta ökade resurser till trafikteknisk uppföljning. Den adaptiva styrningen kan å andra sidan kanske vara den murbräcka som krävs för att även kunna intensifiera den trafiktekniska tillsynen? Men å andra sidan skulle man kanske först visa att man klarar en satsning på trafiktekniskt underhåll innan man satsar på den betydligt mer komplexa adaptiva styrningen?