Vägverket

PUBLIKATION 2008:98

Variabel hastighet Trafikstyrd väg

Tillämpningsrapport

Titel: Variabel hastighet, Trafikstyrd väg - tillämpningsrapport
Publikation 2008:98
Utgivningsdatum: Juli 2008
Utgivare: Vägverket, ITS-enheten
Kontaktperson: Anders Lindkvist, tfn 070-830 38 00
ISSN: 1401-9612

Förord

Vägverket har bedrivit försök med Variabel hastighetsgräns på tjugo platser i landet 2003 – 2007. Driften av dessa fortsätter. Resultat från utvärdering av de olika objekten har successivt kommit fram. Dessa redovisas för tre tillämpningsområden. I denna rapport behandlas området Trafikstyrd väg. Tillämpningsområdena Korsningar och Väderstyrd väg har tidigare avrapporterats. En resultatrapport från hela projektet sammanfattar samtliga resultat från försöksperioden.

Anders Lindkvist, Movea svarar för sammanställningen av rapporten. Flera har bidragit till rapportens innehåll främst Mohsen Towliat, Helena Svensson och Jörgen Andersson, Vägverket Konsult avseende trafik- och attitydmätningar, Jörgen Gustavsson, Swepro avseende analys av loggdata och Gunnar Lind, Movea avseende samhällsekonomiska kalkyler, omvärldskunskap och rapporten i stort.

Ett stort antal medarbetare i och utanför Vägverket har medverkat i det projekterings- och installationsarbete som är en grundläggande förutsättning för försöket.

Stockholm i juli 2008

Lars-Olof Landerfors
Projektledare

Innehållsförteckning

Sammanfattning **1**

1 Inledning **7**

1.1 Projektets tillkomst 7
1.2 Övergripande syfte och förväntningar 7
1.3 Utvärderingsprocessen – översikt av ingående aktiviteter 7
1.4 Kort systembeskrivning med fokus på trafikstyrd VH 9
1.5 Projektets organisation och genomförande 10
1.6 Några använda förkortningar och uttryck 10

2 Objektbeskrivningar **13**

2.1 Trafikstyrda objekt 13
2.2 Korta beskrivningar av respektive objekts utformning 15
2.3 Likheter och skillnader mellan de ingående objekten 19

3 Frågor som belyses i utvärderingen **21**

4 Mätningar och analys av trafikdata **23**

4.1 Undersökningsmetoder och genomförande 23
4.2 Trafikräkningar 23
4.3 Skyltaktivitet 24
4.4 Hastighetsstudier 26
4.5 Framkomlighet och miljöeffekter 30
4.6 Slutsatser om trafikeffekter 33

5 Förarattityder **35**

5.1 Tillvägagångssätt och datamaterial 35
5.2 Bilister som ingår i studierna 36
5.3 Bilisternas attityder och åsikter 36
5.4 Jämförande sammanställning 43

6 Tillgänglighet, investering och drift **45**

6.1 Tillgänglighet på olika sätt 45
6.2 Uppföljning av driftdata 45
6.3 Driftsäkerhet 46
6.4 Erfarenheter från valideringar 47
6.5 Kundsynpunkter 47
6.6 Investering och driftkostnader 48

7 Samhällsekonomiska beräkningar 49

7.1 Val av anläggningar 49
7.2 Beräkningsmetodik 49
7.3 Förutsättningar för beräkningarna 50
7.4 Framkomlighetseffekter 55
7.5 Säkerhetseffekter 56
7.6 Miljöeffekter m.m. 58
7.7 Anläggnings- och driftkostnader 58
7.8 Samhällsekonomisk bedömning 59
7.9 Bedömning av effekter för övriga objekt 59

8 Sammanfattande analys 61

9 Slutsatser och preliminär strategi för fortvarighet 65

9.1 Samlad bedömning 65
9.2 Preliminärt förslag till strategi för trafikstyrda vägar 65
9.3 Behov av fortsatt utredning 68

Extended summary 69

Sammanfattning

Vägverket har under åren 2003 – 2008 genomfört försök med variabla hastighetsgränser (VH) för några typer av tillämpningar. Målet är att visa om och hur VH kan bidra till en bättre hastighetsanpassning på ett kostnadseffektivt sätt. Ett tillämpningsområde är trafikstyrd väg, där hastighetsgränsen tillfälligt sänks på stora trafikleder då trafiken tätnar och kö uppkommer.

På försöksplatserna har teknisk utrustning installerats för att registrera trafiken (främst mängd, hastighet och täthet) och för att styra VH-systemet. Variabla meddelandeskyltar användes för hastighetsutmärkning antingen med vit, lysande siffra och röd, lysande ring mot mörk bakgrund (föreskrivna hastighetsgränser) eller enbart lysande siffror utan ring (rekommenderade hasighetsnivåer). På flerfältsvägar placeras skyltarna på portal över respektive körfält men det finns också anläggningar där de variabla skyltarna är placerade vid vägkant.

VH-projektet omfattar totalt 20 objekt. Sex av dessa har trafikstyrd VH nämligen E6 Tingstadstunneln och E6 Mölndal (Åbro-Kallebäck), 137 Ölandsbron (som även styrs av väglag och vind), E18 Norrtäljevägen (riktning söderut) samt E45 Götaleden och E18 Västmanland, vilken byggts om till annan tillämpning (vägarbetsutmärkning). De två sistnämnda har inte utvärderats. E6 Mölndal hade till en början körfältssignaler med rekommenderad hastighetsutmärkning som efter ett år ändrades till föreskriven.

För att kunna belysa mål och förväntningar och ge svar på frågor om effekter, attityder och lönsamhet har ett utvärderingsprogram genomförts med följande huvudaktiviteter

- Mätningar och analys av trafikdata
- Attitydmätningar
- Uppföljning och analys av driftdata
- Samhällsekonomiska beräkningar (inkl värderingar av trafiksäkerhets-, framkomlighets- och miljöeffekter) för ett typobjekt inom tillämpningsområdet
- Omvärldsstudier (internationella erfarenheter mm)

Driftförhållanden
Anläggningarna har, med undantag av Ölandsbron, tekniskt fungerat bra under uppföljningsperioderna. Tillgängligheten ligger i nivå med uppställda krav att rätt hastighetsgräns (enligt uppställda kriterier) skall visas under minst 99,5 % av total tid. Ölandsbron har haft många driftavbrott bl a till följd av kommunikationsproblem, problem som dock senare identifierats och åtgärdats.

En hel del trafikanter har hört av sig och främst haft synpunkter på de visade hastighetsnivåerna. Många anser att lägre hastighetsgränser visats än vad som varit befogat.

Polisen tycker inte att systemet på E18 Norrtäljevägen fungerar tillfredsställande. De har uppfattningen att de flesta förarna anser att hastighetsutmärkningen är rekommendationer och att de därför struntar i bestämmelserna och kör efter de trafikförhållanden som råder.

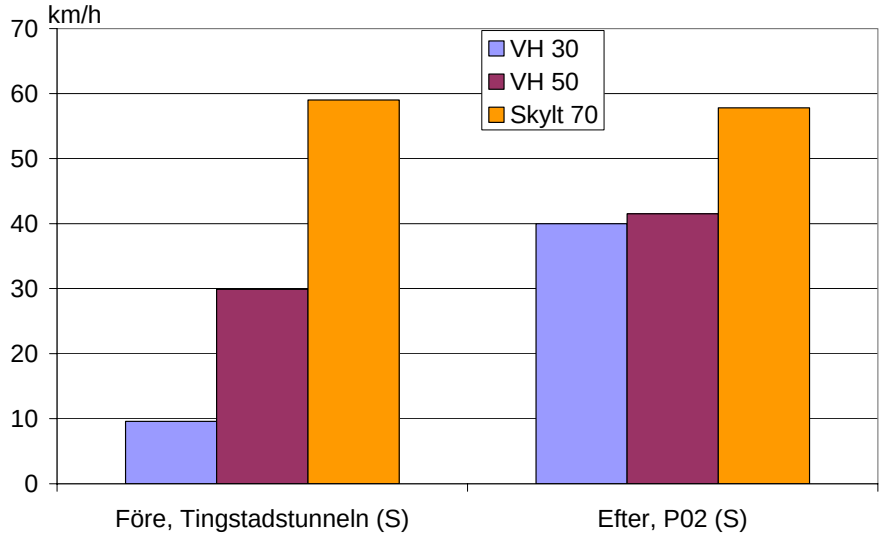
Trafikeffekter

Mätningarna av trafikdata har genomförts i form av förstudier och efterstudier under perioder med likartade yttre förutsättningar.

På försökssträckorna i Göteborg har trafikmängden ökat mellan före- och eftermätningarna med 3-5 %. Trafiken påverkades knappast av yttre omständigheter. På E18 Norrtäljevägen har under morgonens högtrafiktid flödet minskat 10 – 20 % mellan före- och eftermätningarna. Införandet av trängselavgifter sommaren 2007 kan förmodas ha påverkat flödet.

Efter drifttagning av VH har de två lägsta hastighetsgränserna varit aktiverade under 9 % av tiden i såväl Mölndal som Tingstadstunneln och 7-11 % på Ölandsbron (sommartid, 50 och 70 km/h). Motsvarande för de två lägsta hastighetsgränserna på Norrtäljevägen är 11-12 %. På Norrtäljevägen har 50 km/h visats för fler bilister än den högsta gränsen 100 km/h.

I Tingstadstunneln har VH bidragit till en avsevärd höjning av medelhastigheten då kriterierna för de båda lägre hastighetsgränserna är uppfyllda. Detta framgår av nedanstående diagram.



På Mölndalssträckan sjunker hastigheten snabbt utan VH vid ökad trafiktäthet med successivt ökad risk för sammanbrott, riktning norrut mot centrum. Vid situationer med köbildning och kö är hastigheten 30 km/h eller lägre i den norra delen av sträckan. Med VH minskar hastigheten inte lika snabbt. Man erhåller en harmonisering av flödet så att hastigheten kan ligga på en högre genomsnittlig nivå. Samtidigt ökar kapaciteten marginellt. Dessutom minskar hastighetsskillnaden mellan körfälten i riktning mot centrum. I motsatt riktning ökar hastighetsspridningen men genom att hastigheten generellt successivt ökar söderut innebär detta att säkerhetsrisken begränsas.

Under det första året tillämpades på Mölndalssträckan rekommenderad hastighetsvisning. Resultaten ger ingen entydig vägledning om rekommenderade eller föreskrivna hastighetsgränser är mest lämpade för trafikstyrning. Rekommenderade

hastighetsgränser skulle kunna tillämpas som varning för att bemästra framkomlighetsproblemen där trafiken oftast har tätnat. Å andra sidan kan det vara olämpligt att blanda olika tekniska styrsystem.

På E18 Norrtäljevägen har hastigheterna främst på de högre utmärkningsnivåerna sjunkit efter införandet av VH. Även hastighetsskillnaden mellan körfälten har minskat på 90- och 100-nivå vilket är positivt ur trafiksäkerhetssynpunkt.

På Ölandsbron är anpassningen till de visade VH-gränserna god. När hastighetsgränsen är 90 km/h kör ca 80 % av alla bilister med en hastighet som ligger under 90 km/h. Bilisterna kör också med ungefär samma hastighet i båda körriktningarna.

Attityder
Trafikstyrda variabla hastighetsgränser uppfattas positivt av majoriteten av bilisterna, i största utsträckning av trafikanterna på Ölandsbron. En anledning till detta kan vara att VH-systemet där även styrs av väglag och vind. Men även på de andra sträckorna är det mer än hälften av bilisterna som tycker att variabla hastighetsgränser är bra.

Bilisterna på sträckorna genom Mölndal förstår inte skillnaden på de variabla vägmärken som har röd ring (föreskrivna gränser) och de utan (rekommenderade). Ständigt lysande vägmärken (som på Norrtäljevägen) innebär att väldigt få bilister upplever att de kan vara ur funktion jämfört med om de bara lyser då hastighetsgränserna är sänkta.

Förhållandevis många svarar att deras respekt för hastighetsgränser har ökat sedan införandet av variabla hastighetsgränser. Respekten är störst bland de bilister som tycker att variationen av hastighetsgränser stämmer med den aktuella trafiksituationen. Ändå kör de flesta över gällande hastighetsgräns och de främsta anledningarna är att man följer trafikrytmen eller att man inte har sett eller uppfattat vilken hastighetsgräns som gäller. Många bilister tycker att för låga hastigheter visas än vad som motiveras av trafiksituationen.

Körbeteendet har förändrats. Nästan hälften menar att de blivit mer uppmärksamma på övrig trafik.

Trafiksäkerhet
Trafiksäkerheten på trafikstyrda sträckor påverkas dels av att den högsta tillåtna hastigheten (vid fritt flöde) höjs, dels genom att VH införs vid tät trafik och risk för köbildning.

Resultat från körningar med följebil (”floating-car”) indikerar att plötsliga inbromsningar vid mycket låga hastigheter har blivit ovanligare. Utländska rön antyder att trafikstyrning med VH/MCS och 90-110 km/h som normalhastighet skulle kunna minska personskadorna med ca 10 %. En uppföljning för Mölndal efter två års drift visar att olyckskvoten dvs. antal personskadeolyckor per miljon fordonskilometer har minskat med 20 % både med rekommenderad VH och med föreskriven VH. Underlaget är dock för litet för att kunna ge säkra slutsatser. Statistik om olycksutfallet för E18 Norrtäljevägen indikerar att där finns ingen skillnad före respektive efter drifttagandet av VH.

Framkomlighet och miljö
Införandet av VH på Mölndalssträckan och Tingstadstunneln har medfört dels höjda medelhastigheter vid måttlig och tät trafik, dels att situationer med köbildningar blivit mer sällsynta. Båda dessa effekter leder till att framkomligheten förbättras och tidskonsumtionen minskar. Restiden på hela försökssträckan E6 Mölndal och Tingstadstunneln har förkortats med i genomsnitt 22 sekunder i riktning mot norr och 37 sekunder i riktning mot söder, en förbättring med ca 5 %.

På försökssträckan E18 Norrtäljevägen finns två tydliga flaskhalsar i morgontrafiken söderut som påverkar framkomligheten. Köerna till följd av den nordliga flaskhalsen sträcker sig förbi den punkt där VH-anläggningen börjar vilket förtar effekterna av VH. Däremot tycks situationen ha förbättrats väsentligt i den flaskhals som finns vid Danderyds Sjukhus och som sprider köer upp mot Mörby Centrum.

För Tingstadstunneln och Mölndalssträckan har utsläppen av koldioxid samt bränsleförbrukningen ökat främst till följd av hastighetsökningen. Det gäller även på Ölandsbron medan effekterna på Norrtäljevägen bedöms vara marginella. De positiva effekterna av homogeniserat flöde har inte beaktats. I övrigt har bullerproblemen dominerat miljöfrågorna på Ölandsbron och för E18 Norrtäljevägen förs diskussioner om effekterna av partikelutsläpp.

Samhällsekonomi
Samhällsekonomiska beräkningar har utförts för anläggningen i Mölndal. Fördröjningarna/tidsåtgången på sträckan har på grund av högre medelhastigheter minskat till ett värde av 36 Mkr/år eller med 15 %.

För bedömningen av säkerhetseffekter finns bl a statistik två år före och ca två år efter införandet av VH som visar minskat olycksutfall med 20 %. På grund av osäkerheten av kort uppföljningstid antas i beräkningen att VH bidrar till hälften av den konstaterade reduktionen, vilket motsvarar ett värde av 2 Mkr/år. Enligt Samkalk-programmet ökar miljökostnaderna med 5 % genom införandet av VH vilket innebär 2,6 Mkr/år.

Med de bedömda effekterna och en årskostnad för E6 Mölndal på 37,2 Mkr inkl. drift erhålls för en tjugoårsperiod en trolig nytta som överstiger kostnaden 10 gånger. Även VH-systemet i Tingstadstunneln bedöms vara en lönsam investering medan installationen på E18 Norrtäljevägen behöver trimmas för att bli lönsam.

Preliminär strategi
Variabel hastighet förefaller vara ett verksamt medel för att hantera trängsel och begynnande köer där hastigheterna riskerar att plötsligt minska dramatiskt. Det gäller främst på stora leder med relativt stora trafikflöden och återkommande kapacitets- och säkerhetsproblem. Även sträckor som har kurvor, backar och vägöverfarter som bryter av siktlinjen kan vara lämpliga objekt.

En rimlig strategi kan vara att ta reda på var plötsliga hastighetssänkningar ofta inträffar och köbildning börjar uppstå på de stora infartslederna. Där det normalt finns utvecklad kö under högtrafiktid har VH liten påverkan eftersom fordonen ändå måste anpassa sig till hur kön rör sig. Här är det mer lämpligt med information.

Vid goda förhållanden (i princip lågt trafikflöde) kan det med VH finnas utrymme för att höja den högsta tillåtna hastighetsgränsen. När denna normalhastighet gäller bör fast hastighetsvägmärke (släckt VH) tillämpas. Tänd VH med lägre hastighetsgränser tillämpas vid försämrade förhållanden.

Internationella erfarenheter visar att övervakning är ett effektivt medel för att se till att hastigheterna anpassas till den nivå som märkts ut. Detta leder till minskad hastighetsvariation och därmed ett mer homogent flöde, effekter som blir varaktiga. Informationen till trafikanterna om hur trafikstyrda VH-system fungerar måste förbättras och spridas. Detta gäller även till polis, väghållare och andra som verkar i vägtrafiksystemet.

1 Inledning

1.1 Projektets tillkomst

Allt högre hastigheter på de svenska vägarna medför risk för försämrad säkerhet. Ett bakomliggande problem är trafikanternas bristande respekt för de föreskrivna hastighetsgränserna som överskrids av mer än hälften av bilförarna. Detta är särskilt allvarligt vid tillfällen då sämre och mer riskfyllda förhållanden råder. Vid sådana tillfällen finns behov av att tillfälligt sänka den högsta tillåtna hastighetsgränsen.

Om hastighetsgränsen upplevs som rimlig med avseende på vägens utformning och den rådande trafik-, väder- och väglagssituationen och som rättvis i jämförelse med andra vägsträckor kan efterlevnaden av hastighetsgränserna förväntas öka.

I september 2002 fattade regeringen beslut om en förordning för försöksverksamhet med variabla hastighetsgränser fram till årsskiftet 2007/2008. Variabel hastighetsgräns (VH) innebär att hastighetsgränsen tillfälligt sänks med omställbara, lysande vägmärken då försämrade och mer riskfyllda förhållanden råder.

1.2 Övergripande syfte och förväntningar

Det övergripande syftet med projektet Variabel Hastighet (VH) har varit att ge underlag för ett eventuellt införande av variabla hastighetsgränser i Sverige, dvs ingå som ett av flera verktyg för att styra fordonshastigheterna. Detta sker genom att visa om och hur VH kan bidra till en bättre hastighetsanpassning på ett kostnadseffektivt sätt. Här ingår att få kunskap om

- effekter på de övergripande målområdena tillgänglighet, trafiksäkerhet och miljö
- förändringar av beteenden, attityder och acceptans
- ändamålsenlig teknik och organisation
- ekonomi – inklusive samhällsekonomisk lönsamhet

Projektet syftar också till att åstadkomma föreskrifter och allmänna råd för användning av variabel hastighetsgräns inom olika tillämpningsområden.

De övergripande förväntningarna på användningen av VH är att

- förståelsen för och acceptansen av hastighetsbegränsningar ökar
- hastighetsanpassningen förbättras och efterlevnaden av högsta tillåten hastighet ökar
- framkomligheten ökar vid goda körförhållanden
- trafiksäkerheten höjs i risksituationer
- miljön inte påverkas negativt

1.3 Utvärderingsprocessen – översikt av ingående aktiviteter

Utvärderingen bygger på bearbetning av inhämtade data med stöd av analys- och värderingsmodeller. Datainhämtning sker på försöksplatsen dels innan VH-systemet installerats (föremätning), dels då systemet varit i bruk ett antal månader då driften

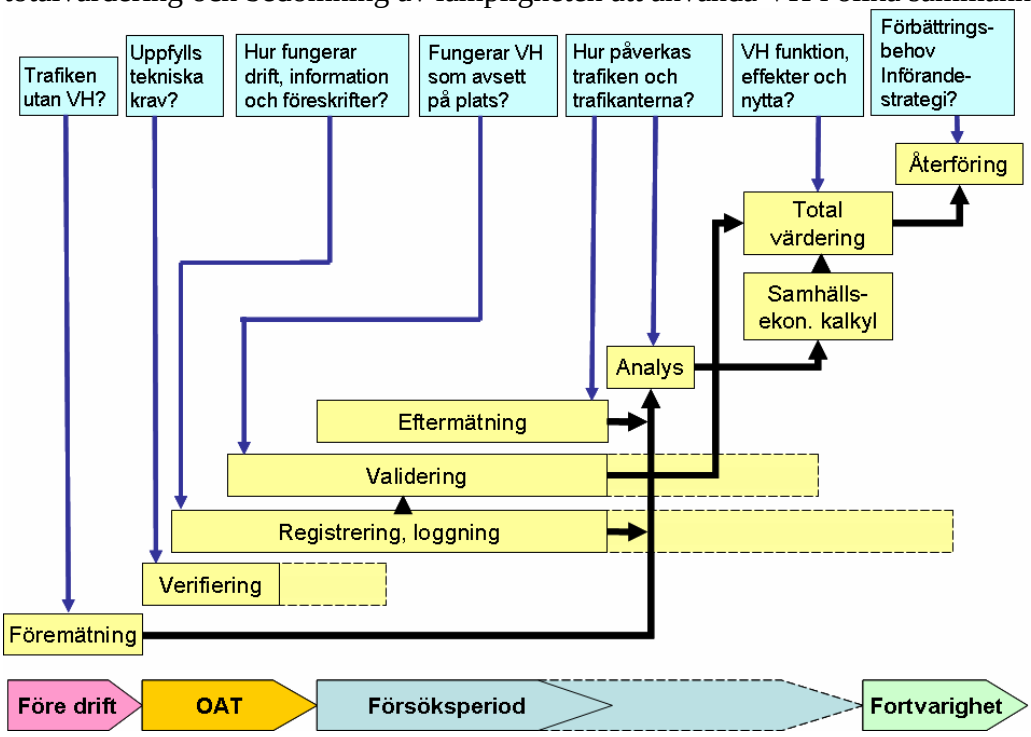
stabiliserats och trafikanterna kunnat vänja sig (se figur 1.1). Eftermätningen bör dessutom ske under samma period på året med likartade förhållanden som föremätningen för att möjliggöra jämförelse. Trafikdata samlas också in från kontrollplatser/ sträckor för bedömning av eventuella spridningseffekter.

Verifiering av den tekniska funktionaliteten görs i samband med slutbesiktning före drifttagning och därefter sker kontroller och justeringar under en provperiod (OAT). Validering genomförs för att tillse att systemet fungerar som avsett under olika förhållanden och för olika trafikantgrupper/fordonsslag. Denna innefattar driftuppföljning, inklusive samtal med berörd personal och analys av loggar etc.

Trafikanternas intryck och upplevd reaktion samt åsikter och kännedom om Variabel Hastighet mäts, analyseras och dokumenteras genom enkäter och fokusgrupper. Spontant inkomna synpunkter tillvaratas också.

Påverkan på trafikanternas beteenden och påverkan på trafiken inhämtas genom registrering av data (hastigheter, hastighetsförlopp, tidsluckor, konflikter etc) med olika mätmetoder. Uppgifterna analyseras och hypotesprövas i kombination med påverkande faktorer. Tillståndsförändring avseende hastighetsanpassning och efterlevnad av gällande högsta tillåten hastighetsgräns värderas.

Samhällsekonomisk beräkning utförs av VH-utmärkningens inverkan på målområdena framkomlighet (tillgänglighet), trafiksäkerhet och miljö. Grunddata från effektmätningar, driftskostnader mm används i kalkyler som bygger på utvecklade modeller och samband. Resultaten från de olika delprocesserna ligger till grund för en totalvärdering och bedömning av lämpligheten att använda VH i olika sammanhang.



Figur 1.1 Aktiviteter för utvärderingens genomförande

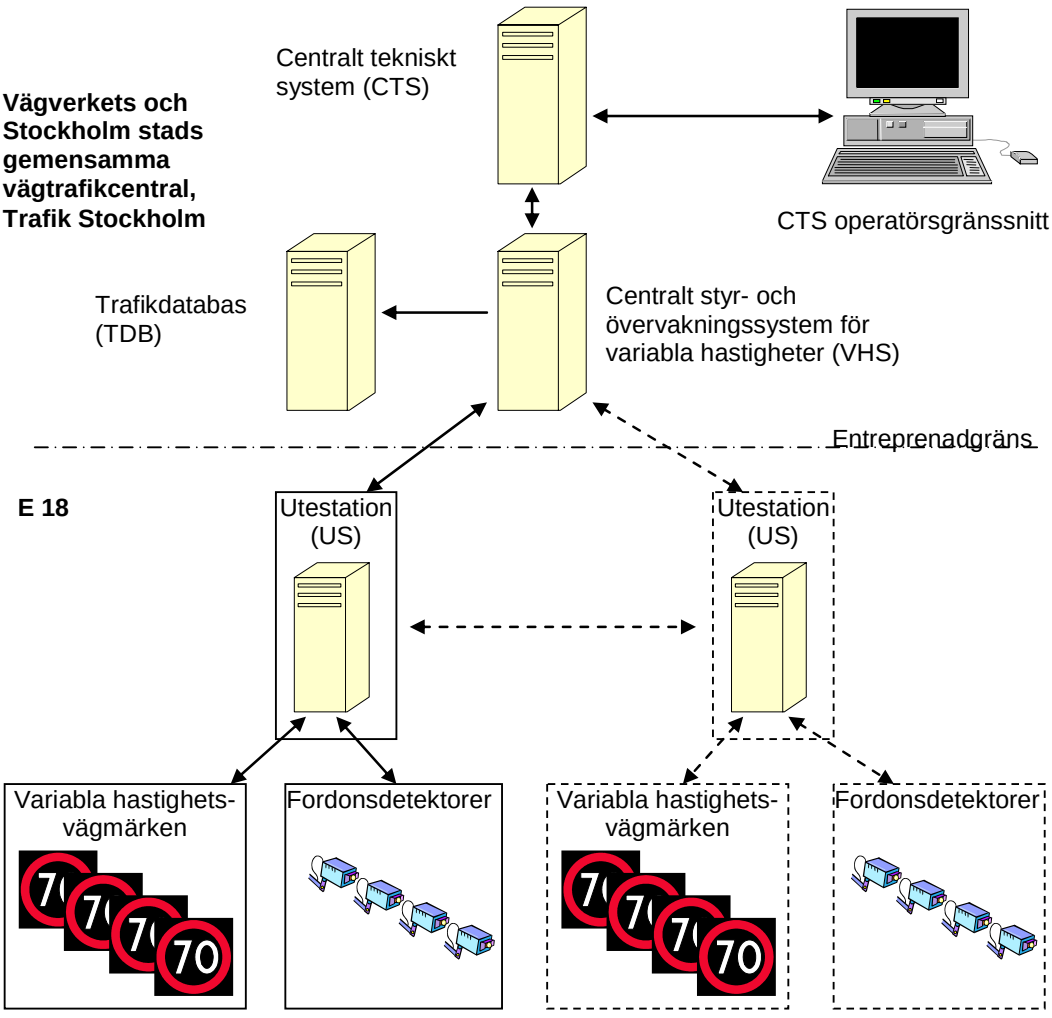
1.4 Kort systembeskrivning med fokus på trafikstyrd VH

På försöksplatserna har teknisk utrustning installerats beroende på vilka uppgifter som ska ligga till grund för systemets reglering. På trafikstyrda sträckor finns detektorer som registrerar fordonspassager i respektive körfält. Uppgifterna används för att beräkna främst flöde och hastighet och i vissa fall även beläggning. På trafikintensiva infartsleder sker registreringen med mikrovågssensorer som är placerade på portaler med inbördes avstånd mellan 500 m och 1000 m, medan traditionella slingor i vägbanan med glesare placering används i landsbygdsmiljö. Hastigheten på skyltarna ändras automatiskt då bestämda gränsvärden uppnåtts (se avsnitt 2.3).

Uppbyggnad av ett trafikstyrt system visas i nedanstående figur. Illustrationen avser E18 Norrtäljevägen och visar en konfiguration utan GSV (Generellt Styrsystem Vägmärken) som centralt system. GSV används för de flesta VH-objekten.

Trafikstyrda system reglerar den högsta tillåtna hastigheten på den aktuella sträckan med hänsyn främst till trafikflöde och fordonshastighet. Regleringen bygger på att trafikdata samlas in med hjälp av fordonsdetektorer och att bearbetning av data sker i en eller flera s.k. utestationer som styr ut aktuellt hastighetsbudskap på vägmärkena.

Systemet är konstruerat för att vara robust och för att snabbt kunna åtgärda uppkomna fel. Det finns flera övervaknings- och loggningsfunktioner inklusive inbrottslarm.



Figur 1.2 Systemuppbyggnad för E18 Norrtäljevägen med anslutning till Trafik Stockholm.

1.5 Projektets organisation och genomförande

Projektet drivs av Vägverket centralt där enheten Samhälle och Trafik på uppdrag av Huvudkontoret genomför försök med variabla hastighetsgränser. En särskild försöksförordning har utfärdats som medger att den högsta tillåtna hastigheten, beroende på förhållandena på vägsträckan, får variera över tiden och bestämmas till mellan 30 och 120 km/h med intervaller om 10 km/h.

Den centrala projektorganisationen svarar för projektledning, mätning och utvärdering, information, utveckling av teknikstöd (inkl ett gemensamt datahanteringssystem - GSV) och för gemensam upphandling. Vidare ingår föreskriftsarbete, förvaltningsorganisation, utformning av normer och kriterier samt omvärldsbevakning. Regionerna tar fram kandidatplatser för försöksverksamhet, anskaffar med centralt stöd utrustning, samt installerar och driftsätter anläggningarna. Regionerna svarar också för förvaltning och operationell drift av anläggningarna.

Flera slags tillämpningar ingår i försöket – fotgängarstyrning vid övergångsställe, fordonsstyrning vid busshållplats och vägkorsning, väglags- och väderstyrning för vägsträcka samt trafikstyrning för vägsträcka. Denna rapport är en s.k. tillämpningsrapport som omfattar projektets trafikstyrda objekt med funktionen att hastighetsgränsen på sträckan sänks till olika nivåer beroende trafikflöden, hastighetsnivåer och trafiktäthet.

1.6 Några använda förkortningar och uttryck

85-P	85-percentilen dvs den nivå som 15 % av populationen överskrider
CO_2, CO	Koldioxid, koloxid
CTS	Centralt Tekniskt System – plattform för Trafik Stockholms trafikledning
f/d	Antal fordon per dygn
f/h	Antal fordon per timme
Floating car	Mätning med bil som följer med trafikströmmen
FS, ES	Förestudie, Efterstudie (då VH-systemet är i bruk)
GCP	Generell KommunikationsPlattform
GSV	Generellt Styrsystem Vägmärken; En regiongemensam IT-lösning för styrning och övervakning av omställbara vägmärken.
K1	Körfält 1 (körfältet närmas mittremsan på E18 Norrtäljevägen)
Vk1	Högerkörfältet (det långsamma) på Mölndalssträckan
LB, PB	Lastbilar, personbilar
MCS	Motorway Control System / Körfältsreglering

Normaliserat VH-objekt	VH-objekt som anskaffas, byggs och drivs i en fortvarig verksamhet efter försöksperiodens utgång,
NOx	Kväveföreningar
OAT	Operation Acceptance Test, driftsäkerhetsverifiering
TIC	Trafikinformationscentral, en i varje Vägverksregion
TRISS	Vägverkets Trafikantinformationsstödsystem
UPS	Uninterrupted Power Supply, utrustning för avbrottsfri (reserv)kraft
VH	Variabel Hastighet
VMS	Omställbart vägmärke *eller* variabel meddelandeskylt
VVIS	Vägverkets vägväderinformationssystem
ÅDT	Årsdygnstrafik - medelvärde för trafikflöde på viss sträcka under visst år
ÖD	Övervakningsdator

2 Objektbeskrivningar

2.1 Trafikstyrda objekt

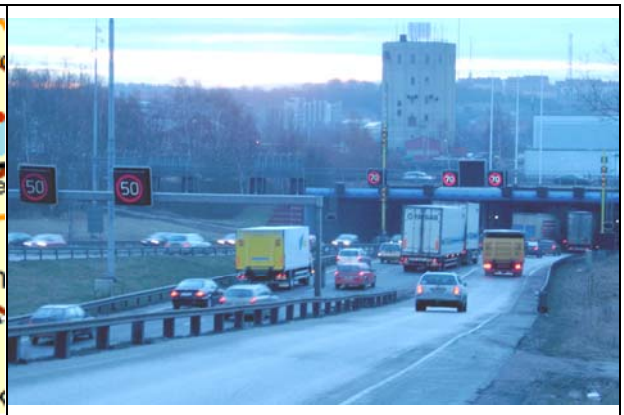
VH-projektet omfattar totalt 20 försöksanläggningar. Sex av dessa har eller har haft trafikstyrd VH nämligen:

- E6 Tingstadstunneln
- E6 Mölndal (Åbro-Kallebäck)
- 137 Ölandsbron (begränsad utvärdering, styrs även av väglag och vind)
- E18 Norrtäljevägen
- E45 Götatunneln (har inte utvärderats)
- E18 Västmanland (används i annan tillämpning, har inte utvärderas)

De objekt som ger störst bidrag till utvärderingen är i första hand E6 Mölndal och även E6 Tingstadstunneln. Ölandsbron och E18 Norrtäljevägen bidrar i begränsad omfattning (vissa trafikdata och resultat från attitydmätningar).

Nedan visas försöksanläggningarna på översiktskartor och ett foto med systemet i bruk. Därefter ges en kort beskrivning av de fyra anläggningar som utvärderats.

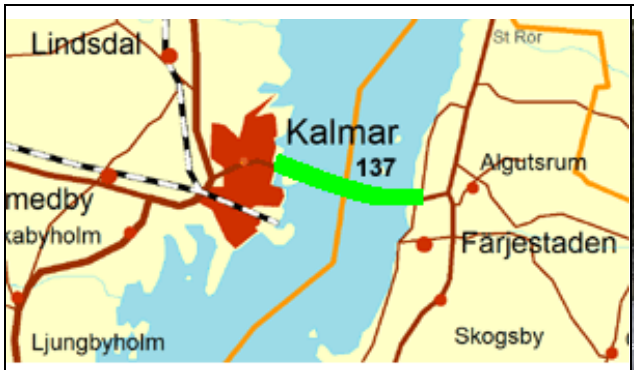
Copyright Lantmäteriverket 1999. Ur GSD-Ekonomiska kartan Dnr: L1999/139



E6 Tingstadstunneln

Copyright Lantmäteriverket 1999. Ur GSD-Ekonomiska kartan Dnr: L1999/139

E6 Mölndal (Åbro-Kallebäck)



Copyright Lantmäteriverket 1999. Ur GSD-Ekonomiska kartan Dnr: L1999/139

137 Ölandsbron

Copyright Lantmäteriverket 1999. Ur GSD-Ekonomiska kartan Dnr: L1999/139

E18 Norrtäljevägen

Objekten nedan har inte utvärderats:

Copyright Lantmäteriverket 1999. Ur GSD-Ekonomiska kartan Dnr: L1999/139

E45 Götaleden

Copyright Lantmäteriverket 1999. Ur GSD-Ekonomiska kartan Dnr: L1999/139

E18 Västmanland (foto från period med trafikstyrd VH, används nu för vägarbetsutmärkning)

2.2 Korta beskrivningar av respektive objekts utformning

2.2.1 E6 Tingstadstunneln

E6 i området kring Tingstadstunneln är mycket hårt belastad. Långvariga köer uppstår regelbundet under morgonens och eftermiddagens högtrafik. I genomsnitt passerar 120 000 fordon/dygn genom Tingstadstunneln.

Trafikplatserna vid tunnelns till- och frånfarter är synnerligen komplicerade, särskilt i den södra delen. Då kapacitets-maximum snabbt uppkommer under högtrafiktid sprider sig köerna till det angränsande vägnätet med incidenter och olyckor som följd. Antalet upphinnandeolyckor har varit onormalt högt.

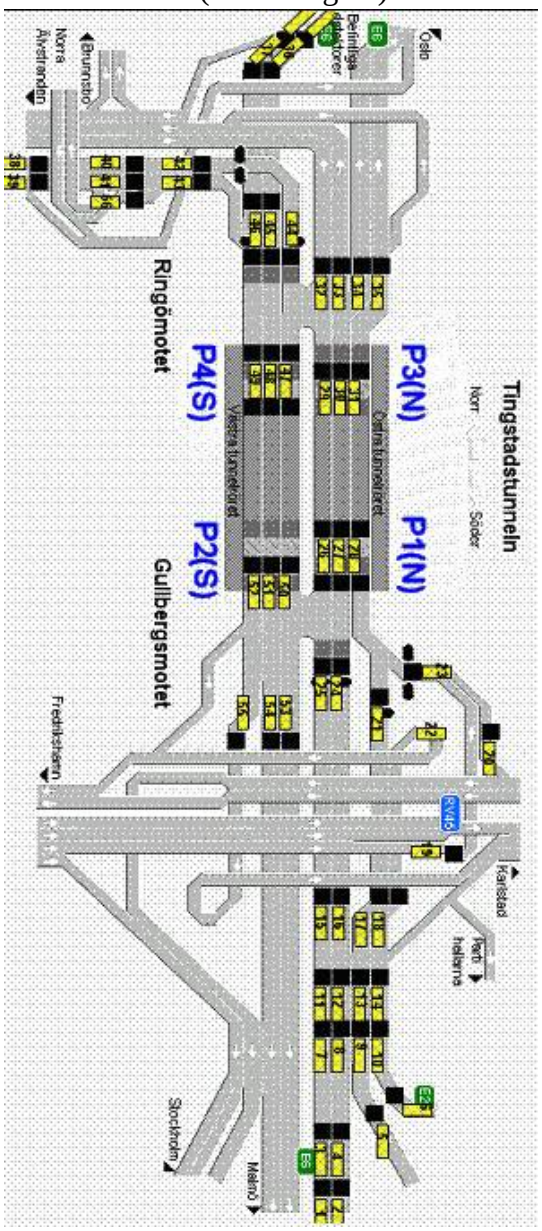
Tingstadstunneln har sedan öppnandet 1968 haft ett föråldrat trafikledningssystem. Detta ersattes 2004 med MCS (Motorway Control system) med variabla, föreskrivna hastighetsbegränsningar och körfältssignaler.

Aktuell hastighetsgräns märks ut på vägmärket automatiskt utifrån styrkriterierna. Systemet övervakas och styrs från Vägverkets trafikinformationscentral (TIC). Avstängning av körfält (t ex vid olyckor eller andra hinder) sker med hjälp av körfältssignalerna som manövreras från TIC.

Hastigheten ändras från 70 km/h till:

- 50 km/h när trafiken är tät (se styrkriterier i avsnitt 2.3)
- 30 km/h när kö eller risk för kö råder

Norrut (mot Kungälv)



Söderut (mot Centrum)

Figur 2.1 VH-konfiguration i Tingstadstunneln

Anledning till försöket med variabel hastighet i Tingstadstunneln
Syftet med projektet är att undersöka om dynamiska hastighetsgränser kan

- homogenisera hastigheterna för att hålla trafiken flytande längre och på så sätt senarelägga kapacitetssammanbrott
- mildra effekterna av hög trafikintensitet och trafikstörningar
- minska antalet skadade i trafikolyckor främst påkörningsolyckor (upphinnande-olyckor)
- ge positiva miljöeffekter genom ett jämnare trafikflöde och därmed minskade utsläpp

2.2.2 E6 Mölndal sträckan Åbro - Kallebäck

Väg E6/E20 är den mest trafikerade leden i Göteborg. På vägavsnittet mellan Åbro i söder och Kallebäck uppgår trafikmängden till 70 - 80000 f/d. Sträckan är 4,6 km lång.

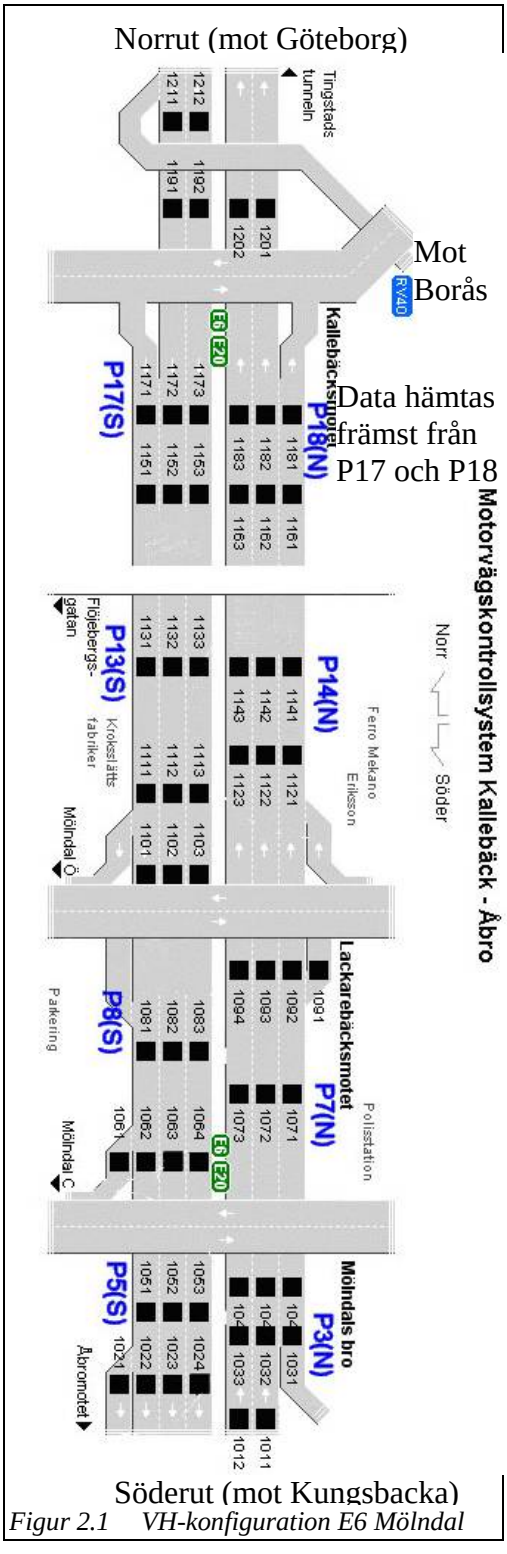
2002 förändrades sträckan från fyrfältig till sexfältig stadsmotorväg med smala körfält utan vägren. Av säkerhetsskäl sänktes då den högsta tillåtna hastighetsgränsen från 90 till 70 km/h. För att möjliggöra 90 km/h vid lågt flöde och i övrigt anpassa hastigheterna efter trafikförhållandena infördes i nov 2004 MCS (Motorway Control System) med rekommenderande hastigheter under första året, därefter föreskrivna.

Förutom omställbara vägmärken över varje körfält består anläggningen av en rad komponenter såsom skyltarnas styrlogik, reservkraft (UPS), trafikdetektorer samt styr-, loggnings- och kommunikationssystem.

Anläggningen kommunicerar via lokal övervakningsdator (ÖD) och central server med vägtrafikledare i trafikinformationscentral (TIC). Övervakning sker genom en i TIC installerad programvaruklient. Sådana används för övervakning och manövrering av alla Vägverkets anläggningar för VH. TIC i Göteborg sköter manövrering av E6 Mölndalsvägen. Kommunikationen sker normalt via telefonlinje, men det finns också alternativ med SMS till TIC och entreprenör.

Den högsta tillåtna hastighetsgränsen är 90 km/h. Denna ändras mht trafikförhållandena:

- 70 km/h vid tät trafik (se styrkriterier i avsnitt 2.3)
- 50 km/h vid risk för köbildning eller köbildning
- 30 km/h vid risk för kö eller kö



Figur 2.1 VH-konfiguration E6 Mölndal

Principen om stegvis sänkning gäller, dvs när kriterierna för visning av 30 km/h i en sektion är uppfyllda ska 50 km/h visas på närmast föregående sektion och 70 km/h på sektionen dessförinnan.

Anledning till försöket med variabel hastighet på E6 Åbro-Kallebäck
Det främsta målet är att få bättre acceptans för hastighetsgränser framför allt under rusningstrafik genom att hastigheterna anpassas till de smala körfälten.

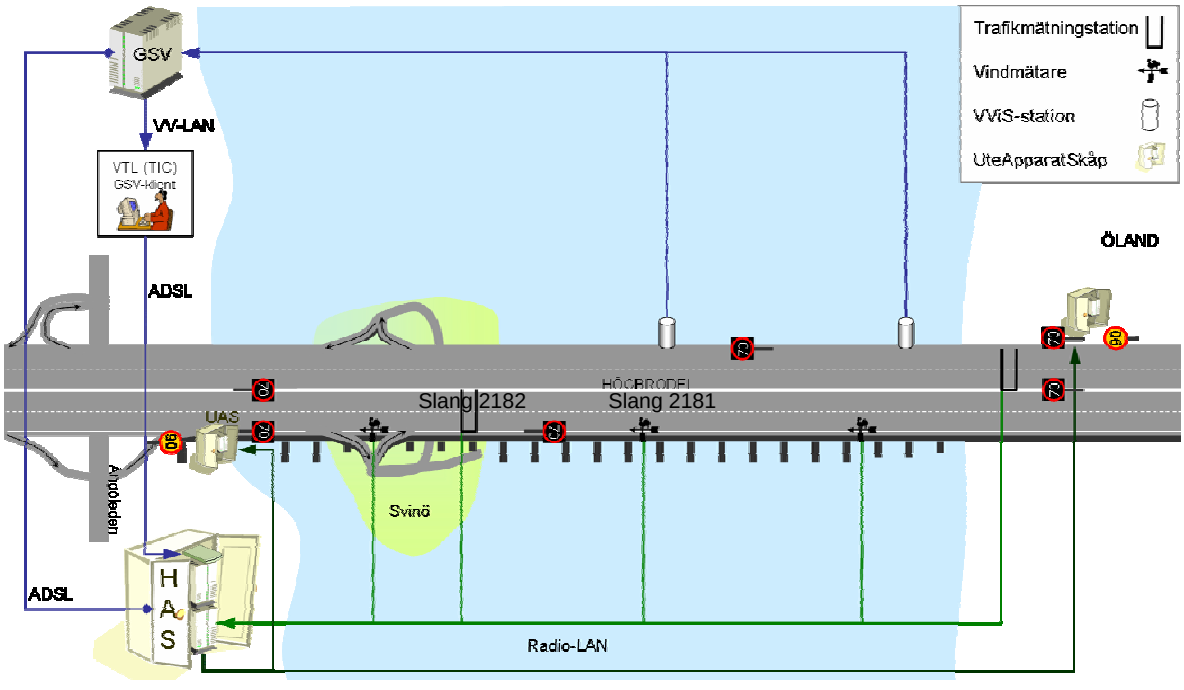
2.2.3 137 Ölandsbron

Ölandsbron är den viktiga förbindelselänken för såväl långväga trafik som pendlingstrafik. Bron är 6 km lång. Den är som mest 42 m hög och har en bredd av 12,8 m mellan kantbalkar/ räcken. Under år 1995 infördes fyrfältsväg med körfältsbredder 3,0 m närmast räcket och 2,6 m i vänsterkörfältet. I samband med detta sänktes den högsta tillåtna hastigheten från 90 till 70 km/h.

Trafikflödet varierar starkt mellan sommar- och vinterhalvåret. Enligt tidigare mätningar kan under sommaren trafikflödet uppgå till 30 000 fordon/dygn och då kan periodvis köer förekomma. Flödet vintertid är ca 10 000 fordon/dygn. Årsdygnstrafiken, ÅDT, är 14 700 f/d. Mycket trafik vållar framkomlighets- och säkerhetsproblem. Ibland förekommer kraftiga sidovindar och omkullblåsta husvagnar. Även dimma kan ställa till bekymmer liksom intensiv nederbörd och besvärligt väglag. Kombinationen mycket trafik och besvärliga väderförhållanden ger problem. Till problembilden hör också buller vid båda broändarna som inneburit att försökssträckan avgränsats till själva bron.

Anläggningen, som installerats på sträckan mellan Trafikplats Svinö och Trafikplats Färjestaden, består av sex stycken variabla hastighetsvägmärken, som går att styra manuellt från TIC (via GSV-klienten). Det finns två VH-vägmärken, på höger respektive vänster sida av vägen, i varje ände på bron. Upprepningsmärke finns på högbrodelen, ett på höger sida i varje körriktning. Det finns två fasta trafikräknepunkter, en i varje riktning och två VVIS-stationer för registrering av väderparametrar.

Utmärkt hastighet styrs av vind-, väglags- och trafikdata. Det är alltid den lägsta föreslagna hastigheten från resp indatakälla som gäller. Trafik och vind styrs automatiskt medan hastighetsbudskap baserat på väglag inledningsvis aktiverades av Trafikinformationscentralen (TIC). Modeller och verktyg har under projektet utvecklats så att även väglagsstyrningen delvis kunnat automatiseras.



Figur 2.3 Utrustning på Ölandsbron

2.2.4 E18 Norrtäljevägen

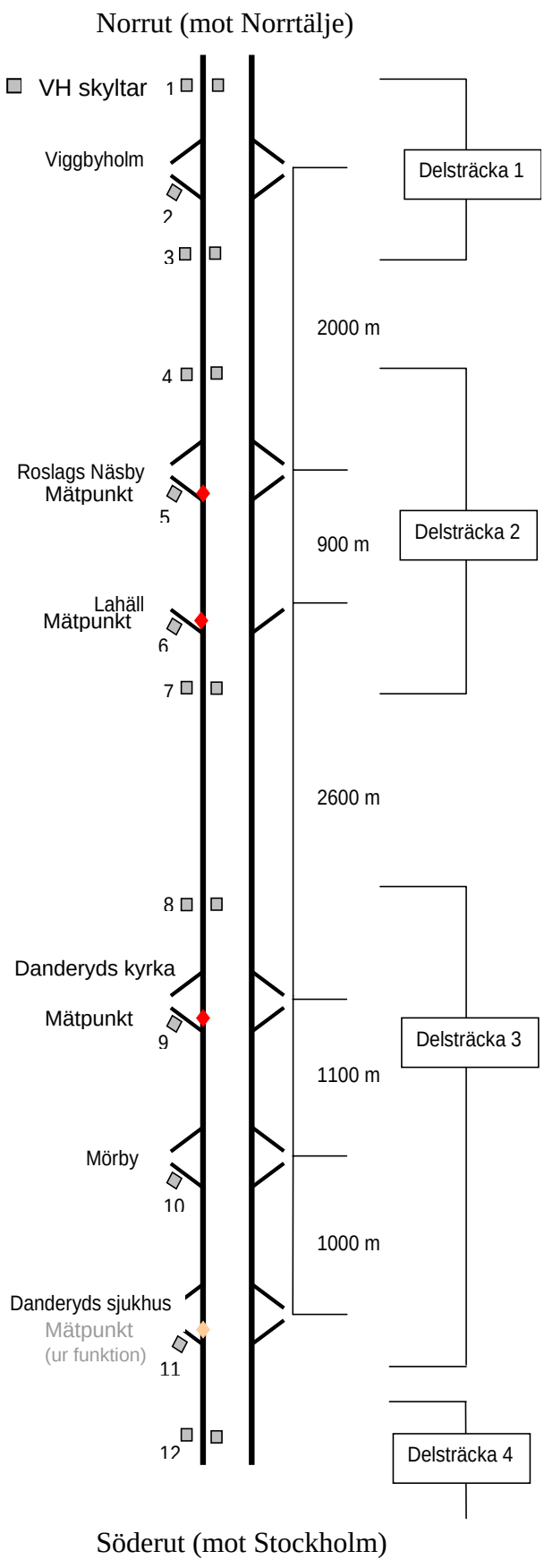
Norrtäljevägen är en viktig infartsled till Stockholm. Motorväg med 2+2 körfält (3+3 i den sydliga delen efter Danderyds kyrka) och busskörfält. Trafikflödet ökar längs sträckan från cirka 50 000 till 65 000 f/d (ÅDT) längst i söder. Maxtimflödena är mycket höga och riktningsberoende.

Hastighetsgränserna (med fast skyltning 90 resp 70 km/h i den södra delen) överskrids regelbundet. Vägen och de aktuella trafikplatserna har flera brister ur säkerhets- och framkomlighetssynpunkt speciellt i sydgående riktning. Under perioden 2000-2005 inträffade 58 polisrapporterade olyckor med personskador varav 1 dödsolycka

VH har införts i södergående färdriktning mellan Viggbyholm och Bergshamra med avsikt att minska antalet olyckor/incidenter och att förbättra framkomligheten genom ett homogenare och stabilare flöde.

Sex portaler har satts upp med stora VMS på respektive portalben som visar variabel tillåten högsta hastighetsgräns. På portalerna finns även mikrovågssensorer för registrering av trafikdata. Dessutom finns VH-vägmärken på påfartsramperna. Antalet VH-vägmärken på sträckan är totalt 18 stycken.

Det tidskritiska informationsutbytet med VMS sker direkt med Trafik Stockholm via snabba, lokala kommunikationslinjer. Den information som ska hanteras av den centrala servern i Borlänge (GSV) överförs dit på fasta förbindelser från Trafik Stockholm. Kommunikationen med centrala system och anläggning vid vägen sker via en Generell KommunikationsPlattform (GCP).



Figur 2.2 VH-konfiguration på E18 Norrtäljevägen

2.3 Likheter och skillnader mellan de ingående objekten

Väg- och trafikförhållanden

Försöksobjekt	Sträcka Km	Vägtyp	Trafikflöde (ÅDT f/d)	Driftsättning
E6 Tingstadstunneln	1,5	Motorväg (3+3)	110000	April 2004
E6 Mölndal	4,6	Motorväg (3+3)	80000	Rekomm. nov 2004 Föreskriv. feb 2006
137 Ölandsbron	6	2+2 smala kf	14700	Maj 2006
E18 Norrtäljevägen	8	Motorväg (2+2)/(3+3)	50 - 65000	Sep 2007

Utrustning och VH-tillämpning

Försöksobjekt	Antal portaler/ resp VH-skyltar	VVIS-stationer	Fasta trafik-räknepunkter	Tillämpning
E6 Tingstadstunneln	Ca 20	-		Trafik
E6 Mölndal	21	-		Trafik
137 Ölandsbron	6	2 (på bron)	1 per riktning	Trafik, väglag, vind
E18 Norrtäljevägen	12	-	4 kameror + 11 mikrovåg	Trafik söderut

Hastighetsförhållanden och styrkriterier

Försöksobjekt	Hastighets-gräns före	Hastighetsgräns med VH	Kriterier (v=hastighet, q=flöde)
E6 Tingstadstunneln	70	**70** 50 30 50 70	*(för södergående trafik):* q > 4800 eller v < 44 km/h i 5 min v < 15 km/h v > 25 km/h q < 4600 eller v > 48 km/h i 1 min
E6 Mölndal	70	**90** 70 50 30 50 70 90	 q > 950 f/h eller v < 35 km/h v < 35 km/h och beläggn > 20 % v < 15 km/h och beläggn > 20 % v > 25 km/h eller beläggn < 17 % v > 45 km/h eller beläggn < 17 % q < 1130 f/h och v > 45 km/h
137 Ölandsbron	70	**90** 80 70 60 50 60 70 80 90	 > 800 f/d; friktion <0,4 >1400 f/d; medelvind >12 m/s;<0,3 >17 m/s; <0,2 >2000 f/d el 42 km/h; >20 m/s; <0,1 <18 m/s; >0,15 <1800 f/d el 46 km/h; <15 m/s; >0,25 <1080 f/d <10 m/s; >0,35 < 600 f/d >0,5
E18 Norrtäljevägen	90	**100** 90 70 50 70 90 100	 q>17 f/min el v<70 km/h el bel>15% q>32 f/min el v<60 km/h el bel>20% q>42 f/min el v<40 km/h el bel>30% q<34 f/min; v>45 km/h & minst 5min q<28 f/min; v>65 km/h & minst 5min q<15 f/min; v>85 km/h & minst 5min

3 Frågor som belyses i utvärderingen

Det grundläggande problemet är trafikanternas i allt högre grad bristande respekt för föreskrivna hastighetsgränser. Trafikanterna upplever ofta att den föreskrivna högsta tillåtna hastigheten inte stämmer överens med hur de själva uppfattar vägen och trafiksituationen. Man tenderar att utifrån egen restid och riskbenägenhet köra fortare än vad som är lämpligt mht omständigheterna.

Utifrån mål och förväntningar kan frågor och hypoteser utformas vilka utvärderingen ska söka ge svar på. De övergripande förväntningarna på VH är att

- förståelsen för och acceptansen av hastighetsbegränsningar ökar
- hastighetsanpassningen förbättras och efterlevnaden av gällande högsta tillåten hastighet ökar
- framkomligheten ökar vid goda körförhållanden
- trafiksäkerheten höjs i risksituationer
- miljön inte påverkas negativt

Ett stort antal frågor ska belysas i utvärderingen, bl a följande:

- Sjunker hastigheten mer med VH än vad den gör av enbart trafikflödet och trängseln på vägen?
- Blir hastighetsskillnaderna mellan fordonen i olika körfält mindre?
- Kan hastigheten med VH vid tät trafik hållas högre under längre tid innan kö uppstår än utan VH?
- Minskar avstånden mellan fordon och blir de mer lika?
- Hur förändras medelhastigheten vid de högsta tillåtna hastighetsgränserna?
- Minskar antalet trafikolyckor, framförallt upphinnandeolyckor?
- Minskar antalet körfältsbyten?
- Förändras utsläppen till följd av jämnare körsätt?
- Förändras framkomligheten (i form av medelhastighet)?
- Förändras trafikflödena på omgivande vägnät jämfört med allmänna förändringar på opåverkade platser?
- Är effekterna större med föreskrivna hastighetsgränser än med rekommenderad hastighet?
- Upplever trafikanterna de variabla hastigheterna som tillförlitliga och trovärdiga
- Kan trafikanterna skilja på innebörden av begreppet högsta rekommenderade hastighet och föreskriven hastighetsgräns?
- Är trafikstyrd VH samhällsekonomiskt lönsam?
- Kvarstår effekterna efter lång tids användning?

4 Mätningar och analys av trafikdata

4.1 Undersökningsmetoder och genomförande

För att mäta och beskriva olika effekter av variabla hastighetsgränser i trafikstyrda anläggningar har en utvärderingsdesign används som går ut på att genomföra före- och efterstudier med olika mätmetoder på försöks- och kontrollsträckor. Mätplanen anpassades så att före- respektive eftermätningarna om möjligt kunde ske under samma period på året och eftermätningarna genomföras minst fyra månader efter driftsättningen se tabell 4.1. Vissa avsteg från denna princip fick göras av bl a tidsskäl.

Fyra mätmetoder, nämligen slingmätningar (kontinuerliga långtidsmätningar i fasta mätpunkter), mikrovågsdetektorer i portaler med körfältssignaler, kameradetektorer (E18 Norrtäljevägen), videofilmning och följebil-mätning (floating car) har använts för att kvantifiera, jämföra och beskriva beteendeförändringar hos bilförare och tillståndsförändringar i transportsystemet.

Tabell 4.1 Lista över försökssträckor, tidsperioder för olika mätningar i före- och efterstudie och driftsättning av Variabel Hastighet i försökssträckor.

Försökssträcka	Förestudie		Drift-sättn	Efterstudie	
	Sling/kamera-mätningar	Videofilmning		sling/mikrovågs-/kameramätning	Videofilmning
E2 Tingstadstunneln	031014 - 031209		Apr04	051004 – 051103	
E6 Mölndal *Rekommenderad* *Föreskriven*	031014 - 031209	040317 resp 031119	Nov04 Dec05	051004 - 051209 060215 – 060530	050331 resp 050330
Ölandsbron	050616 - 050717 051020 - 051211		Jun06	060627 – 060930 061001 – 070117	
E18 Norrtäljevägen (data enbart vardagar)	070116 – 070129 15-minnivå, spec: 061204 – 061222		Sep07	080114 – 080127 15-minnivå, spec: 071203 - 071221	

4.2 Trafikräkningar

Data från mätningar i ***Tingstadstunneln*** ger följande värden i fordon/dygn:

Tabell 4.2 Trafikmängder i Tingstadstunneln

Månad/År	2003 – före	2005 – efter	2006 – efter
Oktober	105200	106200	108020
November	99900	103700	107900
December	102000	103700	107000
	= slingor		
	= mikrovåg		

Troligen finns ett bortfall i november 2003. Resultatet visar att trafikflödet har ökat något i efterstudien (3 - 5 %), vilket kan ha viss inverkan på framkomligheten på sträckan som redan tidigare är överbelastad. Öppnandet av Götatunneln sommaren 2006 bedöms inte få någon större effekt på trafikflödet genom Tingstadstunneln.

I ***Mölndal*** har trafikdata i förestudien hämtats från en fast mätpunkt vid trafikplats Kallebäck i den norra delen av försökssträckan. Efter driftsättning finns detektordata tillgängliga från alla portalerna. Portalerna P17/P18 ligger närmast den fasta räknepunkten och data därifrån har därför använts i efterstudien.

Tabell 4.3 Trafikmängder på E6 vid Kallebäck

Månad/År	**2003 – före**	**2005 - rek**		**2006 – föreskr**
Oktober	75600	78950	78600	80650
November	71600	78300	78150	79900
December	71150	78850	78650	75850
	= slingor			
	= mikrovåg			

Flödet har ökat även på Mölndalssträckan vilket antyder att trängseln skulle ha förvärrats om inga åtgärder vidtagits (undantag decembermätningarna 2005 och 2006).

På ***Ölandsbron*** uppmättes under förestudien sommartid 23 000 f/d totalt i båda riktningarna. Under efterstudien sommartid trafikerades Ölandsbron av knappt 17 000 f/d i båda riktningarna. Midsommarhelgen ingick inte eftermätningarna. Under förestudien vintertid uppgick flödet till 12 200 f/d medan flödet var 13 200 f/d i efterstudien. Personbilarna svarar för ca 94 % och lastbilarna för ca 6 % av trafikarbetet. Det finns ingen signifikant skillnad vad gäller fördelningen på fordonstyper mellan före- och efterstudien på sommar- och vintertid.

På ***E18 Norrtäljevägen*** är ÅDT enligt tidigare mätningar ca 50 000 f/d vid Viggbyholm och ca 65 000 vid Danderyds Sjukhus. Av tabell 4.4 framgår att flödet per timme under morgonens högtrafiktid minskat 10 – 20 % mellan före och eftermätningarna. Införandet av trängselavgifter sommaren 2007 kan förmodas ha påverkat flödet. Vid Roslagsvägens början (strax söder om försökssträckan) minskade antalet passager med 12 % efter införande av trängselavgifter. Observera att K1 är omkörningskörfältet (det vänstra).

Tabell 4.4 Flöde per timme under morgonrusningen på E18 Norrtäljevägen

	Före		*Efter*		*Skillnad*	
	K1-vä	K2-hö	K1	K2	K1	K2
Danderyds kyrka	1847	1326	1561	1127	-286	-199
Lahäll	1682	1397	1584	1319	-98	-78
Roslags Näsby	1345	1082	1233	977	-112	-105

4.3 Skyltaktivitet

Under efterstudien har VH-märkena vid E6 Tingstadstunneln och E6 Mölndal (Kallebäck-Åbro) visat variabla hastighetsgränser enligt nedanstående tabell.

Tabell 4.5 Skyltaktivitet i Tingstadstunneln, Mölndal

Anläggning	Portal / plats	VH-gräns	Tidsandel (%)	Tid per gång medel (h:m)	Frekvens (ggr/dag)
Tingstadstunneln	P04(Söderut)	30	2,1	00:03	10,5
	Mitt i tunneln	50	6,8	00:23	4,2
		(70)	*91,2*		
E6 Mölndal	P18(Norrut)	30	1,3	00:06	2,9
	Kallebäck	50	0,5	00:02	3,4
		70	7,2	00:33	3,1
		(90)	*91,1*		

Totalt sett har vägmärkena i Tingstadstunneln och den valda portalen i Mölndal varit aktiverade ungefär lika mycket men visning av 50 resp 30-km/h är vanligare i Tingstadstunneln.

Skyltaktiviteten på Ölandsbron har delats upp på vinter och sommarförhållanden. Under sommaren styrs VH-utmärkningen i större utsträckning av trafikförhållanden än av väder. 60 km/h märks inte ut baserat på kriterier för trafikstyrning.

Tabell 4.6 Skyltaktivitet på Ölandsbron

Skylt	VH-gräns	Sommar			Vinter		
		Tidsandel (%)	Tid, medel (h:m)	Frekvens ggr/dag	Tidsandel (%)	Tid, medel (h:m)	Frekvens ggr/dag
mot Öland	50	0,2	00:16	0,2	0,2	00:41	0,1
	60	0,2	01:27	0	2,1	01:19	0,4
	70	11,2	00:40	4,1	13,4	02:16	1,4
	80	12,5	00:25	7,1	12,6	01:15	2,4
mot Kalmar	50	0,2	00:17	0,2	0,6	00:58	0,1
	60	0,2	01:27	0	2,1	00:32	1
	70	6,4	00:29	3,1	12,7	00:32	5,8
	80	15,7	00:24	9,3	11,3	00:36	4,5
Sommar =	2006-06-26 till 2006-09-30						
Vinter =	2006-10-01 till 2007-01-26						

Totalt sett har under efterperioden under sommartid **Normala** trafikförhållanden rått under ca 77 % av tiden. Hastighetsgränsen har då varit 90 km/h. Motsvarande andel vintertid är ca 73 % dvs förhållandena har varit goda med bra friktion, utan inverkan av vind och mycket trafik.

På ***E18 Norrtäljevägen*** har data om skyltaktivitet hämtats från de skyltar som står närmast före mätplatsen.

Tabell 4.7 Skyltaktivitet på Norrtäljevägen

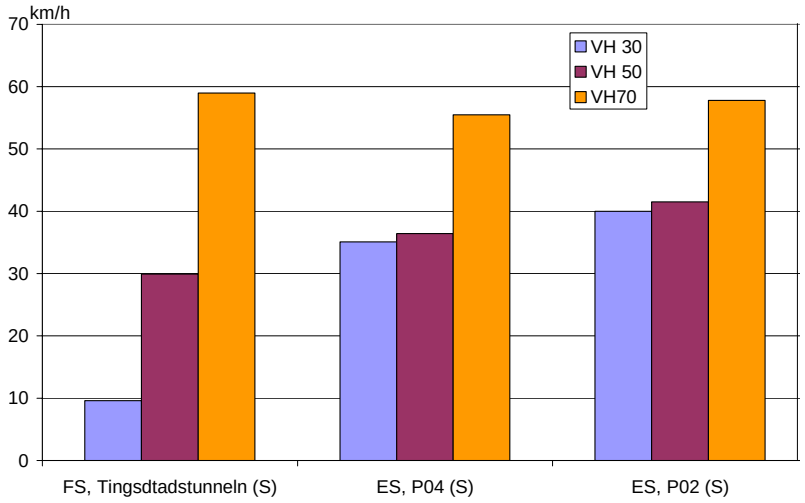
Portal, skyltar	VH-gräns (km/h)	Tidsandel (%)	Tid per gång, medel (h:m)	Frekvens (ggr/dag)
Danderyds kyrka	50	2 %	00:23	1,1
	70	10 %	00:43	3,4
	90	47 %	02:01	5,6
	100	41 %	02:57	3,3
Lahäll och Roslags Näsby (samma VH-utmärkning på båda platserna)	50	8 %	00:53	2,1
	70	3 %	00:11	4,0
	90	44 %	02:07	5,0
	100	45 %	03:28	3,1

På Norrtäljevägen kan noteras att visning av 50 km/h sker i betydligt större utsträckning i Roslags Näsby än i den sydligare punkten vid Danderyds kyrka. Detta indikerar att trängselproblemen är mer påtagliga mitt på försöksträckan än i den sydliga delen närmast centrum. 100 km/h visas mest nattetid då trafikvolymen är låg. Tidsandelen 45 % med 100 km/h gäller därför endast 14 % av trafikarbetet. Tidsandelen 8 % för 50 km/h gäller för 18 % av trafikarbetet. Fler trafikanter ser alltså VH med 50 km/h än VH med 100 km/h.

Förändringar av visad hastighetsgräns på Norrtäljevägen sker vid ungefär samma tid på dygnet. För att möjliggöra en jämförelse mellan före- och eftersituationen har en modell konstruerats utifrån tider då de olika hastighetsutmärkningarna brukar förekomma. Detta har tillämpats för att simulera VH-nivåer på föremätningsdata.

4.4 Hastighetsstudier

I ***Tingstadstunneln*** är trafiksituationen mest problematisk i sydlig riktning. Skillnaderna i medelhastighet i sydlig riktning utan respektive med VH-systemet i bruk illustreras i nedanstående figur. Vid föremätningen (FS) var medelhastigheten 10 km/h då kriterierna för 30-visning var uppfyllda. Vid eftermätningen (ES) då 30 km/h visades, var medelhastigheten 35 – 40 km/h. Även på 50-nivå uppmättes skillnader som indikerar att förekomsten av inbromsningar vid plötsliga köer minskat och att en bättre och tidigare anpassning till trafiksituationen erhållits. På 70-nivå registreras en liten sänkning av medelhastigheten.

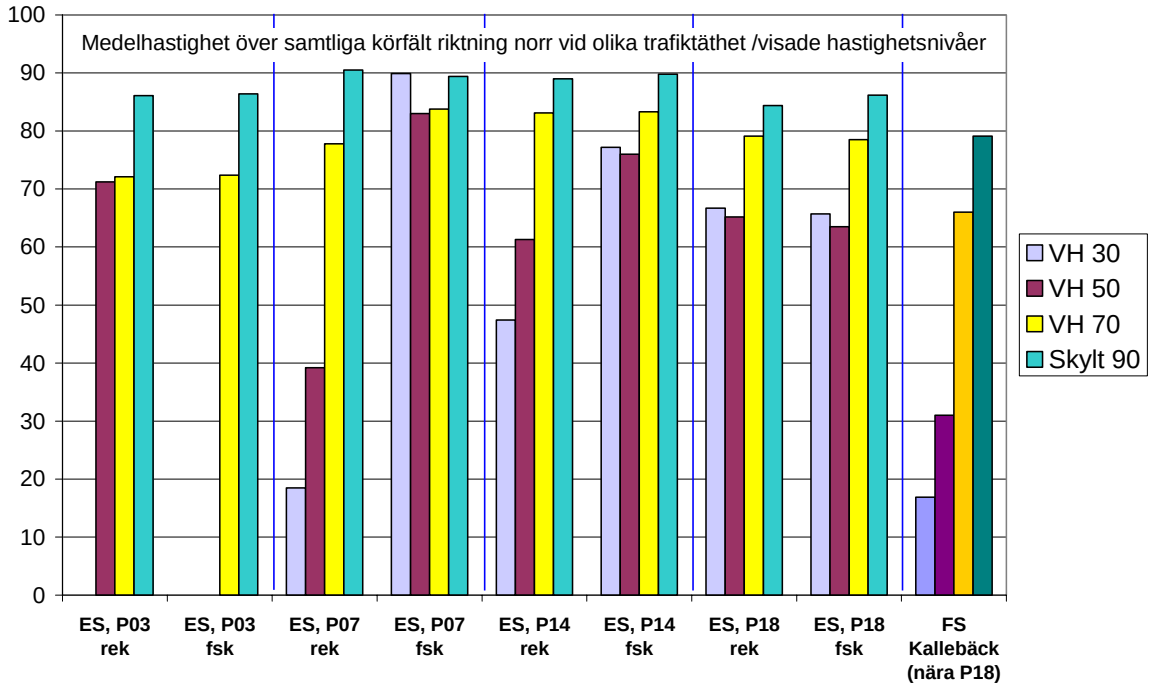


Figur 4.1 Medelhastighet i Tingstadstunneln, söderut före och efter införandet av VH (kf 1-3)

En analys av hastighets/flödessambanden visar att antalet observationer under kapacitetshastigheterna (ca 48 km/h söderut och ca 53 km/h norrut) har minskat markant i efterstudien, vilket är ett tecken på att trafiken flyter bättre.

Av hastighetsprofilerna till och från tunneln vid mynningarna (50-75 m) i båda körriktningarna framgår vidare att det inte finns någon signifikant skillnad på bilisters hastighetsbeteende strax utanför tunneln.

På ***Mölndalssträckan*** sänks hastighetsgränsen till 70 km/h vid tät trafik för att förhindra sammanbrott (styrs av flöde och medelhastighet). Då trafiken blir så tät att risk för kö uppstår tar normala detekteringsfunktioner för incidenter över och hastighetsgränsen sänks till 50 km/h. Vid nästan stillastående trafik (15 – 25 km/h) och hög beläggning skyltas 30 km/h.



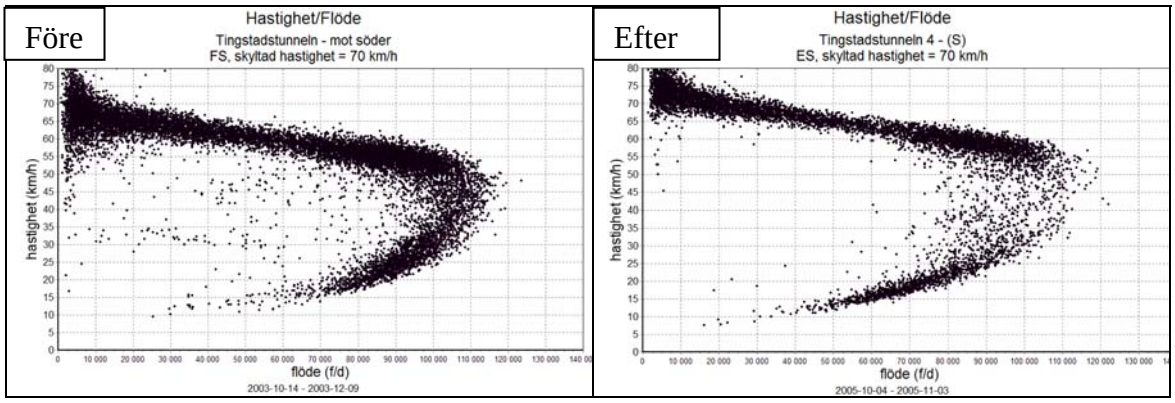
Figur 4.2 Medelhastigheter (alla körfält) för olika trafikförhållanden E6 Mölndal norrut. Resultatet från föremätningar (FS) jämförs främst med mätvärden från P18

Hastigheten utan VH (FS) sjunker snabbt vid ökad trafiktäthet med successivt ökad risk för sammanbrott. Vid situationer med köbildning och kö är hastigheten 30 km/h eller lägre i den norra delen av sträckan närmast centrum (vid Kallebäck). Med VH (ES) minskar hastigheten inte lika abrupt (hastighetsanpassningen sker över en längre sträcka) och man erhåller en harmonisering av flödet så att hastigheten kan ligga på en högre genomsnittlig nivå.

Av figur 4.2 framgår att vid portalerna P07 och P14 är det relativt stora skillnader på hastighetsbeteendet vid de låga VH-gränserna VH30 och VH50 beroende på om dessa gränser är rekommenderade eller föreskrivna. I norrgående riktning tycks anpassningen till de rekommenderade hastighetsnivåerna vara bättre än till de föreskrivna. I södergående riktning råder motsatta förhållanden. En teori kan vara att styrkriterierna är felaktigt satta i nordlig riktning. Flaskhalsen ligger vid P18 där ett körfält försvinner in på avfarten. Men trängseln med VH är inte värre än att hastigheten sjunker till ca 65 km/h. Att då skylta 30 uppströms upp till P7 är irrelevant. Detta har trafikanterna lärt sig och ignorerar därför satt föreskriven hastighetsgräns. Gränsen bör sättas

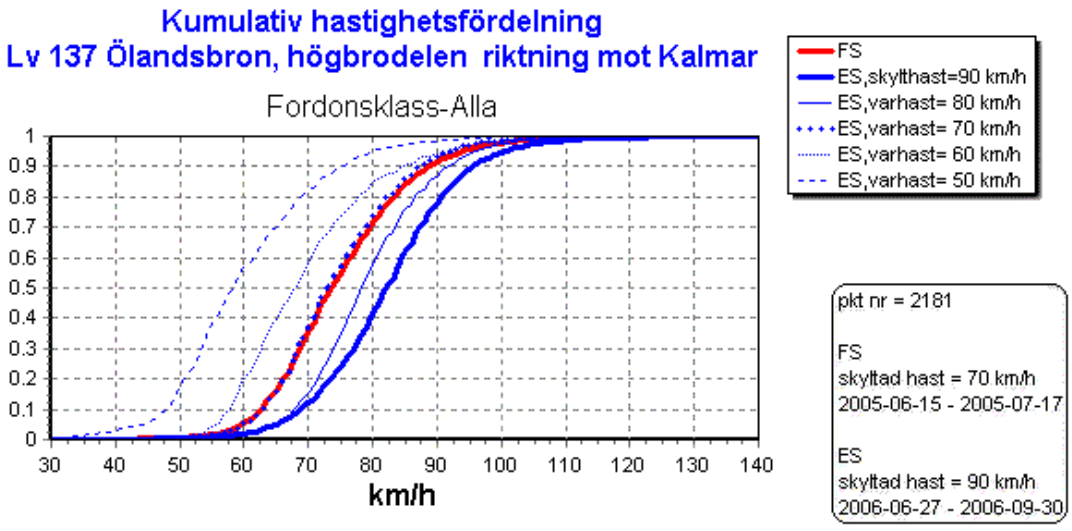
så att den bättre överensstämmer med den faktiska hastigheten (eller 85-percentilen av denna) dvs inte lägre än 50 km/h eller eventuellt 60 km/h. I sydlig riktning ligger flaskhalsen längre söderut och här har trafikanterna lärt sig att det lönar sig att sakta ner redan i början av försökssträckan när 30 skyltas. I andra riktningen ökar hastigheten vilket kan vara riskabelt när oväntade incidenter uppträder. Oftast ökar dock hastigheten successivt söderut för framförvarande fordon, vilket begränsar riskerna. Genom att trafiken glesnar på väg ut från centrum rekommenderas enligt internationella erfarenheter att snabbare höja hastighetsbegränsningen när köerna upplöses. Detta talar för att styrkriterierna skulle kunna vara mindre restriktiva vid återgång.

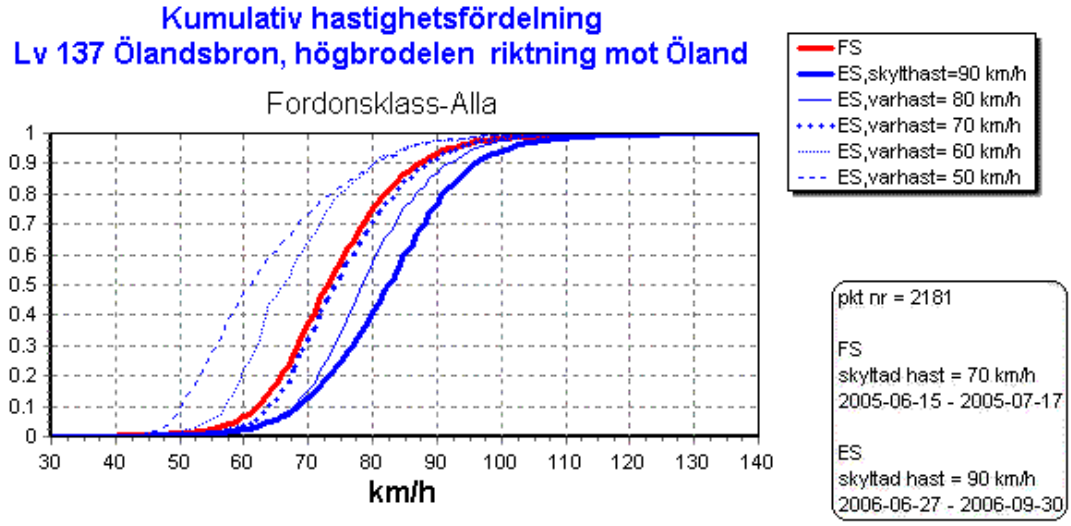
Nedanstående hastighets-flödesdiagram visar situationen i Tingstadstunneln. Dessa indikerar att kapaciteten med VH (Efter) upprätthålls längre innan kö inträder och att medelhastigheten ligger på en något högre nivå. Tillfällen med köer inträffar mer sällan. Uppföljningstiden är längre i föremätningen, därav fler observationer. Motsvarande diagram för Mölndal med rekommenderade hastigheter se figur 7.3.



Figur 4.3 Hastighets-flödessamband i Tingstadstunneln, riktning söderut

För ***Ölandsbron*** illustreras bilisternas hastighetsbeteende, hastighetsfördelning i olika körriktningar på högbrodelen vid olika hastighetsgränser sommartid under före- (FS) och efterstudierna (ES). Se nedanstående figurer.





Figur 4.4 Hastighetsfördelning i olika körriktningar på Ölandsbron under sommartid under före- (FS) och efterstudierna (ES) Mätpunkt 2181 på högbrodelen

Anpassningen till de visade VH-gränserna är god. När hastighetsgränsen är 90 km/h kör ca 80 % av alla bilister med en hastighet som ligger under 90 km/h. Bilisterna kör också med ungefär samma hastighet i båda körriktningar under före- och efterstudien. Det är vidare intressant att notera att bilisters hastighetsbeteende, längs hela fördelningens kurvor, är nästan identiskt under före- och efterstudierna då hastighetsgränsen är 70 km/h.

Lägre medelhastighet vid hög hastighetsgräns (90 km/h) ger positiv trafiksäkerhetseffekt. Högre medelhastighet vid hastighetsgränsen 50 km/h innebär oftast framkomlighetsförbättringar. Anpassningen till hastighetsgränserna ser ut på likartat sätt vintertid. Det gäller även vid den andra mätpunkten (se placering i figur 2.3).

På ***E18 Norrtäljevägen*** tycks hastigheterna främst på de högre utmärkningsnivåerna ha sjunkit efter införandet av VH. Se nedanstående tabell som visar värden före och efter införande av VH vid likartade väderförhållanden.

Tabell 4.8 Medelhastighet vid olika skyltad hastighet på E18 Norrtäljevägen, K1 närmast mittremsan

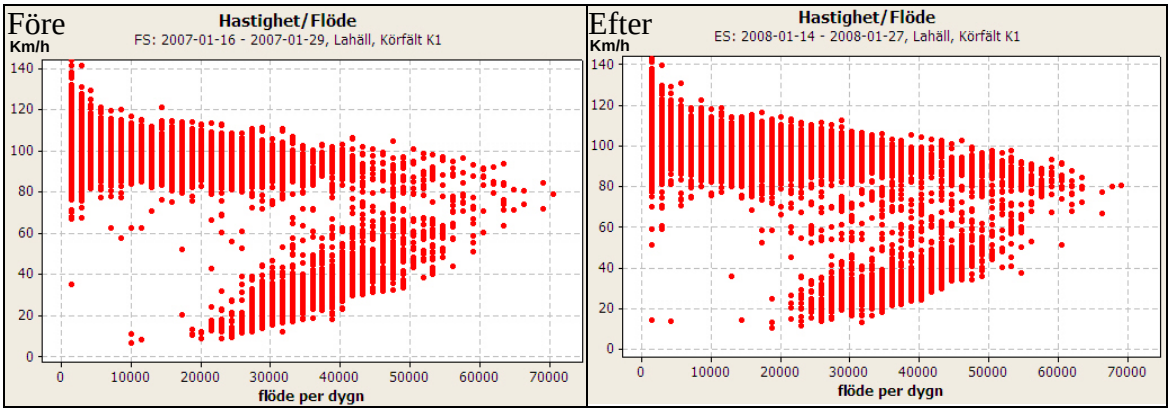
Mätplats	*Skyltad hastighet* km/h	*Före* K1	K2	*Efter* K1	K2	*Skillnad* K1	K2
Danderyds kyrka	50	68,6	57,7	68,2	56,7	-0,4	-1,0
	70	80,1	68,2	80,6	69,0	0,5	0,8
	90	98,1	84,1	98,7	83,9	0,6	-0,2
	100	105,0	89,7	103,2	89,2	-1,8	-0,5
Lahäll	50	37,1	37,2	35,1	34,4	-2,0	-2,8
	70	57,3	54,8	54,9	50,3	-2,4	-4,5
	90	99,1	85,5	94,9	83,4	-4,2	-2,1
	100	104,3	93,1	103,4	92,7	-0,9	-0,4
Roslags Näsby	50	26,9	31,6	28,6	30,8	1,7	-0,8
	70	55,3	56,5	49,8	48,3	-5,5	-8,2
	90	101,7	90,8	88,8	84,0	-12,9	-6,8
	100	108,6	97,9	106,3	97,4	-2,3	-0,5

På 50 km/h-nivå är skillnaden mellan före- och eftermätningen liten och varierande. På 70 km/h-nivå har medelhastigheten minskat med 3 – 7 km/h vid de två nordliga mätplatserna men ökat marginellt vid den sydliga. Hastigheterna har också minskat något på 90- och 100-nivå. Höjningen av den högsta tillåtna hastigheten från 90 till 100 km/h har därmed inte inneburit någon hastighetshöjning i något av körfälten. Efterlevnaden för den högsta tillåtna hastighetsgränsen har alltså ökat.

Tabellen visar också att hastigheten på 50 respektive 70-nivå är betydligt lägre vid Roslags Näsby och Lahäll än vid Danderyds kyrka, vilket antyder att de båda nordliga punkterna utgör flaskhalsar med utbildad kö under högtrafiktid.

En jämförelse av hastighetsskillnaden mellan körfälten före respektive efter införandet av VH visar att skillnaden minskat på 90- och 100-nivå med 1 – 6 km/h (ett undantag, 90 vid Danderyds kyrka). Detta är positivt ur trafiksäkerhetssynpunkt. En jämförelse på 50 och 70-nivå ger varierande och inga entydiga resultat.

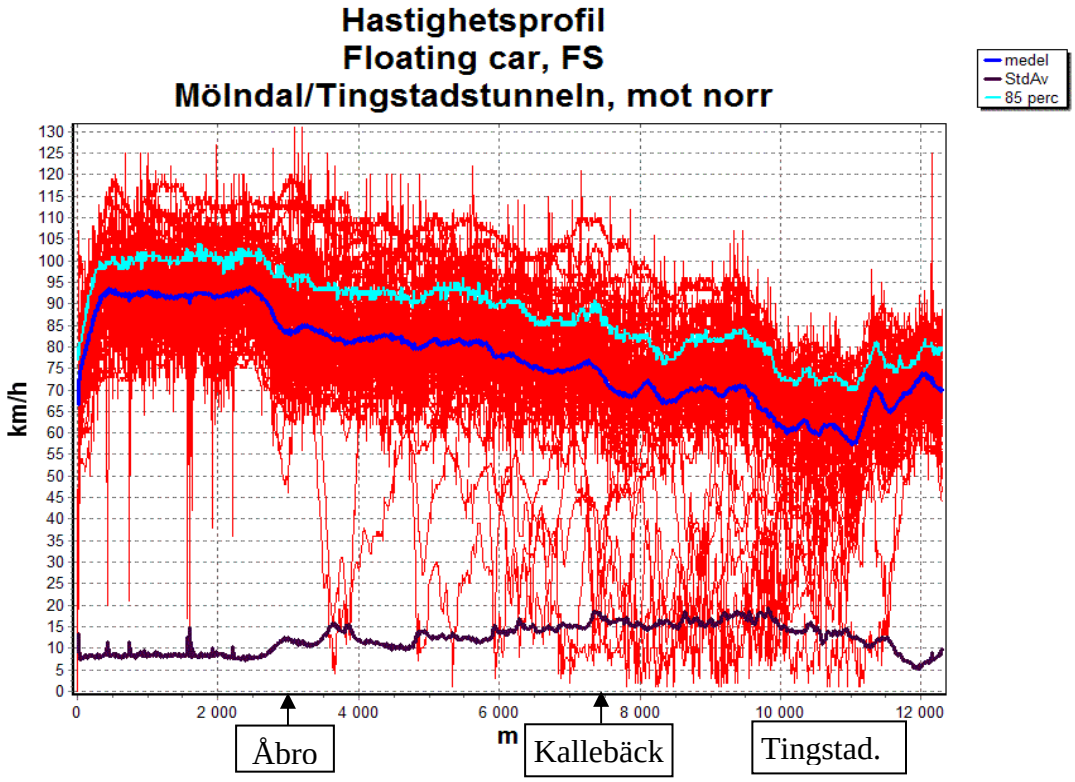
Ett exempel på hastighets-flödesdiagram från Lahäll (körfält 1) ger en svag antydan om att trafiken där flyter något jämnare efter införande av VH (figur 4.5). Flödet blir instabilt vid marginellt högre hastighet med VH. Denna effekt kan emellertid inte utläsas från övriga mätpunkter och kan inte tillmätas någon avgörande betydelse.



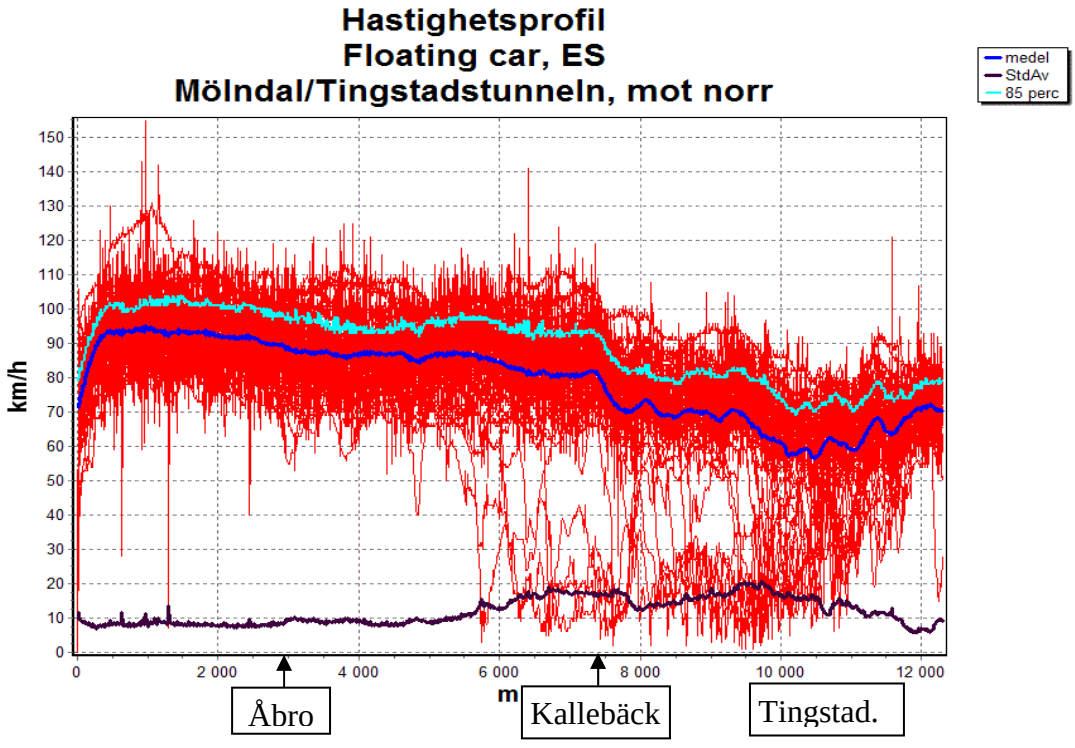
Figur 4.5 Hastighetsflödesdiagram för körfält 1 (omkörningsfält) vid Lahäll före resp efter VH

4.5 Framkomlighet och miljöeffekter

Framkomligheten kan beskrivas i form av restidsförändringar som funktion av hastighetsförändringar. Detta har uppmätts genom s.k. följebil-körningar som omfattat hela E6-sträckan inklusive anläggningarna i Tingstadstunneln och Mölndal.



Figur 4.6 Resultat av följebil-körningar Tingstad – Mölndal norrut - föremätningar



Figur 4.7 Resultat av följebil-körningar Tingstad – Mölndal norrut - eftermätningar

Efter införandet av VH har hastigheten både på medelvärdes- och 85-percentilnivån blivit högre i båda körriktningarna jämfört med innan. Som en konsekvens av högre hastighet har restiden på hela försöksträckan E6 Mölndal och Tingstadstunneln förkortats med i genomsnitt ca 22 sekunder i riktning mot norr och ca 37 sekunder i riktning mot söder. Resultatet är dock inte signifikant.

För Tingstadstunneln och Mölndalssträckan har utsläppen av CO_2 (g/km) samt bränsleförbrukningen ökat signifikant medan CO (g/km) minskat i båda riktningarna (signifikant i södergående trafik). Dessutom har utsläppen av NOx ökat i båda riktningar (signifikant i norrgående trafik). Ökningen av CO_2 och NOx kan ha sin förklaring i att framkomligheten ökat i bägge riktningar med högre medelhastighet som följd. Enligt ovan har flödet homogeniserats och hastighetsvariationerna minskat vilket bör ha en positiv effekt på bränsleförbrukning och avgasutsläpp. Ytterligare beräkningar av miljöeffekter för Mölndalssträckan finns i avsnittet om samhällsekonomiska beräkningar (avsnitt 7.6).

För **Ölandsbron** visar en analys av hastighetsdata att hastigheten (totalt sett på medel- och 85 % -nivån) var högre under vintertid jämfört med sommartid innan införandet av VH-gränser på Ölandsbron, troligen beroende på att trängsel förekommer mer sällan under vintern. Efter införandet av VH-gränser finns det nästan ingen skillnad mellan bilisters hastighetsbeteende under dessa årstider. Alltså har en homogenisering av hastighetsbeteendet inträffat med VH-systemet.

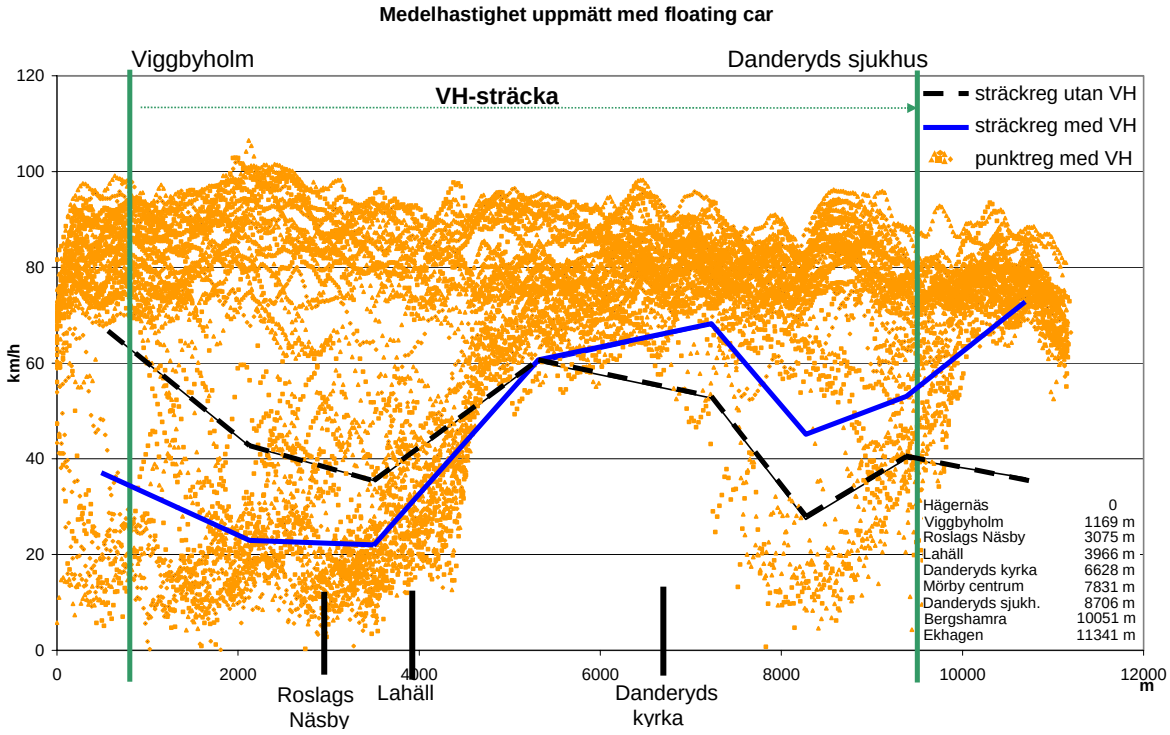
Tabell 4.9 Jämförelse av medelhastigheten (totalt) under före- respektive efterstudien på sommar och vintertid på Ölandsbrons högbrodel

Hastighetsgränser	Medel (km/h)		85-Percentil (km/h)	
	sommar	vintertid	sommar	Vintertid
Före (70 km/h), mot Kalmar	75,4	77.6	83.8	87.7
Efter (alla VH-gränser), mot Kalmar	81.7	81.8	91.7	91.3
Före (70 km/h), mot Öland	74.5	77.9	84.2	87.8
Efter (VH) (alla VH-gränser), mot Öland	81.9	80.4	91.9	89.5

Hastighetsnivån är generellt sett högre efter införandet av VH-gränser jämfört med innan. En anledning till denna skillnad är att det största trafikarbetet sker vid de högre hastighetsgränserna 80 och 90 km/h både på sommar- och vintertid. Detta bör leda till att framkomligheten ökar på försökssträckan. Till följd av högre hastigheter på Ölandsbron har utsläppen av CO_2 (g/km) och NOx sannolikt ökat något medan CO (g/km) minskat.

För Ölandsbron är bullerfrågan viktig. Det gäller framför allt boende i Mölltorps läge vid landfästet på Öland. Deras protester innebar att VH-sträckan, med en höjd högsta hastighetsgräns från 70 till 90 km/h, förkortades på Ölandssidan.

På ***E18 Norrtäljevägen*** visar följebil-mätningar att det finns två tydliga flaskhalsar i morgontrafiken. Den nordliga finns vid Roslags Näsby och skapar köer som börjar före Hägernäs. VH-systemet tar vid först vid Viggbyholm längre söderut där köerna ofta redan har uppstått. Effekten av VH är därför liten här. Däremot tycks situationen förbättrats väsentligt i den flaskhals som finns vid Danderyds Sjukhus och sprider köer upp mot Mörby Centrum. VH har här lett till förbättrad framkomlighet. Resultaten för den nordiga delen av försökssträckan visar att systemet inte fungerar som önskat. VH-anläggningen borde hantera trafik längre norrut på sträckan.



Figur 4.8 Medelhastighet under högtrafik på morgonen registrerad med följebil Resultat av sträckmätning utan VH utgör en sammanslagning av data från 2004, 2005 och 2006

För E18 Norrtäljevägen har en särskild studie genomförts avseende partiklar[1]. Denna visar att sänkta hastigheter på olika nivåer kan bidra till att minska halten partiklar. En generell sänkning av medelhastigheten från 90 till 70 km/h ger 13 % minskning av emissionerna, varav partiklarna svarar för huvuddelen av förändringen. Konsekvenserna av de stora hastighetsvariationerna och den hastighetsspridning som förekommer har dock inte värderats, inte heller effekterna av VH i form av mjukare inbromsningar och jämnare flöde.

4.6 Slutsatser om trafikeffekter

- De två lägsta hastighetsgränserna med VH har varit aktiverade under 9 % av tiden i såväl Mölndal som Tingstadstunneln och 7-11 % på Ölandsbron (sommartid, 50 och 70 km/h). Motsvarande för de två lägsta hastighetsgränserna på Norrtäljevägen är 11-12 %. På Norrtäljevägen har 50 km/h visats för fler bilister än den högsta gränsen 100 km/h.
- VH bidrar till att hastighetssänkningen vid köbildning sker över en längre sträcka. Därigenom kan en högre medelhastighet upprätthållas (ca 60 km/h med VH jämfört med 30 km/h utan VH vid Kallebäck, Mölndalssträckan). Motsvarande gäller för Tingstadstunneln.
- Som en konsekvens av högre hastighet har restiden på hela försöksträckan E6 Mölndal och Tingstadstunneln förkortats med i genomsnitt ca 22 sekunder i riktning mot norr och ca 37 sekunder i riktning mot söder.

[1] Löwenheim, Johansson - Beräkning av pm10-halten längs E18 i Danderyd – inverkan av hastighetsbegränsning, LVF 2008:15

- Trafikanterna aktiveras av VH men accepterar inte 30 km/tim-utmärkning vid utbildad kö då trafiken står mer eller mindre stilla. Det kan då vara bättre med kövarning där sådana trafikförhållanden brukar råda.
- Resultaten ger ingen entydig vägledning om rekommenderade eller föreskrivna hastighetsgränser är mest lämpade för trafikstyrning. Detta har prövats i Mölndal. Rekommenderade hastighetsgränser skulle kunna tillämpas för att bemästra framkomlighetsproblemen där trafiken oftast har tätnat. Å andra sidan kan det vara olämpligt att blanda olika tekniska styrsystem.
- Avvägning måste göras mellan säkerhet och framkomlighet. Säkerhetsproblemen är mer betydelsefulla vid höga ankommande hastigheter och måttligt höga flöden medan framkomlighetsproblemen är mer framträdande vid mycket höga flöden nära kapacitetsgränsen.
- Internationella erfarenheter visar att övervakning är ett effektivt medel för att se till att hastigheterna anpassas till den nivå som märkts ut.
- På Ölandsbron är anpassningen till de visade VH-gränserna god. När hastighetsgränsen är 90 km/h kör ca 80 % av alla bilister med en hastighet som ligger under 90 km/h.
- På E18 Norrtäljevägen tycks hastigheterna främst på de högre utmärkningsnivåerna ha sjunkit efter införandet av VH. Även hastighetsskillnaden mellan körfälten har minskat på 90- och 100-nivå vilket är positivt ur trafiksäkerhetssynpunkt.
- På E18 Norrtäljevägen finns två tydliga flaskhalsar i morgontrafiken söderut. Köerna till följd av den nordliga flaskhalsen sträcker sig förbi den punkt där VH-anläggningen börjar. Effekten av VH är liten här. Däremot tycks situationen ha förbättrats väsentligt i den flaskhals som finns vid Danderyds Sjukhus och sprider köer upp mot Mörby Centrum.
- För Tingstadstunneln och Mölndalssträckan har utsläppen av CO_2 (g/km) samt bränsleförbrukningen ökat signifikant främst till följd av hastighetsökningen. Effekter av homogeniserat flöde har inte beaktats. På Ölandsbron har bullerproblemen dominerat miljöfrågorna och på Norrtäljevägen förs diskussioner om effekterna av partikelutsläpp.

5 Förarattityder

Följande avsnitt behandlar bilisters åsikter om och attityder till variabla hastighetsgränser inom tillämpningsområdet trafikstyrning. De objekt som har studerats utifrån förarnas attityder är Ölandsbron (vilken utgör en del av väg 137), E6 genom Mölndal (mellan Åbromotet och Kallebäcksmotet) och genom Tingstadstunneln (mellan Olskroksmotet och Ringömotet) samt väg E18 Norrtäljevägen (mellan trafikplats Viggbyholm och trafikplats Danderyds sjukhus, i riktning mot Stockholm).

5.1 Tillvägagångssätt och datamaterial

Inom detta tillämpningsområde har bara efterstudier gjorts, vilket innebär att bilister har tillfrågats ett antal månader efter införandet av variabla hastighetsgränser. Data har samlats in genom postenkäter till bilister som kört de aktuella vägsträckorna.

På sträckan Mölndal/Tingstadstunneln genomfördes studien under hösten 2005, ca ett år efter implementeringen av variabla hastighetsgränser. På Ölandsbron genomfördes studien under våren 2007 också ca ett år efter implementeringen och på Norrtäljevägen gjordes studien våren 2008 ungefär ett halvår efter införandet av variabla hastighetsgränser.

Enkäterna innehöll bakgrundsfrågor om bilisten, frågor om vägsträckan, variabla hastighetsgränser, de nya vägmärkena samt om informationen kring variabla hastighetsgränser. Vissa av frågorna varierar något mellan de olika studierna. Registreringsnummer samlades in under några timmar under en dag på respektive plats. Listorna med registreringsnummer skickades till bilregistret i Örebro, vilka levererade adresser till bilisterna. Bilregistret gjorde en kontroll så att varje registreringsnummer bara förekom en gång och att bara privatpersoner ingick i urvalet. Enkäterna skickades ut dagen efter det att bilisterna hade blivit registrerade.

I nedanstående tabell redovisas hur många fordon som registrerades, hur många av dessa som var privatägda, hur många enkäter som skickades ut och vilken svarsfrekvens det blev för respektive studie. För Mölndal/Tingstadstunneln gjordes bara en gemensam insamling, eftersom många bilister kör båda sträckorna. Några av de enkäter som skickades tillbaka vara tomma, då med kommentaren att de inte hade kört den aktuella sträckan (ingår då ej i antalet inkomna enkäter). Några personer hörde av sig via telefon och undanbad sig att delta i studien eller meddelade att de aldrig hade kört sträckan.

Tabell 5.1 Tabellen summerar uppgifter från antalet registrerade fordon till den slutliga svarsfrekvensen på de tre sträckorna Mölndal/Tingstadstunneln, Ölandsbron och Norrtäljevägen.

	registrerade fordon	privatägda fordon	utskickade enkäter	inkomna enkäter	svarsfrekvens
Mölndal/Tingstadstunneln	1005	735	500	311	62%
Ölandsbron	700	577	500	313	63%
Norrtäljevägen	717	514	514	272	53%

5.2 Bilister som ingår i studierna

Bakgrundsvariablerna för de bilister som ingår är lika i de tre studierna. (Bakgrundsvariablerna på bilisterna beskrivs gemensamt för Mölndalssträckan/Tingstadstunneln eftersom de utgör delmängder av den gemensamma datainsamlingen). Knappt hälften av dem som ingår är kvinnor (Mölndal 40 %, Ölandsbron 42 % och Norrtäljevägen 48 %) och drygt hälften är män. Jämnast fördelning finns i studien från Norrtäljevägen. Åldersintervallet på dem som ingår sträcker sig ungefär mellan 20 och 80 år i alla studier och medelåldern är runt 50 år. Medelåldern är något högre i Norrtäljestudien än i de andra två. Majoriteten av dem som ingår i studierna är förvärvsarbetande, en mindre grupp är pensionärer och några få är studerande, arbetslösa eller hemmavarande.

I genomsnitt körs ca 2000 mil per år (medianen är något lägre). Kvinnorna kör färre mil än männen. De flesta har haft körkort åtminstone i några år. Antalet år med körkort varierar i medeltal mellan 26 och 33 i de olika studierna.

De flesta av dem som ingår i studierna kör de respektive sträckorna ofta. Dagligen kör så många som 33 % på Mölndalssträckan, 40 % i Tingstadstunneln, 40 % på Ölandsbron och 47 % på Norrtäljevägen. 75 % kör åtminstone flera gånger i månaden såväl på Mölndalssträckan som i Tingstadstunneln och motsvarade siffra för de andra sträckorna är ca 90 %. Nästan alla (91 % till 98 %) har lagt märke till att variabla hastigheter har införts och de allra flesta har också sett skylten lysa. På Mölndalssträckan/ Tingstadstunneln och Ölandsbron lyser skylten bara när hastighetsgränsen är sänkt, medan den på Norrtäljevägen lyser konstant.

5.3 Bilisternas attityder och åsikter

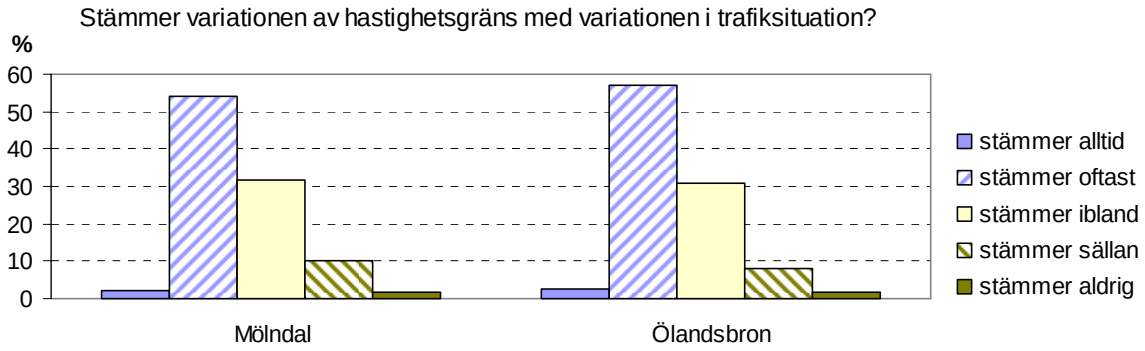
5.3.1 Variabla hastighetsgränsers presentation och tillförlitlighet

Först och främst kan man konstatera att bilisterna på alla sträckor som studerats i stor utsträckning tycker att de skyltar som visar de variabla hastighetsgränserna syns tydligt både på dagen och på natten, men framför allt på natten. Bilisterna på Norrtäljevägen är de som i allra högsta grad tycker att skyltarna syns tydligt. Andelen som instämmer helt i att skyltarna syns tydligt på dagtid är där så hög som 80 % jämfört med 70 % på Mölndalssträckan och 50 % på Ölandsbron. Bilisterna på Norrtäljevägen svarar också i väldigt hög utsträckning att ljusstyrkan på skyltarna är tillräcklig (95 %) och inte för stark (4,5 %) eller för svag (0,5 %).

Resultaten visar stora skillnader i andelar bilister som upplevt att de variabla skyltarna har varit ur funktion. På Ölandsbron, där skylten bara lyser när hastighetsgränsen är sänkt, svarar 15 % att de ofta eller ganska ofta upplevt att skyltarna varit ur funktion. Ca 40 % svarar att det sällan eller aldrig har hänt. Motsvarande andelar bland de som kör på Norrtäljevägen är 5 % och 75 %. Det bättre resultatet på Norrtäljevägen kan hänga ihop med det faktum att skyltarna där alltid lyser oavsett vilken hastighetsgräns som gäller. Ständigt lysande skyltar innebär att en lägre andel bilister tror att systemet är ur funktion. Men det kan också bero på att systemet på Norrtäljevägen har haft betydligt bättre tillgänglighet/driftsäkerhet än Ölandsbron.

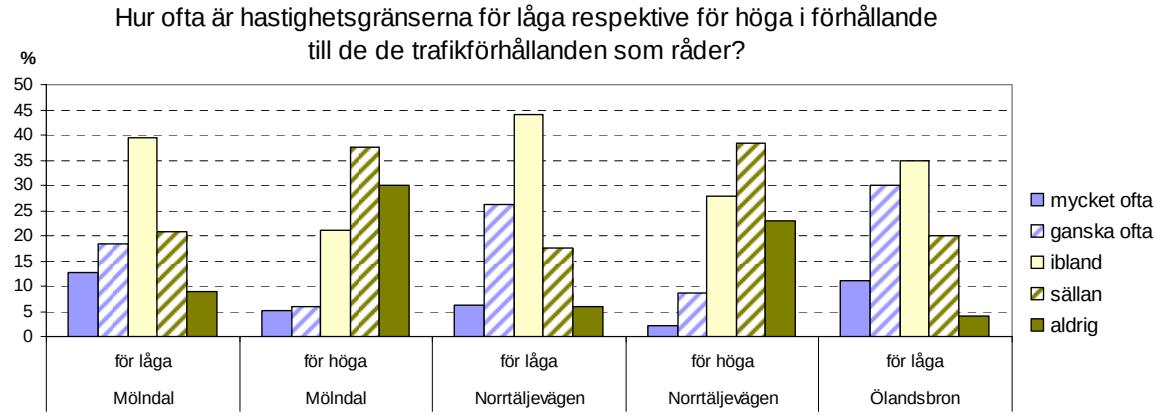
En viktig fråga när det gäller variabla hastighetsgränser är huruvida bilisterna upplever att systemet fungerar som det är tänkt, dvs att den hastighetsgräns som gäller

stämmer med förhållanden i trafiksituationen. De flesta tillfrågade bilister anser att variationen av hastighetsgränser oftast stämmer med de faktiska förhållandena. Se figuren nedan. Det är dock en betydande grupp som inte tycker att det stämmer mer än ibland (ca en tredjedel) eller t o m mer sällan (10 %). Resultatet är mycket snarlikt på de båda sträckorna.



Figur 5.1 *Bilisternas bedömning av hur väl den visade variabla hastighetsgränsen stämmer med aktuella trafikförhållanden längs Mölndalssträckan och på Ölandsbron.*

Bilisterna på Mölndalssträckan, Ölandsbron och Norrtäljevägen fick bedöma hur ofta de tycker att det visas för låga respektive för höga hastighetsgränser i förhållande till den rådande trafiksituationen. Mönstret är detsamma för alla sträckorna. Det är betydligt vanligare att bilisterna tycker att det visas för låga hastigheter än för höga. Detta resultat tyder antingen på att systemen inte är helt intrimmade eller att en del bilister inte förstår varför en specifik hastighetsgräns gäller för stunden. Det senare är kanske mest troligt eftersom resultatet är ungefär det samma på alla sträckorna.



Figur 5.2 *Bilisternas bedömning av hur ofta de visade hastighetsgränserna är för låga respektive för höga i förhållande till de aktuella trafikförhållandena (endast för låga efterfrågades på Ölandsbron).*

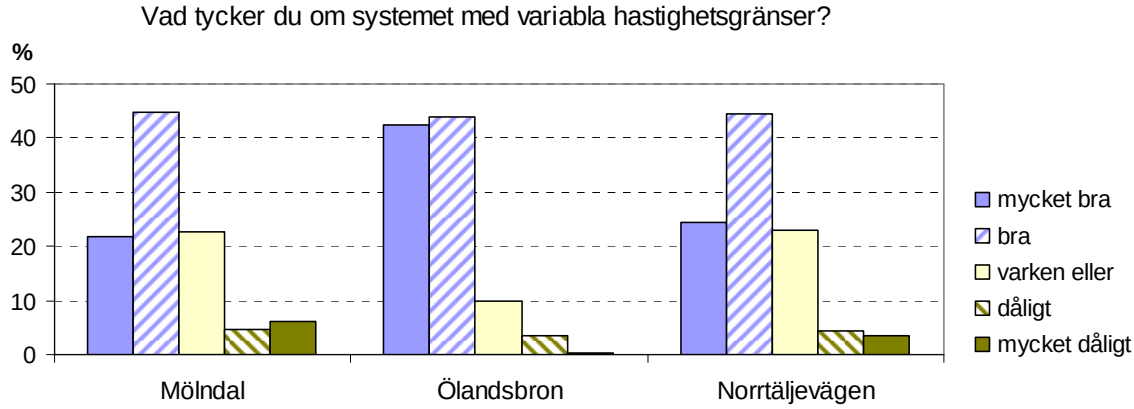
Man kan tänka sig att systemet med variabla hastighetsgränser i vissa fall kan ge upphov till en osäkerhetskänsla om vilken hastighetsgräns som faktiskt gäller, eftersom gränserna varierar och vissa sträckor mellan skyltarna är förhållandevis långa.

Resultatet visar att bara knappt 10 % bland bilisterna i Tingstadstunneln säger att de ofta upplever en osäkerhetskänsla och en dryg fjärdedel säger att det händer någon gång. På Ölandsbron är det också ungefär 10 % som säger att de ofta känner sig osäkra, men där är 40 % osäkra någon gång. Motsvarande siffror på Norrtäljevägen är

knappt 15 % och 25 %. Totalt sett kan konstateras att de variabla hastighetsgränserna till viss del ger en osäkerhetskänsla, men en majoritet av bilisterna inte upplever detta.

5.3.2 Synen på och effekten av variabla hastighetsgränser

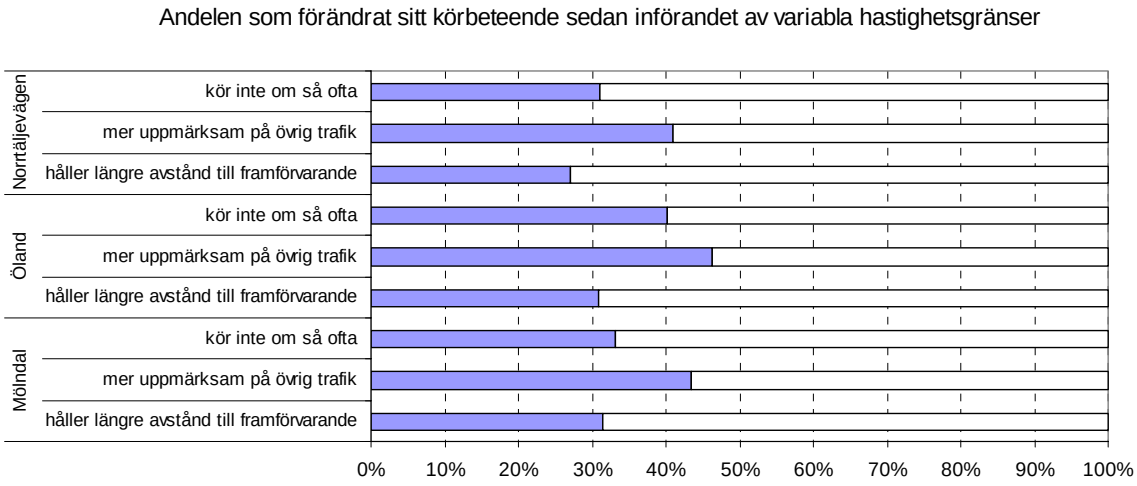
I alla studier kan man konstatera att de tillfrågade i stor utsträckning tycker att variabla hastighetsgränser är bra totalt sett. Se figur 5.3 nedan. Bilisterna på Ölandsbron svarar i mycket högre grad än de andra att de tycker systemet är mycket bra och det är några färre bilister där som svarar att systemet är dåligt. Anledningen till att fler är positiva på Ölandsbron kan vara att hastighetssänkningen där är mer uppenbar för bilisterna än den är längs de andra båda sträckorna.



Figur 5.3 Bilisternas övergripande åsikt om hur bra eller dåligt systemet med variabla hastighetsgränser är längs sträckorna genom Mölndal, över Ölandsbron och längs Norrtäljevägen.

Trots att systemet på Norrtäljevägen inte fungerat som önskvärt är de allra flesta ändå positiva. Bara 8 % tycker att det är dåligt eller mycket dåligt.

Körbeteendet tycks ha påverkats till en del vid införandet av variabla hastighetsgränser, enligt de tre studier där frågorna ställts. Det är framför allt uppmärksamheten på övrig trafik som har blivit bättre. Mellan 40 % och 45 % säger att deras körbeteende har förbättrats i detta hänseende. Även när det gäller att inte köra om så ofta och att hålla längre avstånd till framförvarande fordon så ser man en förbättring. Se figuren nedan. De personer som svarar att de har ändrat beteende i ett avseende har också i förhållandevis stor utsträckning ändrat beteende i andra avseenden. Resultatet tyder således på att man får förbättringar i körbeteende när variabla hastighetsgränser införs på sträckor där hastighetsgränserna varierar med trafiksituation. Det är dock färre bilister längs dessa tre sträckor som säger att deras körbeteende har förändrats, än det är bland bilister som kört sträckor där variabla hastighetsgränser varierar med väder- och väglagsförhållanden.



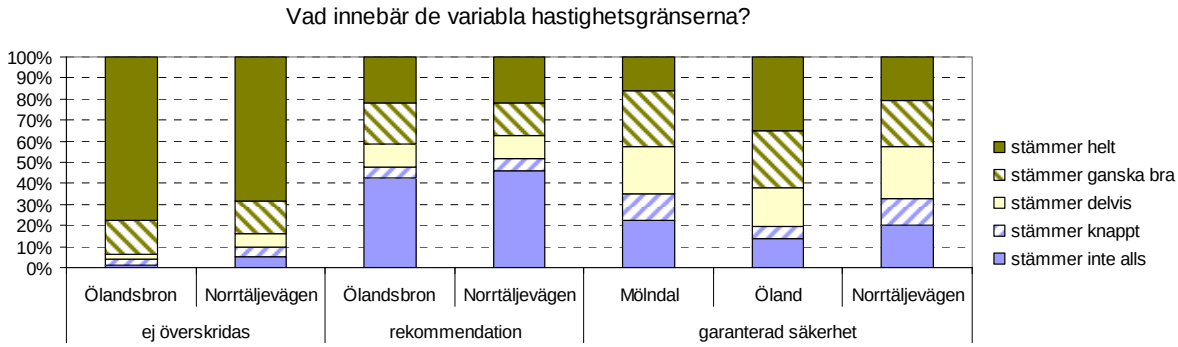
Figur 5.4 *Figuren visar andelen bilister som har förändrat sitt beteende sedan införandet av variabla hastighetsgränser längs sträckorna genom Mölndal, över Ölandsbron och längs Norrtäljevägen.*

Bilisterna på Ölandsbron och längs Norrtäljevägen bedömde hur respektive sträcka hade blivit sedan införandet av variabla hastighetsgränser. En viss förskjutning har skett mot mer positiva värden, men skillnaderna vad gäller vägsträckans karaktär bedöms inte vara så stor. Mest förskjutning åt det positiva hållet blev det för faktorerna lugnare, mindre farlig och jämnare trafikrytm. Trots att hastighetsgränserna har sänkts vid vissa tillfällen bedömer bilisterna inte på det stora hela att vägsträckan har blivit långsammare att ta sig fram längs. Bilisterna på Norrtäljevägen fick också bedöma hur de upplever trafiksituationen totalt sett sedan införandet av variabla hastighetsgränser jämför med tidigare. Drygt 55 % tycker att trafiksituationen blivit bättre och bara 9 % tycker att den blivit sämre.

Risken för ett antal situationer bedömdes av bilisterna som körde på sträckorna genom Mölndal, Tingstadstunneln och längs Norrtäljevägen. På Mölndalssträckan är det flest som upplever att risken för påkörning bakifrån minkar något. Hälften av bilisterna upplever det. 45 % tycker att den ojämna trafikrytmen minskar något, 40 % att risken för stillastående kö minskar samt 35 % att kölängderna minskar. Det finns också bilister som upplever att riskerna och kölängderna ökar. Dessa är dock färre än de som upplever minskade risker och utgör mellan 15 % och 25 %. Mönstret är det samma för Tingstadstunneln, fast där är det en större andel som svarar att det inte blir någon skillnad alls jämfört med hur bilisterna på Mölndalssträckan svarar. På Norrtäljevägen är det störst andel som upplever att den ojämna trafikrytmen minskar, nästan 60 %. Drygt hälften tycker att risken för stillastående kö minskar och knappt hälften tror att risken för påkörning bakifrån minskar. 45 % tycker att kölängderna minskar. Även här finns bilister som inte tycker att det blivit någon minskad risk, men dessa utgör bara mellan 10 % och 15 %. Resultatet är förhållandevis likt i de tre studierna, vilket stödjer det faktum att de variabla hastighetsgränserna, bland åtminstone hälften av bilisterna, upplevs minska negativa effekter längst sträckorna.

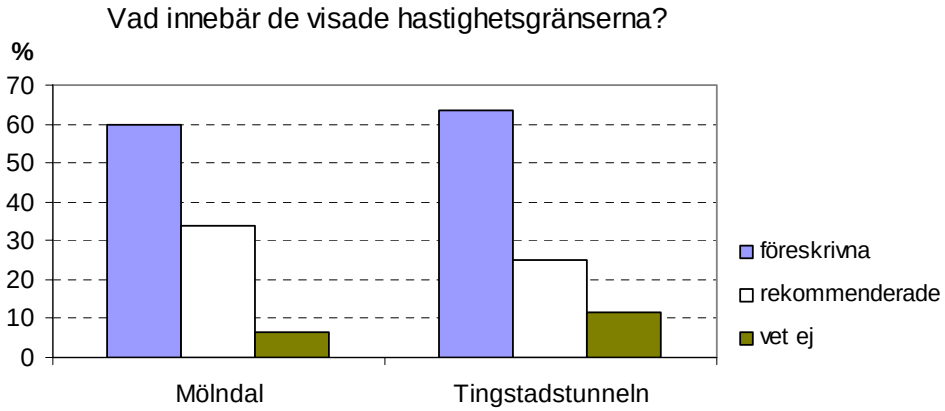
5.3.3 Hastighetsöverträdelser och acceptans för variabla hastighetsgränser

Bilisterna fick en fråga om de variabla hastighetsgränsernas innebörd och majoriteten svarar att hastighetsgränserna inte får överskridas (ca 70 % bland bilisterna på Norrtäljevägen och knappt 80 % på Ölandsbron instämmer helt). Lägger man till dem som tycker att det stämmer ganska bra blir andelarna nästan 95 % och 85 %. När det gäller huruvida hastighetsgränserna är bestämda så att de utgör en garanti för att man inte utsätts för allvarliga risker så är det drygt 40 % bland bilisterna på Mölndalssträckan och Norrtäljevägen som tror att så är fallet och ännu fler bland Ölandsbilisterna. Anledningen till den högre andelen på Ölandsbron kan vara att gränserna där även varierar med väglag och vindstyrka.



Figur 5.5 *Bilisternas bedömning av vad den skyltade hastighetsgränsen innebär. För respektive fråga redovisas resultatet från Ölandsbron och Norrtäljevägen. Resultat från Mölndal visas bara för garanterad säkerhet.*

Då studien genomfördes var de variabla hastighetsgränserna på Mölndalssträckan enbart rekommenderade medan gränserna i Tingstadstunneln var föreskrivna. Som figuren nedan visar så var denna skillnad inte självklar för bilisterna. Det är marginellt fler bland bilisterna i Tingstadstunneln än på Mölndalssträckan som svarar att gränserna är föreskrivna och skillnaden är inte signifikant. Bilisterna kan således inte skilja på ett vägmärke som visar rekommenderade hastighetsgränser och ett som visar föreskrivna.



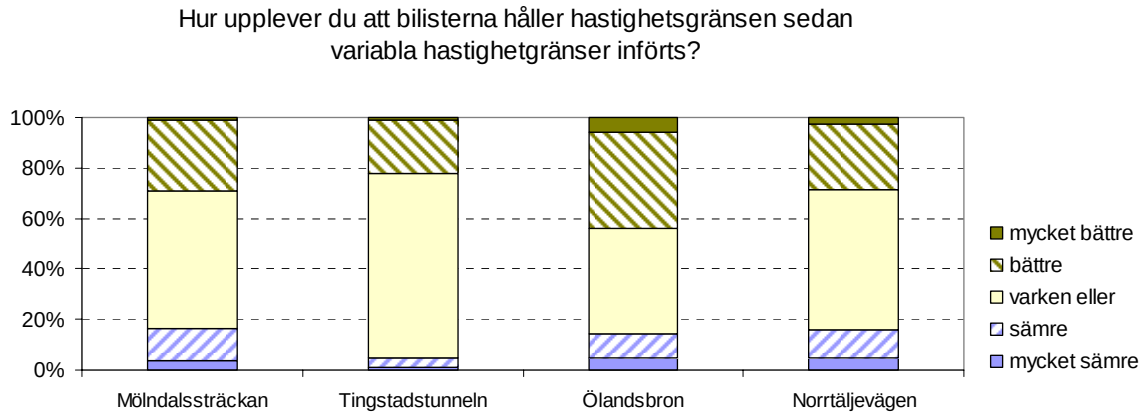
Figur 5.6 Bilisternas bedömning huruvida de skyltade hastighetsgränserna är föreskrivna eller rekommenderade på Mölndalssträckan respektive i Tingstadstunneln

Förståelse för vad som bestämmer hastighetsgränserna verkar vara störst bland bilisterna på Ölandsbron. Där svarar förhållandevis många att de bestäms utifrån trafik- och väderförhållanden. Bilisterna på Mölndalssträckan svarar inte i lika hög utsträck-

ning att det beror på trafiken. De svarar att det beror lika mycket på normalt rådande trafik och den besvärligaste trafiken. De menar dock att det i större utsträckning bestäms utifrån trafiken än utifrån vägens standard. Bilisterna på Norrtäljevägen svarar i minst utsträckning att gränserna är bestämda utifrån den besvärligaste trafiken.

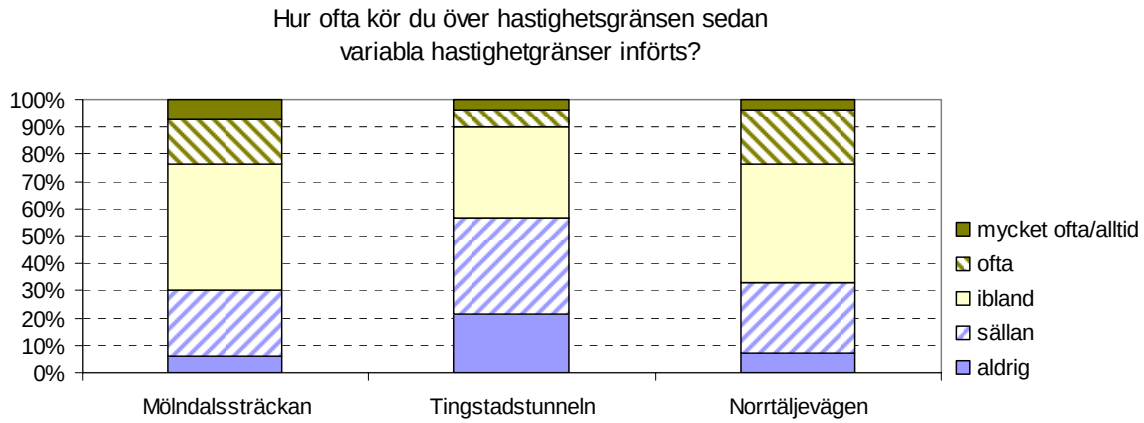
Bilisterna på Ölandsbron fick svara på om de förstod av vilken anledning hastighetsgränsen var sänkt. Drygt hälften svarade att de oftast förstår och ytterligare en tiondel sa att de alltid förstår, men fortfarande finns det en grupp som inte alltid är säker på varför hastighetsgränsen är sänkt.

Ett viktigt syfte med variabla hastighetsgränser är att öka efterlevnaden av hastighetsgränser. Totalt sett svarar majoriteten att bilister i allmänhet på de aktuella sträckorna inte har blivit bättre på att hålla hastighetsgränsen. Det är dock betydligt fler som tycker att bilisterna har blivit bättre än som tycker att de har blivit sämre. Andelen som tycker att bilisterna har blivit sämre (ca 15 %) är den samma på alla sträckor utom Tingstadstunneln där det är färre som upplever en försämring. Bäst förändring tycker bilisterna på Ölandsbron att det har blivit. Där svarar 45 % att bilisterna blivit bättre på att hålla hastighetsgränserna. På övriga sträckor är andelen runt 25 % - 30 %. Resultatet tyder på att variabla hastighetsgränser har haft en bra effekt på bilisternas efterlevnad av hastighetsgränsen, utifrån bilisterna egen bedömning, men man har inte nått hela vägen. Se figuren nedan.



Figur 5.7 Bilisternas uppfattning om hur andra bilister följer hastighetsgränsen sedan variabla hastighetsgränser införts jämfört med innan. Resultat visas för sträckorna genom Mölndal, genom Tingstadstunneln, över Ölandsbron samt längs Norrtäljevägen

När det gäller att själv hålla hastighetsgränsen är det ca en tredjedel bland bilisterna på Mölndalssträckan och Norrtäljevägen som säger att de aldrig eller sällan kör över hastighetsgränsen, medan en fjärdedel säger att de ofta eller mycket ofta kör över. Att de variabla hastighetsgränserna längs Mölndalssträckan är rekommenderade och inte föreskrivna tycks inte ha någon betydelse eftersom mönstret är det samma där som på Norrtäljevägen. Mönstret är betydligt bättre i Tingstadstunneln, vilket kan bero på den skilda karaktären på den sträckan. Se figur 5.8. Bland bilisterna på Ölandsbron (som fick en annorlunda formulerad fråga) svarar hälften att de har blivit bättre på att hålla hastighetsgränsen sedan införandet av variabla hastighetsgränser. Variabla hastighetsgränser kan ha lett till en förbättring, men fortfarande är det stora andelar som kör över gällande hastighetsgräns.

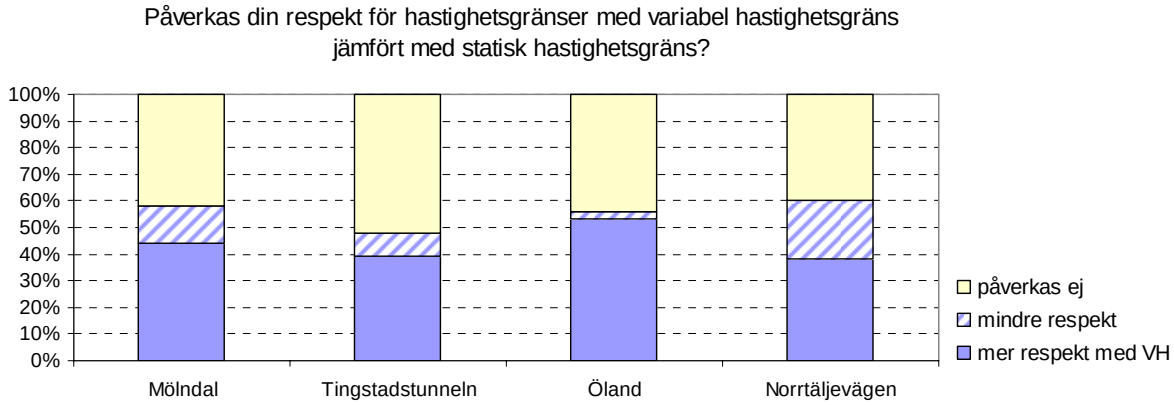


Figur 5.8 Bilisternas svar på hur ofta de själva kör över hastighetsgränsen sedan variabla hastighetsgränser införts jämfört med innan. Resultat visas för sträckorna genom Mölndal, genom Tingstadstunneln samt längs Norrtäljevägen.

Anledningarna till fortkörning har inte att göra med att man har missat den variabla hastighetsskylten eller att man är osäker på vilken hastighetsgräns som gäller. De största anledningarna till att man kör över hastighetsgränsen är att man följer trafikrytmen och att hastighetsgränsen anses vara orealistiskt låg i förhållande till den situation som råder (dvs trafiken och på Ölandsbron även vädret). Man anger också att gränsen är orealistiskt låg med hänsyn till vägens standard, vilket indikerar att dessa bilister inte fullt ut insett varför en viss variabel hastighetsgräns gäller. Inte heller de som kör sträckan sällan anger att fortkörningen beror på att man missat hastighetsskylten eller att man är osäker på vilken gräns som gäller. Även bland bilisterna på Mölndalssträckan och i Tingstadstunneln, som fick en öppen fråga om anledningen till fortkörning, finns liknande svar.

När det gäller respekten för hastighetsgränser kan konstateras att denna ökar med variabla gränser för stora delar av bilisterna. Mellan knappt 40 % och drygt 50 % av bilisterna på de olika sträckorna säger att respekten ökar med variabla gränser. Andelen är lägst på Norrtäljevägen och högst på Ölandsbron. Det är också störst andel på Norrtäljevägen som säger att deras respekt minskar med variabla hastighetsgränser, medan denna andel är mycket liten bland bilisterna på Ölandsbron. Se figur 5.9 nedan. Anledningen till denna skillnad kan vara att det är tydligare för bilisten att förstå varför en viss hastighetsgräns gäller på Ölandsbron, eftersom den varierar både med trafik och med väder samt att sträckningen som sådan gör att bilisterna lättare ser när det är mycket trafik. På Norrtäljevägen har en del bilister svårt att förstå att det sker en hastighetssänkning även om de inte själva ser att det är mycket trafik. Totalt sett är dock variabla hastighetsgränser bra för respekten för hastighetsgränser.

Trots att det tidigare vid undersökningstillfället var rekommenderade hastighetsgränser på Mölndalssträckan och föreskrivna i Tingstadstunneln så tycks inte detta ha haft någon större effekt på respekten för hastighetsgränserna på respektive plats, enligt bilisternas egna svar. Se figur 5.9 nedan. Detta är i och för sig inte konstigt eftersom bilisterna inte hade förstått skillnaden mellan de olika vägmärkena. Ett annat resultat från Mölndalssträckan och Tingstadstunneln visar att 60 % att bilisterna säger att de respekterar båda typerna av variabla hastighetsgränser lika mycket (dvs både de med röd ring, föreskrivna, och de utan röd ring, rekommenderade). 35 % respekterar de med röd ring (föreskrivna) mer och några få säger att de inte respekterar någon.



Figur 5.9 Bilisternas respekt för hastighetsgränser om de är variabla hastighetsgränser i stället för statiska hastighetsgränser (som visas på plåtskyltar). Svarsalternativen var ”mer respekt för de variabla gränserna”, ”mindre respekt” samt ”respekten påverkas inte oavsett vilken typ av gränser det är”. Resultat visas för bilisterna på de fyra olika sträckorna.

Studierna från Norrtäljevägen och från Ölandsbron visar att de som kör respektive sträcka sällan, har mer respekt för de variabla hastighetsgränserna än de som kör sträckan ofta. Detta mönster framkommer inte lika tydligt på de två andra sträckorna. Däremot visar tre studier (ej Tingstadstunneln, där en av frågorna inte var ställd) att bilister som tycker att variationen i hastighetsgräns stämmer väl överens med variationen i trafik har större respekt för de variabla hastighetsgränserna än de som inte tycker att variationen stämmer. Siffrorna i Norrtäljestudien visar 50 % jämfört med 20 % och Mölndalstudien 60 % jämfört med 0 %.

5.3.4 Informationen till bilisterna

Lägst andel bilister som inte har fått någon information finns bland bilisterna i Ölandsstudien. Bara 12 % svarar där att de inte har fått någon information alls. Motsvarande andel på Mölndalssträckan/Tingstadstunneln är 33 % medan andelen är så stor som 42 % bland bilisterna på Norrtäljevägen. Den största källan till information är tidningar. Detta följs av information i radio och från Vägverket, vilket dock är betydligt mindre vanligt.

Bland bilisterna på Ölandsbron är det flest som tycker att den information de fått var tillräcklig för att de skulle förstå meningen med variabla hastigheter. 56 % (av dem som fått information) svarar att informationen var helt tillräcklig och 32 % svarar att den till stor del var tillräcklig. Motsvarande siffror bland bilisterna på Norrtäljevägen är 34 % och 27 % samt bland bilisterna längs Mölndalssträckan/Tingstadstunneln 21 % och 32 %.

5.4 Jämförande sammanställning

Den sammantagna bedömningen är att variabla hastighetsgränser som varierar med trafikmängden uppfattas positivt av majoriteten av bilisterna. På övergripande nivå kan konstateras att bilisterna på Ölandsbron är de mest positiva och de som i något högre utsträckning än för övriga objekt anser att systemet ger effekter. Detta kan bero på att det är mest tydligt för bilisterna hur de variabla hastighetsgränserna fungerar där och att det tydligt går att koppla den gällande hastighetsgränsen till den aktuella

trafik- och vädersituationen. Men även på de andra sträckorna är det mer än hälften av bilisterna som tycker att variabla hastighetsgränser är bra och tydliga effekter har uppnåtts på alla sträckor.

De omställbara vägmärkena får bra betyg på alla de trafikstyrda försökssträckorna. De syns tydligt och är lätta att upptäcka. Systemet tycks inte ge upphov till några större osäkerhetskänslor om vilken hastighetsgräns som faktisk gäller. Anledningen till att man kör över hastighetsgränsen är inte att man inte har sett eller uppfattat vilken hastighetsgräns som gäller. Det är dock till viss del begränsad kunskap om huruvida de variabla hastighetsgränserna gäller enligt lag eller om de är rekommendationer. Bilisterna på sträckorna genom Mölndal förstår inte skillnaden på de skyltar som har röd ring (föreskrivna gränser) och de utan (rekommenderade). Ständigt lysande skyltar (som på Norrtäljevägen) innebär att väldigt få bilister upplever att skyltarna är ur funktion jämfört med när skyltarna bara lyser då hastighetsgränserna är sänkta.

Effekterna på efterlevnaden av hastighetsgränserna är ganska stora. Bilisterna menar att andra bilister har blivit bättre på att hålla hastighetsgränsen, även om man inte nått ända fram. Förhållandevis många svarar att deras respekt för hastighetsgränser har ökat sedan införandet av variabla hastighetsgränser. Respekten skiljer dock en del mellan olika sträckor och respekten är större bland de bilister som tycker att variationen av hastighetsgräns stämmer med den aktuella situationen. Förhållandevis många bilister tycker att för låga hastigheter visas, även på Ölandsbron där resultaten för övrigt är mest positiva. Detta tyder på att bilisterna inte inser vad den visade hastighetsutmärkningen står för och kanske inte förstår eller vill förstå betydelsen av att sänka hastigheten och därför inte respekterar de variabla hastighetsgränserna bättre. Möjligen kan mer information och tilläggsskyltar förbättra denna situation.

6 Tillgänglighet, investering och drift

6.1 Tillgänglighet på olika sätt

Med tillgänglighet avses andelen av total tid som anläggningen fungerat och kunnat märka ut rätt hastighet för rådande omständigheter. Tillgängligheten kan bedömas utifrån olika aspekter.

Teknisk tillgänglighet är den tid som systemet och dess komponenter fungerat felfritt så att den hastighetsutmärkning som enligt styrlogiken aktiverats av systemet visas rätt för trafikanterna. Den tid då anläggningen inte kunnat visa den aktiverade hastighetsgränsen kallas *hindertid*. På tvåfältsvägar innebär definitionen att det räcker med att *en* VH-skylt på sträckan inte kunnat märka ut den aktiverade hastighetsgränsen för att hindertid uppstår. På sträckor med flera körfält per riktning anses hindertid uppstå om *fler än en* VH-skylt i varje riktning inte kan märka ut VH-aktiverade hastighetsbudskap på någon del av sträckan.

Den tekniska tillgängligheten har följts upp och redovisas i avsnitt 6.2 och 6.3 nedan.

Funktionell tillgänglighet är den tid då korrekt hastighetsbudskap i enlighet med föreskriften kunnat märkas ut. För automatiskt styrda trafikobjekt är detta i stort sett liktydigt med teknisk tillgänglighet. Funktionella aspekter av tillgängligheten diskuteras i form av redovisade valideringsresultat i avsnitt 6.4.

Användartillgänglighet är den tid som skyltarna kunnat visa hastighetsgränser som trafikanterna uppfattar som rimliga med hänsyn till rådande trafikförhållanden. Användarundersökningarna innehåller en fråga om visade budskap stämmer med trafikförhållandena. Användartillgängligheten kan i försöket inte isoleras från de övriga tillgänglighetsbegreppen med de data som föreligger.

6.2 Uppföljning av driftdata

Tillgängligheten eller driftsäkerheten har följts upp för de trafikstyrda anläggningarna E6 Tingstadstunneln, E6 Mölndal och E18 Norrtäljevägen. För Göteborgsobjekten omfattar uppföljningen data från perioden 20060201 – 20060924, vilket utgör 236 dagar. Uppföljningen av E18 Norrtäljevägen omfattar perioden 20070915 – 20080612, vilket är 282 dagar.

Någon driftuppföljning har däremot inte skett på Ölandsbron. Det främsta skälet är anläggningens skakiga driftstatus under den tid av försöksperioden som den varit i igång. En uppföljning av den tekniska driftsäkerheten har därför inte bedömts vara meningsfull.

Uppgifterna om systemaktiviteter har hämtats från larmlistor från regionernas driftövervakning för anläggningarna. Utifrån larmlistor har samtal därefter förts med ansvariga förvaltare av respektive anläggning om omständigheterna kring larmen. Förvaltaren har även lämnat information om eventuella avbrott som inte gett upphov till larm. För uppkommen hindertid gjordes en bedömning om huruvida anledningen

till felet kan anses bero på att objektet ingår i en försöksverksamhet eller om felet skulle ha uppkommit även vid ordinarie drift.

6.3 Driftsäkerhet

Resultatet för de trafikstyrda sträckorna redovisas i nedanstående tabell[2]. Med hindertid avses andel av total tid som systemet inte kunnat visa rätt hastighetsgräns (enligt föreskrift och kriterier). Två körfältssignaler ska samtidigt vara ur funktion i en portal för att den ska anses vara felaktig och orsaka hindertid. Med icke försöksrelaterad hindertid avses sådan avbrottstid som även bedöms kunna uppkomma i permanent drift. Någon försöksrelaterad hindertid förekom inte.

Objekt	*Antal avbrott totalt*	*Hindertid totalt (timmar)*	*Tillgänglighet totalt (%)*	*Icke försöks-relaterad hindertid (timmar)*	*Tillgänglighet rensad från försöksverk-samhet (%)*
Tingstadstunneln Norrgående	19	1,2	99,98	1,2	99,98
Tingstadstunneln Södergående	13	0,1	99,998	0,1	99,998
E6/E20 Mölndal Norrgående	42	43	99,25	43	99,25
E6/E20 Mölndal Södergående	68	69	98,8	69	98,8
E18 Norrtäljevägen Södergående	cirka 58	cirka 60	99,2	cirka 60	99,2

Resultaten ska ställas i relation det mycket högt uppställda tillgänglighetsmålet (99,5 %) vilket innebär högst 45 timmars driftavbrott per år. Som framgår av tabellen uppfylls detta krav i Tingstadstunnelns anläggning medan Mölndalsanläggningen och E18 Norrtäljevägen ligger marginellt under målet.

Felen i Tingstadstunneln är marginella och huvudsakligen kommunikationsfel som återställs automatiskt. De har inte behövt åtgärdas av underhållspersonal. Även i Mölndalsanläggningen är kommunikationsfel den helt dominerande orsaken till avbrotten. Dessa avbrott är betydligt fler än de som orsakar hindertid, eftersom signalerna hålls tända 30 sek efter avbrott och kommunikationen hinner återkomma inom den tiden. Skillnaden i hindertid för respektive riktning kan till en del förklaras av att det är fler körfältssignaler som kan drabbas av fel i södergående riktning - 26 vägmärken i 9 portaler i norrgående mot 33 vägmärken i 11 portaler i södergående.

För E18 Norrtäljevägen är det vanligaste felet (vid cirka 55 tillfällen) kommunikationsfel för någon anläggningsdel som inneburit att denna ställts i driftsäkert läge (100 km/h). Dessa perioder är emellertid ofta korta då de avhjälps av driftledare i Trafik Stockholm som startar om VH-anläggningen. Vid två tillfällen har avvikelse noterats som medfört att ingen eller fel hastighet märkts ut. Den 27 mars gav utbytta trafikdetektorer för höga trafikflödesvärden och för låg hastighet märktes ut. Felet varade i fem timmar. Den 28 maj noterades ett kommunikationsfel som påverkade utmärk-

[2] Gustavsson J; Uppnådd tillgänglighet för VH-objekt i regionerna Norr, Mälardalen, Väst och Sydöst, granskningsutgåva; VH-projektet; jan 2007

ningsmöjligheterna i tio timmar. Det går emellertid inte att fastställa den exakta tiden som felaktig utmärkning gentemot trafikant varat.

6.4 Erfarenheter från valideringar

På ***Mölndalssträckan*** förekom under första driftåret en del spöklarm som gjorde att skyltarna kunde aktiveras under korta perioder (<10 sek), även nattetid. Man har i stort sett kommit till rätta med detta fel. Kriterierna för styrning har flera gånger justerats. Det gäller t ex tät trafik där systemet tidigare inte varit helt stabilt. Nu anses systemet fungera bra!

På ***Ölandsbron*** har driftavbrott förekommit mer eller mindre frekvent under olika perioder. Stora avbrott inträffade i:

Feb-mar 2007	Styrdator trasig. Systemet ur funktion i ca 6 veckor
Aug-okt 2007	Frekventa radiostörningar på den bortre delen av bron. Problemen minskade under lövfällningen. Hög vegetation trolig orsak. Åtgärdat
Jan 2008	VViS-data på högbrodelen försvann. Man fann en kabel som lossnat och åtgärdade
Feb 2008	Allvarlig kommunikationsstörning på en av primärskyltarna. Detta påverkade andra skyltar och innebar att systemet stängdes av för modifiering och omstart i mars 2008.

Styrningen av VH-systemet på ***E18 Norrtäljevägen*** stämmer inte helt med föreskriftens paragrafer. Det gäller den stegvisa sänkningen av hastighetsgränserna som utförs på ett avvikande sätt. Vidare har enligt projektledaren systemet varit släckt i samband med byte av mjukvara eller justering av parametrar under de första månaderna. Dessutom var ett detektorpar ur funktion under en tid. I stort fungerar systemet bra.

6.5 Kundsynpunkter

Vid körfältsreglering ska samma föreskrivna hastighetsgräns visas över samtliga körfält i ett snitt, även avfart. Detta kan ställa till problem. En trafikant nämner bl a att det på ***Mölndalssträckan*** efter Lackarebäcksmotet börjar köa upp på E6 för alla som ska mot Astra. Då skyltas 30 vilket även gäller dem som ska köra rakt fram och som inte har köproblem. Många bryr sig då inte och det kan vålla problem. En trafikant uttrycker det så här ” Ni MÅSTE fixa till dessa skyltar så att dom inte visar 30/50/70 när det inte är några problem. Folk har tappat respekten för skyltarna och det är livsfarligt att köra i 70 när skyltarna visar så för att man riskerar att bli påkörd bakifrån i 100. Vore bättre att ha en riktig begränsning på 90 och sätta upp skyltar "varning för köbildning" eller liknande. Skyltarna byter hastighet på tok för ofta också. Man kan "åka dit" för fortkörning utan att ens veta om att man gjort fel”.

För ***Ölandsbron*** noterades en del kundsynpunkter främst då systemet var nytt. De som hörde av sig förstod inte anledningen till hastighetssänkningen (alltså finns ett behov av information i anslutning till VH aktivering). Vissa har klagat på att för låg hastighetsgräns visas. Flera var nöjda med att nu få köra i 90 km/h och accepterar då att få sänkt hastighetsgräns vid dåliga förhållanden. Men det finns också dem som anser att 90 km/h är för hög fart med hänsyn till de smala körfälten.

På ***E18 Norrtäljevägen*** hörde ganska många trafikanter av sig särskilt i försökets inledning. Det finns både positiva och (mest) negativa synpunkter om systemet. Det gällde framför allt hastighetsnivåerna och vilka effekter det fått på köbildningen. Vissa ger exempel på att hastighetsbegränsningen är satt till låg nivå (50) utan tillstymmelse till kö. Andra anger att det inte behövs något system, det faller sig naturligt att sakta in om det blir kö. Man tycker att systemet är slöseri och undrar vad det kostar? Det finns också de som tycker att det är ett mycket bra försök och som hoppas att det blir permanent.

Polisen tycker inte att systemet fungerar tillfredsställande. Man har uppfattningen att de flesta förare verkar tro att hastighetsangivelserna bara är rekommendation, som på E4:an och då fortsätter de att köra efter de trafikförhållanden som råder där man befinner sig. Är det ingen kö och relativt glest med trafik så kör man i sin normala motorvägshastighet oavsett vad som står på skyltarna. Roslagspolisen har inte haft någon fast hastighetskontroll utan det enda är rörlig övervakning med polisbil och med civil polisbil med s.k. police-pilot.

6.6 Investering och driftkostnader

Någon djupanalys av investerings- och driftskostnaderna har inte genomförts för de trafikstyrda objekten. Uppgifter om anskaffningskostnader har hämtats från dels sammanställning av försöksobjekt (2008-04-05) dels kontakt med objektansvarig för E6 Mölndal.

Driftkostnaderna har följts upp 2006 för Mölndal. De uppgick till 432 000 kr (varav projekt- och byggledning: 129 000 kr). Nedanstående aktiviteter ingick:

- drift- och underhållskontrakt med driftentreprenören
- diverse åtgärder (exempelvis reparation av detektor mm)
- el
- kommunikation
- egen tid i form av projekt-/ byggledning

För övriga objekt bygger driftskostnaderna på en schablonmässig uppskattning med hänsyn till objektets karaktär.

Summariska uppgifter redovisas i nedanstående tabell:

Objekt	Anskaffning (Mkr)	Drift (Mkr/år)
E6 Tingstadstunneln	20-25*)	
E6 Mölndal	30**)	0,43
137 Ölandsbron	4,2	0,17
E18 Norrtäljevägen	10,9	0,4

*) Uppskattning av totala kostnaden för hela tunnelsystemet med tanke på tunnelsäkerhet, avstängningsmöjligheter etc. VH-delen bedöms enbart kosta 1,5 Mkr!
**) Uppskattning av den verkliga kostnaden. 12,4 Mkr har belastat VH-budgeten i regionen

7 Samhällsekonomiska beräkningar

7.1 Val av anläggningar

Det finns mångårig erfarenhet från motorvägar i utlandet, men denna avser oftast höghastighetsmiljö med hastighetsgränser på 110 km/h eller mer. Trafikstyrning ger då gigantiska effekter både genom färre dödade och skadade samt minskade fördröjningar. Fördelarna vid hastigheter kring 70-90 km/tim är däremot oklara och omstridda. Det är därför mycket intressant att undersöka vilka för- och nackdelar VH har även vid måttliga hastighetsnivåer.

I etapp 1 av VH-projektet har försök med trafikstyrning genomförts på motorvägar i Göteborgsområdet, 2+1-väg i Västmanland samt på Ölandsbron. I etapp 2 infördes också trafikstyrning på E18 nordost om Stockholm.

Som typanläggning för samhällsekonomiska beräkningar har valts E6 vid **Mölndal**. Motivet är att denna sträcka är lämplig med bashastighet 90 km/h och att trafikmätningar finns tillgängliga. Flera av de övriga anläggningarna har haft funktionsproblem eller inte fått slutlig utformning under försöksperioden.

7.2 Beräkningsmetodik

7.2.1 Uppskattning av säkerhetseffekter

För att kunna uppskatta säkerhetseffekten behövs risktal (olyckskvot och allvarlighetsföljd) för olika hastighetsgränser och kösituationer i utgångsläget, som gör det möjligt att jämföra med förhållandena vid olika hastighetsgränser efter införande av VH. Trafikstyrningen inriktar sig här främst på påkörningsolyckor bakifrån. Då är det relevant att utgå från förekomsten av kritiska tidluckor (< 1 sek) eller relativa hastighetsförändringar enligt den s.k. potensmodellen vid bedömning av trafiksäkerheten. Om vi utgår från att plötsliga köer har hastigheten 30 km/h, så innebär potensmodellen att en hastighetssänkning från 90 km/h till 70 km/h sänker risken för allvarliga upphinnandeolyckor till $((70-30)/(90-30))^3$ = 30 %, dvs. med 70 %. En mer ambitiös metod skulle ha varit att ta fram en konfliktmodell som anger risk som funktion av hastighet och tidlucka.

Tyvärr finns inte uppmätta data tillgängliga för en mer ambitiös ansats. Vi har endast medelvärden för femminutersperioder som har aggregerats till längre perioder. Andelen tidluckor eller relativa hastighetsförändringar vid samma tillfälle går därför inte att beräkna. Säkerheten bedöms därför försiktigt med ledning av resultat från utlandet och uppföljning av det faktiska utfallet enligt olycksstatistiken.

7.2.2 Uppskattning av effekter på fördröjningar vid köer

Enligt styrmodellen finns fyra olika trafiksituationer motsvarande olika köförhållanden, nämligen normal trafik, tät trafik, risk för kö och kö. För att räkna skillnad i fördröjning behöver vi veta hastigheten före och efter införandet av VH vid de olika trafiksituationerna. Eftersom hastigheten kan variera väldigt mycket under episoder med kö behöver hela köuppbyggnads- och köavvecklingsförloppet följas. Vi behöver också veta hur länge de olika förhållandena varat och fördelningen av antalet fordon

på de olika körförhållandena. Genom att mätningarna varit begränsade bedöms detta utifrån medelvärden och kunskap om hur ofta olika trafikförhållanden förekommit. Följebil-mätningarna kompletterar därvid snittmätningarna genom att man därigenom kan bedöma vad som händer mellan mätpunkterna.

7.2.3 Uppskattning av miljöeffekter

För att kunna uppskatta effekten på emissioner måste vi veta utsläppen vid olika körhastigheter under olika trafikförhållanden. Tillgängliga modeller indikerar att det är svårt att härleda verkliga emissionsförändringar då modellerna är osäkra i kösituationer.

Miljöeffekter har approximativt beräknats med Samkalk-programmets effektmodul. Med fordonseffektmodellen har beräknats bränsleförbrukning, fordonskostnader (reparations-, komponent- och däckkostnader) samt utsläpp av kväveoxider (NOx), kolväten (HC) och partiklar. Utifrån beräknad bränsleförbrukning beräknas i ett följande steg även utsläppen av koldioxid (CO_2) och svaveldioxid (SO_2). Varje fordonstyp är indelat i sex kategorier, som har olika egenskaper beträffande bränsleförbrukning, avgasemissioner m.m.

7.3 Förutsättningar för beräkningarna

Trafikmätningar har genomförts genom att utnyttja detektordata på sträckan Kallebäck (mot Göteborg) och Åbro (nära Mölndal)[3]. Förestudien har gjorts vid ett snitt nära de nordliga portalerna P17/P18 vid Kallebäck. Hastigheter och trafik har därför främst jämförts med mätresultaten för P17/P18.

7.3.1 Hastigheter vid fritt flöde och måttlig trafik

E6 vid Mölndal var före införandet av VH en sexfältig stadsmotorväg med 70 km/tim med smala körfält med 80000 fordon/dygn. Detta motsvarar ett medelflöde på ca 0,06*80000=4800 f/h.

Vägverkets effektberäkningsprogram EVA ger med hastighetsgräns 90 och 70 för motorväg medelreshastigheterna ca 96 och 78 km/tim vid **normala trafikförhållanden**.

Mätningar vid Kallebäck före och efter införande av VH visar hastigheter enligt tabellen nedan vid skyltad hastighetsgräns 70 resp 90 km/h. Överensstämmelsen är relativt god i sydlig riktning. I nordlig riktning är hastigheten ca 10 km/h lägre, troligen som en följd av sjunkande hastigheter in mot Göteborg.

[3] Se Vägverket Konsult: Objektrapport E6 Mölndal-Tingstad, Bilaga A. 18 feb 2007.

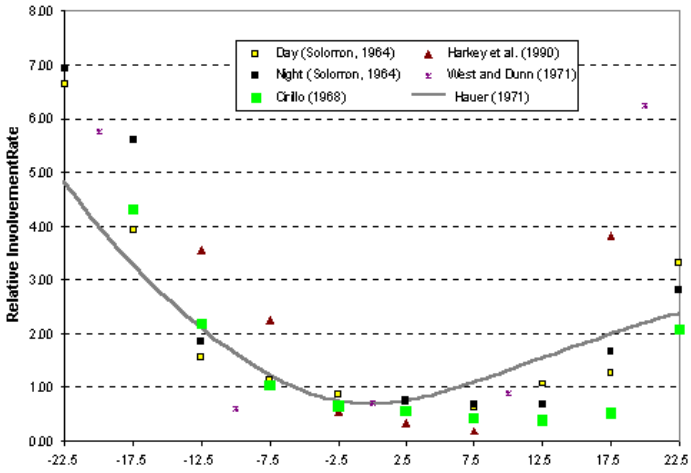
Tabell 7.1 Medelhastighet för olika körfält enligt förestudien

Mätplats	Skyltat hastighet km/h	Vk1	Vk2	Vk3	**Vmed**	Skillnad Vk3-k1
Kallebäck norr	70	64,4	80,7	92,4	**79,1**	28,0
	90	79,1	84,7	95,4	**86,4**	16,3
Kallebäck söder	70	73,3	81,6	91,7	**82,2**	18,4
	90	87,1	87,3	109,2	**94,5**	22,2

Anm: k1 avser körfältet längst till höger och k3 körfältet längst till vänster i körriktningen.

Höjningen till hastighetsgräns 90 km/h har inneburit en ökning av medelhastigheten med 7 km/h i riktning mot Göteborg. I andra riktningen mot Mölndal är ökningen hela 12 km/h. Förklaringen till skillnaden är troligen att trafiken tätnar i riktning mot Göteborg men glesnar i riktning mot Mölndal. Ur framkomlighetssynvinkel rekommenderas enligt omvärldsstudien att snabbare höja hastigheten när köerna upplöses. Detta talar för att inte ha så restriktiva kriterier för att höja hastigheten från 70 km/h till 90 km/h när hastigheten ökar vid påföljande portaler.

På motorvägar är relativa hastigheter mellan fordon lika viktiga som medelhastigheterna. Omkring 40 % av olyckorna är upphinnandeolyckor. Se t.ex. nedanstående diagram från USA som visar relativ inblandning i olyckor relativt medelhastigheten. Risken är minst om man kör mindre än 7.5 miles/h fortare eller saktare än genomsnittet. Harmonisering av hastigheter som leder till mindre hastighetsvariation kan därför ha stor inverkan på upphinnandeolyckor.



Figur 7.1 Inblandning i olyckor relativt medelhastigheten i USA

På sträckan Åbro-Kallebäck är t.o.m. upphinnandeandelen 75 %. Målet är därför att homogenisera fordonshastigheterna så att höga (och även låga) hastigheter begränsas.

I riktningen mot Göteborg (norrut) där köslut ibland uppträder minskar skillnaden i hastighet mellan körfälten. Detta är till fördel för TS-effekten av systemet. I motsatt riktning ökar istället hastighetsspridningen, vilket kan vara farligt om oväntade incidenter uppträder. Oftast ökar dock hastigheten successivt söderut för framförvarande fordon. Detta gör att riskerna begränsas.

7.3.2 Hastigheter vid tät trafik

Vid tät trafik ökar successivt risken för kapacitetssammanbrott. Simuleringar visar att det främst är förhållandena vid påfarterna som avgör om det blir sammanbrott eller ej. Erfarenheten säger att det är de relativa hastigheterna som är viktiga. Den relativa hastigheten uppströms och nedströms en påfart, den relativa hastigheten mellan påfart och huvudström och den relativa hastigheten mellan olika körfält kan alla bidra till risken för sammanbrott. Idén med VH är att sänka hastigheten till 70 km/h vid tät trafik så att de relativa hastighetsskillnaderna blir mindre och inbromsningarna blir lugnare.

Hastigheten sjunker när trafiken tätnar. Vid flödet 950 f/h och körfält antas hastigheten ha sjunkit med 3-4 km/h. Vid kapacitetsgränsen ligger ofta hastigheten 30-40 % lägre än vid fritt flöde. Föremätningarna gav följande resultat vid olika trafikförhållanden för Kallebäck Norr:

Tabell 7.2 Hastigheter vid olika trafikförhållanden i Kallebäck norrut

Kallebäck Norr Trafikhastigheter utan VH	**Vmed**	Andel av hastighet vid fritt flöde
70, fritt flöde (och måttlig trafik)	**79,1**	100 %
70, tät trafik	**66,0**	83 %
70, köbildning	**31,0**	39 %
70, kö	**16,9**	21 %

Mätningarna antyder att hastigheterna minskar snabbt vid tät trafik, köbildning och kö. Idén med VH är att harmonisera flödet och minska hastigheten stegvis. Istället för snabba och farliga inbromsningar på en sträcka av 50-100 meter önskar man åstadkomma en jämnare inbromsning under 300-400 meter. Lyckas detta kan också risken för totalsammanbrott minska. Detta visar sig genom att situationer med köbildning och etablerad kö inte uppträder lika ofta.

7.3.3 Hastighet med rekommenderad VH

Tillståndet efter bestäms av vilka kriterier som används för detekteringen, hur funktionen uppfattas av trafikanterna och hur hastigheterna övervakas. Efter införande av VH har den skyltade hastigheten höjts, vilket medfört 7 km/h högre hastigheter vid måttlig trafik. Med ledning av erfarenheter utomlands kan man förvänta sig omedelbara hastighetssänkningar när skyltarna tänds på 3-9 km/h vid sänkning av gränsen med 20 km/h. Vi har dock inga mätdata för korta perioder utan 5-minutersmedelvärden som sedan är summerade till längre perioder.

I ett examensarbete vid CTH[4] har dock ett försök gjorts att mäta vad som händer precis när man tänder skylten. En mätning vid Kallebäcksmotet visar att den genomsnittliga hastigheten fem minuter efter det att skylten 30 km/h tänts är ca 7 km/h lägre än före den tänts. Det är dock oklart om skylten eller trafikförhållandena har störst påverkan på de resulterande fordonshastigheterna.

[4] Hur pendlande bilister uppfattar och följer variabla vägskyltar i Göteborg. K Brynielsson och B Carlsson, CTH 2005.

Mätdata för femminutersperioder under ett par månaders uppföljning har gett följande resultat:

Tabell 7.3 Medelhastigheter vid Kallebäck norrut med rekommenderad VH

Kallebäck N (P18), mot Göteborg Trafikhastigheter med rek VH	**Vrek**	**Skillnad mot utan VH**
90, fritt flöde	**84,4**	**+5,3**
70, tät trafik	**79,1**	**+13,1**
50, köbildning	**65,2**	**+34,2**
30, kö	**66,7**	**+49,8**

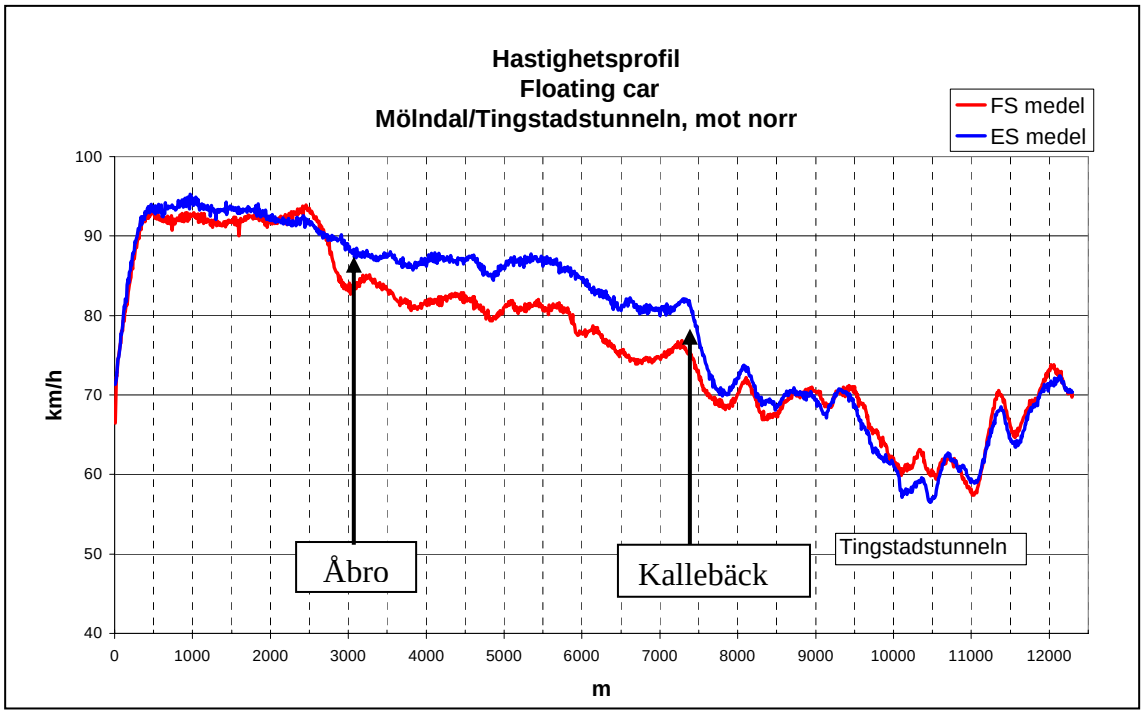
Vid fritt flöde uppkommer en hastighetsökning på 5 km/h som följd av högre skyltad hastighetsgräns. Vid tät trafik är hastighetsökningen 13 km/h, vilket tyder på att VH bidragit till lugnare förhållanden. Trafiken har harmoniserats som önskat och avstånden mellan bilarna blivit jämnare. Vid köbildning då 50 km/h tänds har hastigheten ökat med hela 35 km/h. Detta tyder på kraftigt förbättrade körförhållanden. Troligen har plötsliga stopp reducerats kraftigt och inbromsningar sker nu under längre sträcka än tidigare. Vi har dock inga data på exakt hur detta skett, då mätningar av tidluckor är komplicerade och inte kunnat genomföras på alla intressanta platser av resursskäl.

Hastigheten vid etablerade köer då 30 km/h tänds har enligt tabellen ökat mycket kraftigt. Totalstopp i trafiken är efter införandet av VH mycket sällsynta.

I projektet har även ingått följebil-mätningar, som visar hur hastigheterna varierar utefter sträckan. Se figur nedan som visar genomsnitt av ca 75 körningar. Där framgår att en hastighetsskillnad på 6-7 km/h består utefter hela sträckan Åbro-Kallebäck. Vi kan alltså räkna med att framkomlighetsförbättringen blivit i samma storleksordning även vid övriga portaler (P3, P7 och P14).

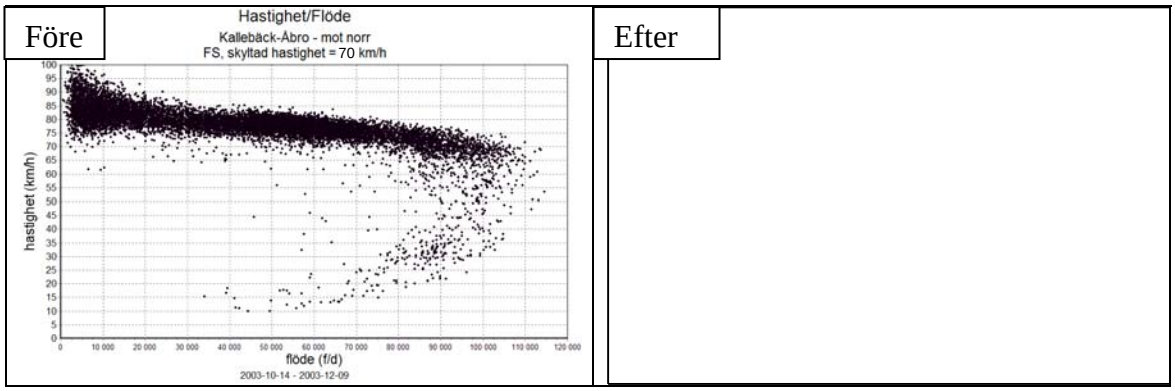
Innan VH infördes sänktes hastighetsgränsen i riktning mot Göteborg från 90 km/h till 70 km/h vid Åbromotet. Man ser där en inbromsning på 10 km/h på en sträcka av ca 400 m. Efter VH infördes bromsas hastigheten ned i lugnare tempo mellan Åbro och Kallebäck. Istället ser man en hastighetssänkning på 12 km/h under ca 400 m vid Kallebäck (jämfört med 8 km/h hastighetssänkning under 600 m). Detta tyder på att VH haft en god inverkan på trafikflödet vid Åbro, men att det finns risk för en motsatt effekt vid Kallebäck där VH-systemet upphör.

När man betraktar alla ca 75 följebil-körningar (jfr objektrapport) kan man också få bekräftat att förekomsten av plötsliga inbromsningar och mycket låga hastigheter har blivit ovanligare på sträckan Åbro-Kallebäck. Lägsta hastigheter ligger nu kring 40 km/h jämfört med 10-20 km/h före införandet av VH.



Figur 7.2 *Sammanställning av resultat från följebil-körningar genom Mölndal och Tingstadstunneln*

Mätningar har också gjorts av sambandet mellan hastighet och flöde. Den vänstra figuren avser förestudien med 70 km/h, den högra med rekommenderad hastighet 30-90 km/h.



Figur 7.3 *Hastighets-flödessamband vid portal 18, riktning norrut*

Dessa figurer indikerar att förekomsten av sammanbrott och köer med låga hastigheter som följd är något vanligare med rekommenderade VH-hastigheter (2,7 % av trafiken) än utan VH (1,2 %). Å andra sidan kan rimliga hastigheter i många fall upprätthållas vid högre flöden än tidigare.

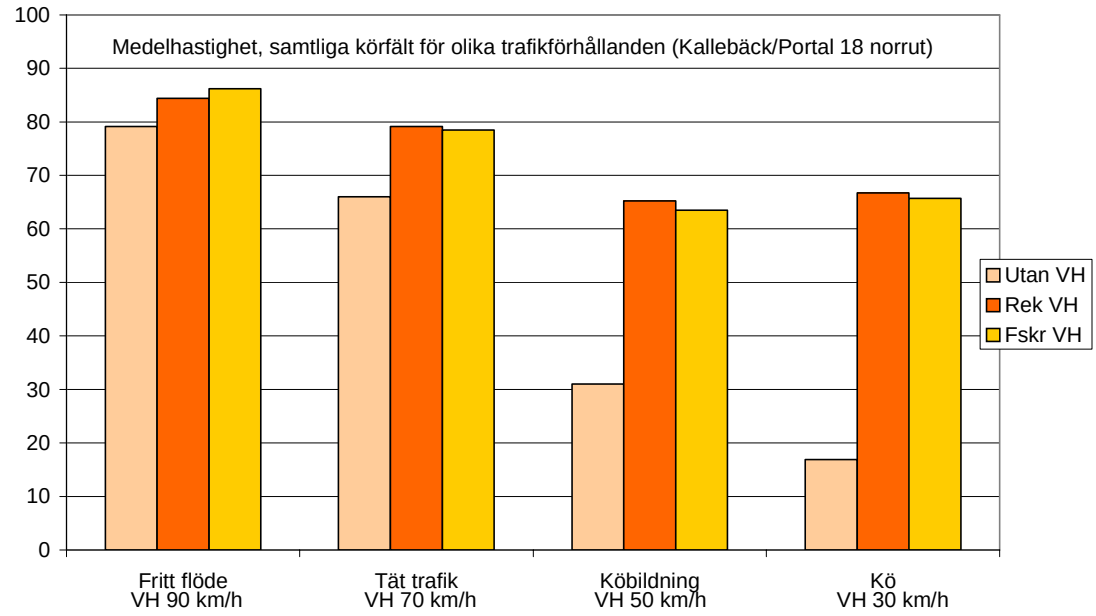
7.3.4 Hastighet med föreskriven VH

Det har spekulerats i vilken betydelse det har om man visar rekommenderad hastighet eller föreskriven hastighet (med röd ring) i VH-system. I februari 2006 ändrades skyltningen till föreskriven hastighet. Nedan visas hastigheter med föreskriven hastighet.

Tabell 7.4 *Medelhastigheter vid Kallebäck norrut med föreskriven VH*

Kallebäck N (P18), mot Göteborg Trafikhastigheter med fsk VH	**Vfsk**	**Skillnad mot rek VH**
90, fritt flöde	**86,2**	**+1,8**
70, tät trafik	**78,5**	**-0,6**
50, köbildning	**63,5**	**-1,7**
30, kö	**65,7**	**-1,0**

Skillnaderna mellan rekommenderad och föreskriven hastighet är små, men visar dock en tendens till att spannet mellan normalhastighet vid fritt flöde och sänkt variabel hastighet ökar. Denna långtidseffekt har tidigare observerats både vid korsnings- och vädertillämpningar. Hastigheter före VH samt med rekommenderad och föreskriven VH framgår också av nedanstående diagram.



Figur 7.4 *Medelhastighet för olika trafikförhållanden och utmärkningsprincip*

7.4 Framkomlighetseffekter

Som framgått har införandet av VH på sträckan Åbro-Kallebäck medfört dels höjda medelhastigheter vid måttlig och tät trafik, dels att situationer med köbildningar blivit mer sällsynta. Båda dessa effekter leder till att framkomligheten förbättras och att tidskonsumtionen minskar.

Tabell 7.5 *Tidsåtgång utan VH*

Kallebäck N (P18), mot Göteborg Tid utan VH	**Andel av trafik**	**Vmed**	**Tid, kh**
70, fritt flöde	71,3 %	79,1	606
70, tät trafik	24,7 %	66,0	252
70, köbildning	2,8 %	31,0	60
70, kö	1,2 %	16,9	49
	Summa		**969**

Motsvarande beräkningar har även gjorts i andra riktningen. Uppräknat till hela sträckan blir den totala tidsförbrukningen 969 000 + 959 000 =1 928 000 timmar per år. Tidskostnad beräknas med ett tidsvärde om 128 kr/h enligt EVA. Andelen långväga trafik antas uppgå till 30 %. Med en tidsvärdering på 128 kr/fh uppgår den sammantagna tidskostnaden utan VH till 1928*128/1000 = 247 Mkr per år.

Beräkning av motsvarande medelhastigheter och tidsförbrukning med variabel rekommenderad hastighet redovisas nedan.

Tabell 7.6 *Tidsåtgång med rekommenderad VH*

Kallebäck N (P18), mot Göteborg Tid med rek VH	**Andel av trafik**	**Vmed**	**Tid, kh**
90, fritt flöde	83,9 %	84,4	670
70, tät trafik	12,6 %	79,1	108
50, köbildning	0,7 %	65,2	7,3
30, kö	2,7 %	66,7	27
	Summa		**812**

Med en tidsvärdering på 128 kr/fh uppgår den sammantagna tidskostnaden med VH till (812+832)*128/1000 = 210 Mkr per år. De minskade fördröjningarna för trafiken med VH motsvarar ett värde på 36 Mkr per år eller 15 %.

Tidsvärderingen 128 kr/h avser normalförhållanden. Man kan argumentera för att största delen av de minskade fördröjningarna avser trängselsituationer. I sådana fall kan det vara motiverat med ett tidsvärde som är 25-40 % högre enligt tillgängliga studier. Denna möjlighet har dock inte utnyttjats här.

Beräkningarna bygger på tillgängliga mätresultat från Vägverkets Konsult (Objekt-rapport E6 Mölndal-Tingstad, 2008). Av resursskäl begränsades föremätningarna, vilket resulterat i viss osäkerhet om resultatens giltighet. Mätningarna avser en begränsad tidsperiod och föremätningar finns bara på en punkt i närheten av porta-lerna P17/P18. För att bedöma hela sträckan har även följebil-studier utnyttjats. Dessa tyder på att resultaten från P17/P18 är representativa för sträckan. Det finns ändå en kvarstående osäkerhet om långtidseffekter. Fortsatt uppföljning av trafiksituationen bör därför ske, som också bör utnyttjas för att trimma systemet vid behov.

7.5 Säkerhetseffekter

Trafiksäkerheten på sträckan E6 Åbro-Kallebäck påverkas dels genom att högsta tillåtna hastigheten ökat från 70 till 90 km/h, dels genom att VH införs vid tät trafik och risk för köbildning.

En teoretisk beräkning kan göras utgående från uppmätta körhastigheter före och efter införandet av VH. Om vi utgår från den traditionella modellen så innebär en hastig-hetsökning från 79 km/h till 86 km/h vid fritt flöde att risken för personskador ökar med $(86/79)^2$ = 18 %.

Uppföljning av motorvägsstyrningssystemet i Bremen i Tyskland visar att olyckor med personskador minskade med 42 % vid införande av högsta hastighet 120/100

km/h och ytterligare 12 % vid implementering av MCS. Tar man även hänsyn till trafikökningen blir effekten ännu större. En jämförelse av kösituationen före och efter införandet visar också på en väsentlig minskning av köerna. Motsvarande engelska studier av M25 runt London indikerar 10-20 % färre olyckor med MCS. I högfartsmiljö med plötsliga köer kan man totalt sett vänta sig en olycksreduktion. Vid lägre grundhastighet är effekterna osäkra p.g.a. att de finns för få tillämpningar.

En rimlig hypotes utifrån omvärldsstudier kan vara att utgå från att trafikstyrning med VH/MCS vid 70-80 km/h som normalhastighet minskar personskador med ca 5 %, vid 90-100 med 10 %, vid 110-120 med 20 % och vid 130 till fri fart med ca 40 %.

Uttag ur olycksregistret STRADA har gjorts för perioden 1 januari 2003 – 31 oktober 2004 före införandet av VH-systemet och för perioden 1 december 2004 – 31 mars 2007 efter införandet av systemet. Tabellen visar antal olyckor av olika svårhetsgrad.

Tabell 7.7 Olycksutfall enligt utdrag från olycksregistret STRADA

Olycksutfall Åbro-Kallebäck	Dödsolycka	Svår olycka	Lindrig olycka	Totalt	Antal mån	Normerat per år
Utan VH	0	4	19	23	22	12,5
Med rek VH	0	0	12	12	14	10,3
Med fsk VH	0	0	20	20	24	10,0

Man kan notera att den aktuella motorvägssträckan förefaller vara säkrare än genomsnittliga motorvägar. Olyckskvoten utan VH är 0,093 personskadeolyckor per miljon fordonskilometer jämfört med normalvärdet 0,170 enligt Effektkatalogen[5]. En annan iakttagelse är att allvarlighetsföljden är 0,17 DSS/olycka dvs. allvarligare än normalvärdet 0,052 för motorvägar med hastighetsgräns 70 km/h. Tre fjärdedelar är upphinnandeolyckor. Statistiken tyder på betydligt högre relativa fordonshastigheter (fler plötsliga inbromsningar) än normalt. Underlaget är dock alltför litet för att säkert uttala sig. Flera års olycksstatistik borde ingå i analysen, men det var inte möjligt då trefältigheten öppnades först i december 2002.

Olycksutfallet efter införande av VH är mycket positivt. Olyckskvoten dvs. antal olyckor per miljon fordonskilometer har minskat med 20 % både med rekommenderad VH och med föreskriven VH, dvs bättre än hypotesen om 10 % förbättring. Ingen allvarlig olycka (!) har hänt sedan VH togs i drift i december 2004. Det finns alltså en klar tendens som pekar mot att olycksrisken har minskat på E6 vid Mölndal. Underlaget är dock litet och slutsatserna därför ännu relativt osäkra.

Beräkningar av allvarlighetsföljd och olyckskostnad kräver mycket stora olycksmaterial för att bli någorlunda säkra. Det behövs minst 1000 olyckor genom att dödade och skadade slår så hårt. Inte heller skillnaden i antalet olyckor går att säkerställa. Där bör underlaget utgöras av minst 50 personskadeolyckor (32 i dagsläget). Fortsatta olycksanalyser bör därför göras. Efter en femårsperiod (2005-2009) bör utfallet kunna gå att säkerställa.
I den samhällsekonomiska kalkylen räknas försiktigtvis med hälften av den konstaterade trafiksäkerhetseffekten, dvs. 10 % med både rekommenderade och föreskrivna hastigheter.

[5] Egentligen KAN-modeller .mdb (underlag till EVA, kalkylprogram för samhällsekonomiska kalkyler)

7.6 Miljöeffekter m.m.

Hastighetsskillnaderna mellan scenario utan och med VH ger konsekvenser på fordons- och emissionskostnader (GFU).

Miljöeffekter har beräknats med Samkalk-programmets effektmodul. Med fordonseffektmodellen har beräknats bränsleförbrukning, fordonskostnader (reparations-, komponent- och däckkostnader) samt utsläpp av kväveoxider (NOx), kolväten (HC) och partiklar. Utifrån beräknad bränsleförbrukning beräknas i ett följande steg även utsläppen av koldioxid (CO_2) och svaveldioxid (SO_2). Varje fordonstyp är indelad i sex kategorier, som har olika egenskaper beträffande bränsleförbrukning, avgasemissioner m.m.

Beräkningar har gjorts för tillåtna hastighetsgränser (30-90 km/h). För dessa har beräknats reshastigheter vid rådande väg- och trafikförutsättningar samt resulterande miljökostnader.

Miljö:	52,3 Mkr per år utan VH
	54,9 Mkr per år med VH

Miljökostnaderna förändras enligt Samkalk med 5 % genom införandet av föreskriven VH. Räknat på 20 år blir miljökostnaderna 41 Mkr högre med variabel hastighet.

Av objektrapportens[6] följebil-studier kan utläsas att utsläppen av CO_2 (g/km) har ökat med 4-7 % medan CO (g/km) minskat i bägge riktningar (signifikant i södergående trafik). Dessutom har utsläppen av NOx ökat med 3-6 % (signifikant i norrgående trafik). Ökningen av CO_2 och NOx kan ha sin förklaring i att framkomligheten ökat i bägge riktningar med högre medelhastighet som följd.

Miljöeffekterna bör dock tolkas med försiktighet eftersom nuvarande modeller inte tar tillräcklig hänsyn till krypkörning.

7.7 Anläggnings- och driftkostnader

Den verkliga anläggningskostnaden för trafikstyrning på sträckan Åbro-Kallebäck vid Mölndal har beräknats år 2005 till 14,3 Mkr[7]. Senare uppföljning indikerar att kostnaden snarare uppgår till 30,0 Mkr. Skillnaden består i att den senare kalkylen innefattar investeringar som tidigare belastat andra projekt.

I anläggningskostnaden ingår markarbeten, teknisk utrustning samt produktionsstöd, som omfattar kostnad för förstudie, vägutredning, marklösen (dvs. indirekta kostnader för marklösen, inte själva summan) samt beställning och uppföljning. Den ekonomiska livslängden antas vara 20 år och kalkylräntan 4 %.

Driftkostnaderna har uppskattats till 0,45 Mkr per år[8]. Vi får då en total driftkostnad under en 20-års period på 7,2 Mkr.

[6] Se Vägverket Konsult: Objektrapport E6 Mölndal-Tingstad. Avsnitt 5.6.
[7] Objektöversikt 2005-01-24
[8] E-brev från Christer Niland, VVÄ, 2007-04-10.

KOSTNAD, tkr	Per år	Totalt 20 år
Investering (markarbeten, teknisk utrustning, produktionsstöd)		30 000
Drift (1,2 %)	450	7 200
Summa kostnad (K), kkr		**37 200**

7.8 Samhällsekonomisk bedömning

Beräkningarna summeras i tabellen nedan.

NYTTA	per år	Totalt, 20 år
Acceptans (ej kvantifierad)	+	?
Framkomlighet (minskade fördröjn.)	36,2	579,7
Trafiksäkerhet	2,0	31,3
Miljö m.m.	-2,6	-41,2
Summa nytta (N), Mkr	35,6	**570**

Med de bedömda effekterna och den angivna årskostnaden för E6 Mölndal på 37,2 Mkr inkl. drift erhålls en trolig nyttokostnadskvot överstigande +10. Nytto-kostnadskvoter under +1,0 innebär att investeringen är olönsam, kvoter mellan +1,0 och +3,0 innebär acceptabel lönsamhet och kvoter över +3,0 mycket god lönsamhet.

Netto-nyttokostnadskvoten (NNK), som används vid infrastrukturplaneringen, blir +9. Netto-nyttokostnadskvoten tar hänsyn till skatter och definieras netto istället för som normalt brutto. (NNK = (N-1,53K)/1,53K). Rekommenderad eller föreskriven VH synes därmed ha **mycket god lönsamhet** med högsta hastighet 90 km/h.

7.9 Bedömning av effekter för övriga objekt

E6 Tingstadstunneln: Motsvarande uppgifter från Tingstadstunneln pekar åt samma håll som i Mölndal. I södergående riktning är medelhastigheten på 70-nivå (skyltat 70 i föremätningen) 1- 2 km/h lägre med VH jämfört med utan VH. På 50-nivå är medelhastigheten däremot 9 km/h högre med VH och på 30-nivå 28 km/h högre. Sannolikt är även denna investering lönsam.

E18 Norrtäljevägen: Hastigheterna vid köbildning har endast marginellt påverkats av VH. En komplikation är också att köbildning följs av en sträcka med bättre förhållanden vid Lahäll och därefter förnyade köer vid Mörby. I nuvarande utformning är systemet sannolikt inte lönsamt. En förnyad bedömning bör ske senare efter det att systemet trimmats.

Utvärdering av E20 Västmanland och Ölandbron har inte skett p.g.a. problem med funktionalitet och trafikmätningar.

8 Sammanfattande analys

HUR FÖRÄNDRAS HASTIGHETSANPASSNINGEN MED VH?

I Tingstadstunneln uppstår de största problemen i sydlig riktning. I denna riktning är skillnaderna i medelhastighet påtagliga utan respektive med VH-systemet i bruk då kriterierna för kö (30-nivå) uppfylls. Under föremätningen är hastigheten då i snitt 10 km/h medan den i eftermätningen är 35 – 40 km/tim. Även på 50-nivå uppmättes skillnader som indikerar att förekomsten av inbromsningar vid plötsliga köer minskat.

Även på Mölndalssträckan noteras högre medelhastigheter på de lägre utmärkningsnivåerna efter införandet av VH. Utan VH sjunker hastigheten snabbt vid ökad trafiktäthet med successivt ökad risk för sammanbrott. Då kriterierna för köbildning och kö är uppfyllda är medelhastigheten, utan VH, 30 km/h eller lägre i den norra delen nära påfarten från RV 40 (vid Kallebäck). Med VH minskar hastigheten inte lika abrupt (hastighetsanpassningen sker över en längre sträcka) och man erhåller en harmonisering av flödet så att medelhastigheten ligger på en högre nivå (ca 65 km/h) vid samma plats. Detta innebär också att tiden för överbelastning minskar.

På Ölandsbron anpassar trafikanterna hastigheten väl till de VH-skyltade gränserna även om efterlevnaden försämras ju lägre hastighetsgräns som visas. När VH-gränsen är 90 km/h kör ca 80 % av alla bilister med en hastighet som är under 90 km/h. Då 70 km/h visas med VH är hastighetsbeteendet identiskt med situationen före, dvs då fast vägmärke med 70 km/h gällde.

På E18 Norrtäljevägen tycks hastigheterna på de högre utmärkningsnivåerna ha sjunkit efter införandet av VH medan de varierar på de lägre.

FÖRÄNDRAS TRAFIKSÄKERHETEN?

Trafiksäkerheten på trafikstyrda sträckor påverkas dels av att den högsta tillåtna hastigheten (vid fritt flöde) höjs, dels genom att VH införs vid tät trafik och risk för köbildning.

En jämförelse av hastigheterna mellan körfälten före respektive efter införandet av VH visar att de minskat särskilt på de högre utmärkningsnivåerna i såväl Tingstadstunneln, Mölndal som på Norrtäljevägen. Detta är positivt för trafiksäkerheten.

När man betraktar resultat från följebil-körningar kan man också få bekräftat att förekomsten av plötsliga inbromsningar vid mycket låga hastigheter har blivit ovanligare. På Mölndalsträckan ligger de lägsta hastigheterna efteråt på omkring 40 km/h jämfört med 10-20 km/h före införandet av VH.

Omvärldsstudier antyder att trafikstyrning med VH/MCS vid 90-110 km/h som normalhastighet skulle kunna minska personskadorna med ca 10 %. En uppföljning för Mölndal efter två års drift visar att olyckskvoten dvs. antal olyckor per miljon fordonskilometer har minskat med 20 % både med rekommenderad VH och med föreskriven VH. Underlaget är dock för litet för att kunna ge säkra slutsatser.

Statistik avseende olycksutfallet för E18 Norrtäljevägen indikerar att där finns ingen skillnad före respektive efter drifttagandet av VH.

FÖRÄNDRAS FRAMKOMLIGHETEN OCH MILJÖN?

Införandet av VH på Mölndalssträckan och Tingstadstunneln har medfört dels höjda medelhastigheter vid måttlig och tät trafik, dels att situationer med köbildningar blivit mer sällsynta. Båda dessa effekter leder till att framkomligheten förbättras och tidskonsumtionen minskat. Fördröjningen för trafiken har med VH minskat med 15 %.

Genom de högre medelhastigheterna och jämnare flödet för Göteborgsobjekten påverkas emissionerna. Av följebil-studierna kan utläsas att utsläppen av CO_2 (g/km) har ökat med 4-7 % medan CO (g/km) minskat i båda riktningar. Dessutom har utsläppen av NOx ökat med 3-6 % .

På Norrtäljevägen har framkomligheten inte ändrats mer än marginellt. Antydan till en liten förbättring finns på en del av sträckan medan en annan försämrats något. Medelhastigheterna har genomgående sjunkit något men det ger knappast någon effekt på emissionerna.

HUR REAGERAR TRAFIKANTERNA?

Majoriteten av bilisterna är positiva till trafikstyrd VH och mer än hälften (på samtliga undersökta försöksanläggningar) anser att variabla hastighetsgränser ger tydliga effekter på beteendet. Den främsta anledningen till att cirka 70 % (färre i Tingstadstunneln) ibland eller ofta kör över hastighetsgränsen är att man följer trafikrytmen, inte att man inte har sett eller uppfattat vilken hastighetsgräns som gäller. Bilisterna på sträckorna genom Mölndal och Tingstadstunneln förstår inte skillnaden mellan de skyltar som har röd ring (föreskrivna gränser) och de utan (rekommenderade). Ständigt lysande skyltar (som på Norrtäljevägen) innebär att väldigt få bilister upplever att skyltarna är ur funktion jämfört med när skyltarna bara lyser då hastighetsgränserna är sänkta.

Förhållandevis många svarar att deras respekt för hastighetsgränser har ökat sedan införandet av variabla hastighetsgränser. Respekten skiljer dock en del mellan olika sträckor och respekten är större bland de bilister som tycker att variationen av hastighetsgräns stämmer med den aktuella situationen. Förhållandevis många bilister tycker att för låga hastigheter visas, även på Ölandsbron.

HUR FUNGERAR TEKNIKEN?

Anläggningarna har, med undantag av Ölandsbron, fungerat bra under uppföljningsperioderna. Tillgängligheten ligger i nivå med uppställda krav att rätt hastighet (enligt uppställda kriterier) ska visas under minst 99,5 % av total tid. Ölandsbron har haft en skakig driftstatus med kommunikationsproblem och programändringar. Dessa problem har i projektets slutskede identifierats och åtgärdats.

De flesta synpunkterna från kunder gäller att VH-skyltarna visat för låg hastighetsnivå. Åsikt har t ex framförts om att ”folk har tappat respekten för skyltarna och det är livsfarligt att köra i 70 när skyltarna visar så för att man riskerar att bli påkörd bakifrån i 100”. Det är bättre med kövarningsskylt!

Polisen tycker inte att systemet på E18 Norrtäljevägen fungerar tillfredsställande. De har uppfattningen att de flesta förarna anser att hastighetsutmärkningen är rekommendationer och att de därför kör efter de trafikförhållanden som råder.

Åsikten att för låga hastigheter visas är problematisk. Systemets effekt beror på hur stor efterlevnaden är till de visade hastighetsgränserna. De positiva effekterna av VH upplevs på systemnivå, inte av enskilda trafikanter. Det är därför önskvärt med en fortsatt uppföljning av effekterna och marknadsföring av resultaten till allmänheten.

HUR PÅVERKAS EFTERLEVNADEN AV REKOMMENDERAD RESPEKTIVE FÖRESKRIVEN HASTIGHETSGRÄNS?

Från mätningarna på E6 i Mölndal framgår att det är relativ stora skillnader på hastighetsbeteendet hos bilisterna beroende på om VH-gränserna är rekommenderade eller föreskrivna, särskilt vid de låga VH-gränserna 30 och 50 km/h. I norrgående riktning tycks anpassningen till de rekommenderade hastighetsnivåerna vara bättre än till de föreskrivna. I södergående riktning råder motsatta förhållanden. En teori kan vara att styrkriterierna är felaktigt satta i nordlig riktning. Hastighetsgränsen bör sättas så att den bättre överensstämmer med den faktiska hastigheten (eller 85-percentilen av denna).

FÅR VI MER UPPMÄRKSAMMA FÖRARE MED TRAFIKSTYRD VH?

Trafikanterna (i samtliga försöksobjekt) anser att de påverkats av VH. Av alternativen för hur körbeteendet förändrats har de flesta uppgett att de blivit mer uppmärksamma på övrig trafik. Mellan 40 och 50 % av deltagarna har markerat denna punkt.

ÄR TRAFIKSTYRD VARIABEL HASTIGHET SAMHÄLLSEKONOMISKT LÖNSAMT?

Lönsamheten beror av många faktorer såsom trafiken, vägens fysiska utformning, teknisk utrustning, konfiguration etc. En samhällsekonomisk beräkning har genomförts för E6 Mölndal. Den visar att det finns en stor lönsamhetspotential med en trolig nytto-kostnadskvot som överstiger +10. Även VH-systemet i Tingstadstunneln bedöms vara en lönsam investering medan VH på E18 Norrtäljevägen i dess nuvarande utformning sannolikt inte är lönsamt.

9 Slutsatser och preliminär strategi för fortvarighet

9.1 Samlad bedömning

Sträckor med intensiv trafik nära kapacitetstaket är känsliga för störningar och hastighetsskillnader. Hastighetsförändringar kan leda till sammanbrott med plötsliga köer och risk för upphinnandeolyckor mm. Åtgärder för att homogenisera trafiken dvs se till att trafiken flyter jämnare kan ha stor positiv betydelse.

Erfarenheterna av VH-försöken hittills visar att trafikstyrda variabla hastighetsgränser kan vara ett effektivt medel för att få en bättre hastighetsanpassning och ett jämnare flöde. Möjligheten att uppnå goda effekter varierar emellertid och beror på flera faktorer. Här ingår såväl sträckans utformning och trafikförhållandena på denna som kriterier och metoder för att styra VH-systemet och hur VH användes i kombination med andra åtgärder för att förstärka effekterna.

Att pressa kostnaderna för investering och drift har också stor betydelse för möjligheterna att kunna motivera installation av VH i konkurrens med andra åtgärder.

Slutsatserna av resultaten kan sammanfattas i följande punkter:

- Systemen har haft hög driftsäkerhet/tillgänglighet (med undantag för Ölandsbron).
- Mycket goda effekter har erhållits av trafikstyrning i Mölndal. VH ger ett lugnare tempo och mindre tvära inbromsningar vid köbildning.
- VH är mest lämpad för sträckor där hastigheten tenderar till att sänkas dramatiskt vid köslut. Det mest effektiva sättet att använda VH bör vara att införa VH på sträckor om 4-5 km där kraftiga inbromsningar är vanligast förekommande
- Tack vare bättre körförhållanden ökar genomströmningen under rusningstid och risken för sammanbrott minskas. Detta ger stora förbättringar av framkomligheten
- Trafikanterna aktiveras men accepterar inte 30-utmärkning vid utbildad kö då trafiken står mer eller mindre stilla. Ersätt 30 km/tim med kösymbol alternativt olyckssymbol när detta är tillämpligt.
- Effekterna av trafikstyrning på Norrtäljevägen är tveksamma. De visar att systemet måste trimmas ytterligare.
- Användningen av trafikstyrning är inte uppenbar för den enskilde föraren. Pedagogiska informationsinsatser kan behövas för att förstärka effekten och bibehålla den på lång sikt.

9.2 Preliminärt förslag till strategi för trafikstyrda vägar

9.2.1 Övergripande problem- och behovsbild

Utifrån resultaten och erfarenheterna av de trafikstyrda försöksanläggningarna kan följande bild skapas av när VH bör övervägas som en åtgärd för att förbättra framkomlighet, miljö och trafiksäkerhet.

Trafikstyrd VH lämpar sig bäst på

- motorvägar eller flerfältiga leder med hög trafikintensitet
- sträckor med en normalhastighet på 90 km/h eller högre (positiva effekter kan erhållas även vid lägre normalhastighet men de blir då inte lika påtagliga).
- sträckor med relativt stora flöden och återkommande problem med flaskhalsar
- sträckor med mycket olyckor och förhållandevis många påkörningsolyckor
- sträckor med ofta förekommande, plötsliga hastighetssänkningar
- sträckor med horisontella och vertikala kurvor och överfarter som bryter av siktlinjen och därmed försämrar upptäckbarheten av långsamma eller stillastående fordon

9.2.2 Strategi utifrån trafikmässiga förutsättningar

Variabel hastighet förefaller vara ett verksamt medel för att hantera trängsel och begynnande köer där hastigheterna riskerar att plötsligt minska dramatiskt. Vid fullt utbildade köer har systemet inte lika stora effekter. En rimlig strategi kan därför vara att ta reda på var plötsliga hastighetssänkningar ofta inträffar och köbildning uppstår på de stora infartslederna. Det handlar om att dels inventera sträckor där hastigheten återkommande sänks med mer än 10 km/h under högtrafik, dels inventera sträckor med hög andel upphinnandeolyckor eller hög andel olyckor under högtrafik. VH kan där komma ifråga med inriktning på att harmonisera flödet på hastighetsnivåer ned till ca 50 km/h.

Vid lägre hastigheter (< ca 50 km/h) har vägmärke med föreskriven hastighetsgräns liten påverkan eftersom fordonen måste anpassa sig till hur kön rör sig. På denna del är det mer lämpligt med köinformation. Detta kan ske i form av rekommenderande MCS med körfältssignaler där siffran inte anger lämplig hastighet utan snarare indikerar nivån på köns rörelse. Exempelvis markerar 50 rullande kö medan 30 anger krypande eller stillastående kö. Varningen gör att föraren tidigare kan anpassa farten till köförhållandena. Alternativt kan enklare kövarningssystem (lysande vägmärke ”risk för kö”) tillämpas. Inriktningen på dessa kövarningssystem bör vara att hantera ofta förekommande köer så att framkomligheten upprätthålls i så stor utsträckning som möjligt.

Huvudprincipen bör vara att tillämpa fast hastighetsvägmärke (släckt VH) när normalhastighet gäller dvs vid goda förhållanden. Tänd VH med lägre hastighetsgränser tillämpas vid försämrade förhållanden. Genom att skyltarna då lyser fungerar de som väckarklocka och uppmärksammar trafikanterna på att förhållandena blivit besvärliga.

9.2.3 Lämpliga hastighetsgränser och aktivering

Vid goda förhållanden (i princip lågt trafikflöde) kan det med VH finnas utrymme för att höja den högsta tillåtna hastighetsgränsen. Denna gräns är vid fast utmärkning främst satt med hänsyn till vägens utformning och trafikmängd och underförstått de varierande körförhållanden som kan råda. Genom att hastigheten sänks med VH vid dåliga förhållanden kan den höjas vid goda. Andra aspekter (väglag, buller och emissioner etc) ska också vägas in.

Hastighetsgränsen sänks, lämpligen i intervaller om 20 km/h, då trafiken tätnar och köbildning påbörjas så att ankommande trafikanter tidigt får en tydlig markering att sänka farten. Vid hastighetsnivåer under 50 km/h har kö bildats och informationsvärdet av att skylta 30 km/h är begränsat. Trafikanterna måste ändå helt anpassa sig

till köns hastighet och den visade hastighetsgränsen kan ersättas med ett vägmärke med kösymbol.

Då kön släpper kan hastighetsgränsen höjas direkt till normalnivån såvida inte kriterierna för en lägre nivå uppfylls.

9.2.4 Föreskriven eller rekommenderad hastighet?

Erfarenheter från Mölndal, där såväl rekommenderade som föreskrivna hastighetsgränser tillämpats, ger ingen entydig vägledning. Effekterna varierar för olika delsträckor. I ena riktningen kan föreskrivna hastighetsgränser vid låga skyltade nivåer vara mer effektiva medan motsatt förhållande kan råda i andra riktningen. Mer kunskap om effekterna behövs.

En princip skulle kunna vara att tillämpa föreskrivna hastighetsgränser på delsträckor med hög normalhastighet (90 km/h, eventuellt 70 km/h eller högre) där plötsliga hastighetssänkningar uppkommer och trafiken börjar tätna. Syftet är att mildra säkerhetsproblemen och få ner antalet påkörningsolyckor bakifrån. Rekommenderade hastighetsgränser skulle kunna tillämpas för att bemästra framkomlighetsproblem där trafiken har tätnat och köer uppstått. Å andra sidan kan det vara olämpligt att blanda olika tekniska styrsystem på sträckor som har såväl säkerhets- som framkomlighetsproblem. I det läget kan det vara bättre att genomgående använda föreskrivna hastighetsgränser för att få enhetlighet.

9.2.5 Aktiveringskriterier

- Olika strategier bör användas vid köbildning (säkerhet) och kapacitetsproblem
- Avancerade strategier är nödvändiga för att bemästra framkomlighetsproblem
- Avvägning måste göras mellan säkerhet och framkomlighet. Säkerhetsproblemen är mer betydelsefulla vid höga ankommande hastigheter och måttligt höga flöden medan framkomlighetsproblemen är mer framträdande vid mycket höga flöden nära kapacitetsgränsen.

9.2.6 Placering av vägmärken och detektorer

På sträckor med fyra eller fler körfält bör trafikstyrda VH-vägmärken placeras antingen på portal eller på brokonstruktion ovanför respektive körfält, alternativt för fyrfältsvägar, på ömse sidor om vägbanan relativt högt placerade. På tvåfältsvägar placeras VH-vägmärkena som fasta vägmärken vid vägkant. På trafikintensiva tätortsnära sträckor där det är tätt mellan trafikplatserna bör portaler med VH-märken placeras med cirka 300 – 800 m inbördes avstånd medan längre avstånd kan accepteras (1000 m – 2000 m) i mer landsortsliknande miljö. Detektorerna placeras lämpligen på respektive portal eller lämplig överfartskonstruktion.

9.2.7 Behov av övervakning och information

Internationella erfarenheter visar att övervakning är ett effektivt medel för att se till att hastigheterna anpassas till den nivå som märkts ut. Kameraövervakningssystem på trafikstyrda VH-sträckor finns i flera länder, t ex Nederländerna. I Storbritannien beivras endast de värsta överträdelserna. Detta leder till minskad hastighetsvariation och därmed ett mer homogent flöde, effekter som blir varaktiga. Övervakningen bör

intensifieras om VH-systemet inte får önskvärda effekter p.g.a. bristande respekt från trafikanten.

Många bilister menar att de låga hastighetsutmärkningarna inte motiveras av trafiksituationen. Detta tyder på att en stor andel bilister inte förstår anledningen till hastighetssänkningen eller anser att den är fel. Informationen till trafikanterna om hur trafikstyrda VH-system fungerar måste förbättras och spridas. Detta gäller även polis, väghållare och andra som verkar i vägtrafiksystemet.

9.3 Behov av fortsatt utredning

Köproblemen med snabbt sjunkande hastigheter, orolig trafik och stora fördröjningar kan åtgärdas med kövarningssystem, variabel hastighet, körfältsstyrning (MCS), sänkta fasta hastighetsgränser, tillfällig vägrenskörning mm. Det är angeläget att effektiviteten av dessa lösningar för olika väg-, trafik- och köförhållanden undersöks närmare.

Klimatfrågan är högaktuell och därför är det angeläget att kunna påvisa vilken miljöeffekt VH kan ha. Det finns emellertid idag inga miljöberäkningsmodeller som beaktar krypkörning, kökörningsförhållanden eller trafikflöden med stor hastighetsspridning. Det är en angelägen uppgift att ta fram data om emissioner under sådana förhållanden och att utveckla och validera modeller för beräkning av miljöbelastning.

Extended summary

Trials with Variable Speed Limits (VSL) for different applications were carried out by the Swedish Road Administration in 2003 - 2008. The goal has been to demonstrate if and how VSL can contribute to a better speed adaptation in a cost-efficient way. Traffic controlled VSL is one application area. The speed limit is temporary adjusted downwards on major roads when traffic becomes dense and queue is building up.

There are technical equipments at the trial sites to collect traffic data (foremost flow, speed and density) and to control the VSL system. Variable speed limit signs with illuminated white figures in a red ring (regulatory) on dark background, or without a ring (recommended) are used to display the speed limits. On multi-lane roads the VSL signs are mounted on gantries above each lane. There are also sites where the signs are located at the road side.

The VSL project comprises 20 objects in total. Six out of these belong to the application area traffic controlled VSL. These are E6 Tingstadstunneln and E6 Mölndal (Åbro-Kallebäck), 137 Ölandsbron (also road surface condition and wind control), E18 Norrtäljevägen (southbound direction), E45 Götaleden and E18 Västmanland which was modified to another type of application (road works). The two latter ones have not been evaluated. The trial at E6 Mölndal initially comprised recommended speed displays. After a year these were changed into regulatory signs.

In order to clarify the goals and expectations and to answer questions regarding efficiency, attitudes and profitability, an evaluation program was established including the following activities

- Traffic data measurements and analyses
- Attitude surveys
- Operational data logging and analyses
- Socio-economical calculations (including traffic safety, traffic performance and environmental assessments) for at least one typical object within the application area
- International scanning

Operational follow-up
The examined sites have functioned well technically, except for Ölandsbron. The functional accessibility meets the set demand to display the correct speed limit during at least 99,5 % of the total time. There have been many operational interruptions on the Ölandsbron installation due to communications problems. These problems were later identified and solved.

Some drivers have given feedback and foremost reacted to the speed levels. Many of them consider the displayed speed limits sometimes lower than justified.

According to the police, the system at E18 Norrtäljevägen did not work satisfactorily. The police consider the drivers to believe that the displayed speed limits are recommendations and thus they disregard the regulations and drive according to the prevailing conditions. Some adjustments of the system will be undertaken later this year.

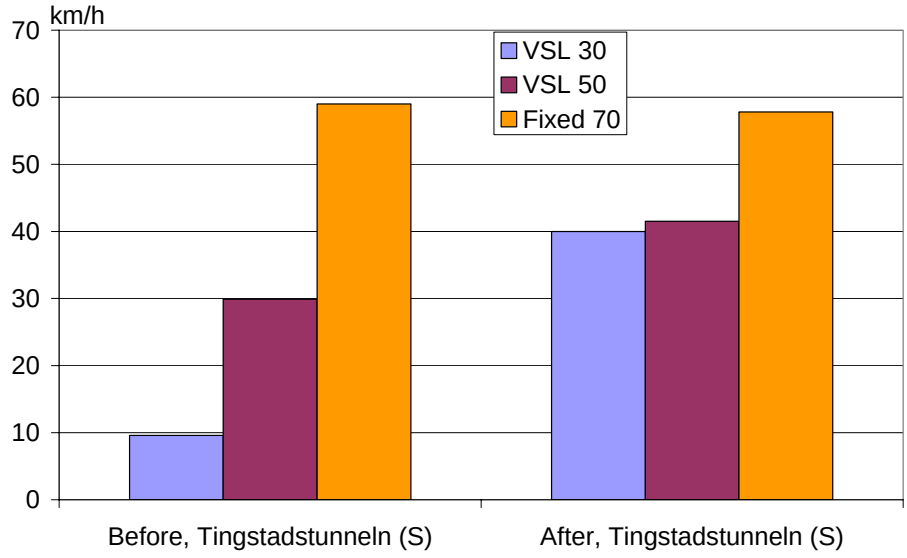
Traffic impacts

The traffic data measurements were carried out as pre- and post-studies during consecutive seasons with similar external conditions.

For the Gothenburg sites (E6 Mölndal and Tingstadstunneln) traffic flow increased by 3 - 5 % between the pre- and post-studies. The traffic conditions remained rather unchanged. However on E18 Norrtäljevägen the traffic flow has decreased by 10-20 % between the two measurements. This is probably a consequence of the introduction of congestion charges in the Stockholm area in the summer of 2007.

After the introduction of VSL, follow-up shows that the two lower speed limits have been activated during 9 % of the total time at Mölndal and Tingstadstunneln. For the Ölandsbron system the activity share for displaying 50 or 70 km/h was 7-11 % (summer time). The corresponding share for Norrtäljevägen was 11-12 %. Here the 50 km/h-message was displayed to more drivers than the maximum speed limit 100 km/h.

VSL has contributed to a considerable increase in the average speed at Tingstads-tunneln during periods when the criteria for the two lower speed limits were met. This is illustrated in the figure below.



On the Mölndal section, speed is rapidly decreasing without VSL when traffic is becoming dense and there is a gradually rising risk for collapse in the northbound direction. At situations with queue formation and developed queue the actual speed is 30 km/h or lower on the northern part of the section. By using VSL the speed is dropping more slowly. A harmonized flow is obtained on a higher average speed level. Traffic throughput also increases marginally. In addition the speed difference between the lanes has been reduced in the direction towards the city. In the opposite direction the speed variation grows, however since the average speed gradually increases in the southbound direction, the traffic safety risk is limited.

During the first year of operation, recommended speed limits were displayed at the Mölndal trial section and after that the speed limits became regulatory. This design was selected to get some guidance as to whether recommended or regulatory speed

limits are best suited for traffic controlled VSL. Recommended speed limits might primarily be useful as a warning to the driver when traffic starts to grow dense. On the other hand it might be inappropriate to mix different technical platforms on the same road link.

After the introduction of VSL the measured average speed for E18 Norrtäljevägen decreased, especially when the higher speed limits were displayed. The speed differences between lanes also decreased at these 90- and 100-levels. This is positive with regard to road safety.

On Ölandsbron the adaptation to the displayed speed limits is good. At the speed limit 90 km/h about 80 % of all drivers keep to a speed below that limit, regardless of direction on the bridge.

Driver attitudes
A majority of drivers show a positive attitude to traffic controlled VSL. This is more evident for Ölandsbron than the other sites, probably because this installation is also controlled by road surface condition and wind. However also at the other sites more than half of the drivers consider variable speed limits to be a good measure.

The drivers at the Mölndal section do not comprehend the difference between the variable road signs with a red ring (regulatory speeds) and without a ring (recommended speeds). Constantly lit signs (as at Norrtäljevägen) mean that only a few drivers believe that the signs may be out of order, as compared to the situation when signs are lit only when speed limits are lowered.

Fairly many drivers admit that their respect for speed limits has improved following the launch of variable speed limits. Those drivers believing that the speed limit variations comply with the prevailing traffic situations pay most respect. Despite this most drivers violate the speed limits. The foremost reason is that they adapt to the traffic flow or they have not seen the speed limit message. Many drivers consider the speed limits to be lower than can be motivated by the traffic situation.

However, the driving behaviour has changed by the VSL introduction. Almost half of the drivers consider themselves as being more attentive to other vehicles.

Road Safety
Safety on traffic controlled VSL sections are influenced by the increased maximum permitted speed limit (at free flow) on one hand and the fact that VSL was introduced at dense traffic and queue formation on the other.

Results from floating car measurements indicate that sudden breaking manoeuvres at low speeds have become less common. International experiences suggest that traffic control through VSL or MCS with the basic speed 90-110 km/h has the potential to reduce injuries by about 10 %. A follow-up for Mölndal after two years of operation show that the accident ratio, that is the number of accidents per million vehicle kilometres, has been reduced by 20 % for VSL as well as MCS. The statistical basis however is too small to permit definite conclusions. Data regarding E18 Norrtäljevägen indicate that there is no difference before and after the introduction of VSL.

Mobility and environment
The introduction of VSL in Mölndal and Tingstadstunneln has led to an increased average speed at moderate and dense traffic flow. It has also contributed to less frequently occurring congestion situations. Both impacts contribute to better mobility and reduced time consumption. The travel time on the whole section including Mölndal and Tingstadstunneln (12 km) was shortened by an average of 22 seconds, northbound direction, and 32 seconds, southbound direction. This means about 5 % improvement.

On the test section E18 Norrtäljevägen two bottlenecks have been identified during morning rush hours in the southbound direction. As regards the northern bottleneck the queues are built up ahead of the section where the VSL system was installed. This reduces the positive impact of VSL on traffic performance. However the situation at the southern bottleneck seems to have improved substantially.

The carbon dioxide emissions and the petrol consumption for the Mölndal and the Tingstadstunneln sections have increased slightly as a result of the raised speeds. This is also the case for Ölandsbron while the environmental impacts on Norrtäljevägen seem to be marginal. The positive effects of a more homogeneous traffic flow were however not included in the calculations due to model limitations. The noise emissions dominate the environmental issue at Ölandsbron and for Norrtäljevägen particle discharge is the main problem.

Socio economics
Socio economic calculations were carried out for the Mölndal site. Time consumption on the section was reduced by an economical value of 36 mill kr/year or by 15 %.

As a basis for estimating the safety impacts, two years of statistics before implementation and two years after were used. These data show a 20 % decrease in the number of injury accidents. Since figures are shaky due to the short follow-up periods, the assumption was made that VSL contributes to half of that reduction (10 %). This corresponds to a value of 2 mill kr/year. According to the Samkalk program the environmental costs increase by 5 % meaning 2,6 mill kr/year.

The above calculated figures together with an estimated yearly cost of 37,2 mill kr, operations included, give a likely benefit-cost ratio of more than 10. The implementation in the Tingstadstunneln is also believed to be a beneficial investment. However E18 Norrtäljevägen is probably not beneficial with the current VSL configuration.

Preliminary strategy
Variable speed limits seem to be an effective means for handling congestion and growing queues especially where the speeds tend to suddenly fall dramatically. This is especially valid on busy arterials with recurring capacity and traffic safety problems. Sections that are curvy, hilly and have road passages breaking the sight line could be suitable candidates for VSL.

A reasonable strategy would be to identify spots on major arterials where sudden speed drops often occur and where queues start to build up. On sections where queues during rush hours already have developed, the influence from VSL is rather small. In such cases it is more suitable with dynamic queue information since the drivers have to adapt their speed to the movement of the queue anyhow.

When conditions are good (meaning low traffic flow) it should be possible to increase the maximum permitted speed limit. This speed limit should be displayed on fixed speed signs (switched off VSL). Lower speed limits are displayed on illuminated VSL at adverse conditions.

International experiences suggest that surveillance is an effective means of making the drivers adjust their speed to the displayed level. This leads to less speed variation and by that a more consistent traffic flow, effects that are expected to be durable. The information to the drivers about the functioning of the VSL systems need to be enhanced and widely distributed. It is also important to spread this information to the police, road authorities and other parties dealing with road traffic issues.

Vägverket
781 87 Borlänge
www.vv.se. vagverket@vv.se
Telefon: 0771-119 119. Texttelefon: 0243-750 90. Fax: 0243-758 25.