



TRAFIKVERKET

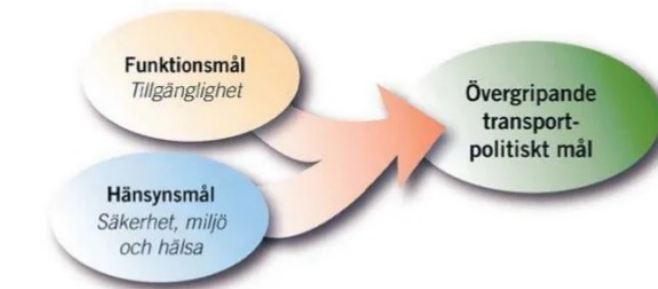
Varierande hastighetsgränser på E4/E20 i Hallunda

CTR-dagen - 7 sept 2022

Jeffery Archer
Strategisk planering
Trafikverket Region Stockholm,

Roligt med CTR-dagen!

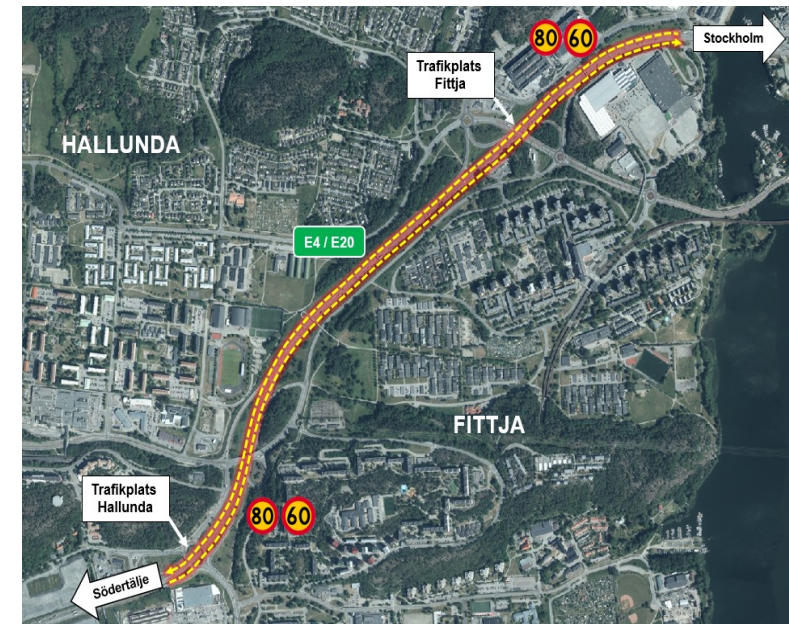
- Viktigt med forskning, kunskapsspridning och kompetensutveckling
- Bra tillfälle att diskutera samhällsrelevanta forskningsförslag och annat
 - Vad kan vi göra för att utveckla samhället och transportsystemet långsiktigt hållbart?
 - Vilka utmaningar står vi inför? Vad behöver vi veta mer om?
 - Omvärldsfaktorer, nya och förändrade trender?
- Några forskningsförslag från kollegor:
 - Metodutveckling för framtida RVU (i Stockholm) - ny metod (alternativ en kombination av metoder) behöver utvecklas för att tillgodose behovet av data gällande regioninvånarnas resvanor. Nästa RVU planeras 2023.
 - Nätutläggningsmetodik i Emme, Stockholm. Behov av att undersöka möjligheten att utveckla nätutläggningsmetodiken för kollektivtrafik.
 - Cykel. Stort behov av användbart prognosverktyg.
 - Nya trafikstyrningsformer – ökad fokus på effektiviseringsåtgärder .



-  Omställning till fossilfritt samhälle
-  Intentionerna med nollvisionen ska uppfyllas
-  Goda förutsättningar för en hållbart växande region med stor mängd nya bostäder
-  Ett tillgängligt och robust transportsystem med tillräcklig kapacitet

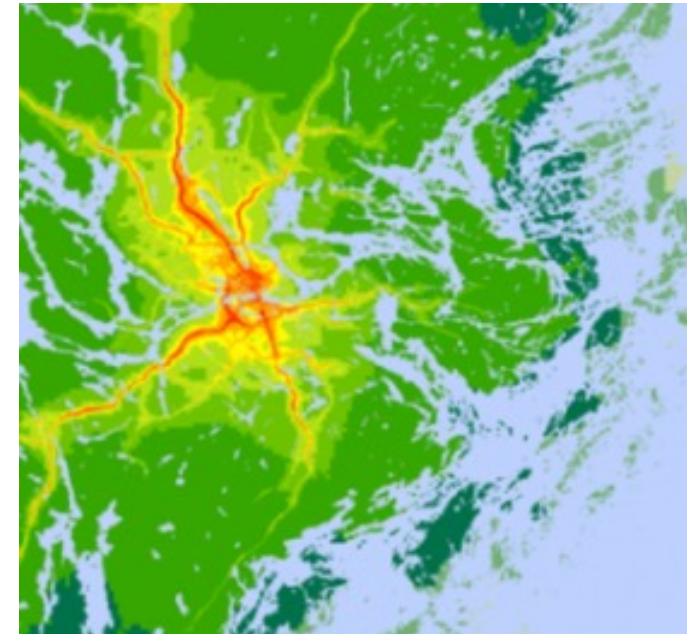
Aktiv trafikstyrning för förbättrad luftkvalitet och minskad klimatpåverkan utmed statligt vägnät (a.k.a ”miljöstyrning i Hallunda”)

- Utreda om trafikstyrningsåtgärden *varierande hastighetsgränser* (VH) är en lämplig och nyttig åtgärd för att minska vägtrafikens påverkan på luftkvalitet och klimatutsläpp.
- Hur fungerar det i praktiken?
- Hur påverkas framkomlighet och trafiksäkerhet?
- Höja kunskapsnivån om VH och få bättre förståelse för åtgärdens fulla potential inför framtida tillämpningar.
- Påbörjades hösten 2019 och avslutas nu.
- Medverkande: SLB-analys vid Miljöförvaltningen i Stockholms stad och konsulten MOVEA
- Finansiering via Fol-portföljen: Möjliggöra.



Luftkvalitet

- Halterna av luftföroreningar i utomhusluften i Sverige är generellt bland de lägsta i Europa.
- Tydliga problem i storstäder där föroreningshalterna i gaturum och längs trafikerade vägar överskrider miljö kvalitetsnormer (MKN) för kvävedioxid (NO_2) och partiklar (PM10) till skydd för människors hälsa.
- För NO_2 är den största källan bilarnas avgaser, medan PM10 till stor del består av grova partiklar orsakade av slitage av vägbanan.
- Ett område med sedan tidigare kända problem av luftföroreningar är just Hallunda i Botkyrka kommun
 - Den högtrafikerade vägen E4/E20 passerar ett flertal tätbebyggda bostadsområden och bidrar stort till en allt sämre miljö.
 - Den ständigt ökande trafiken på E4/E20 har lett till en kritisk situation där traditionella åtgärder inte kommer att räcka till för att uppfylla gällande krav och normer i det lokala området.



Studieområdet - vägsträckan på E4/E20 i Botyrka kommun



Insamling av fordonsgata ANPR

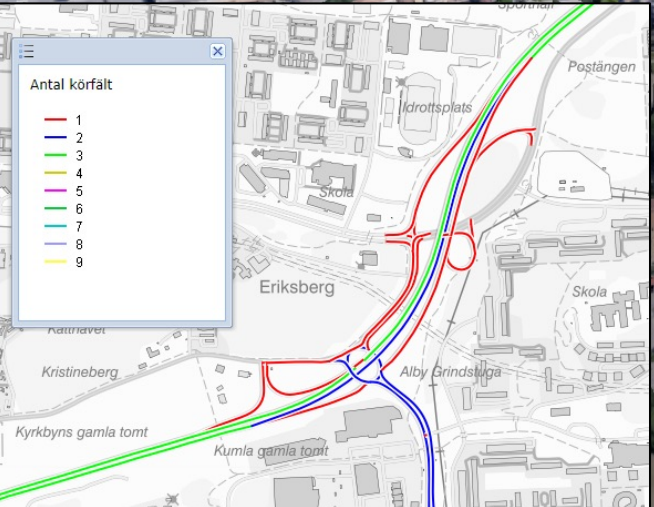
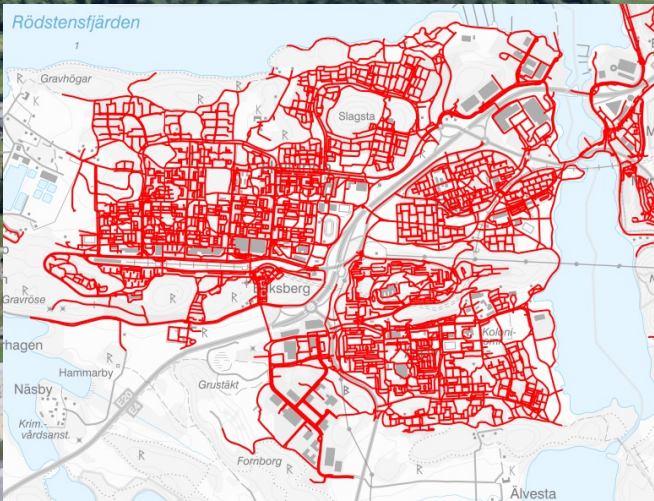
Trafikplats Fittja

Insamling av luftkvalitetsdata

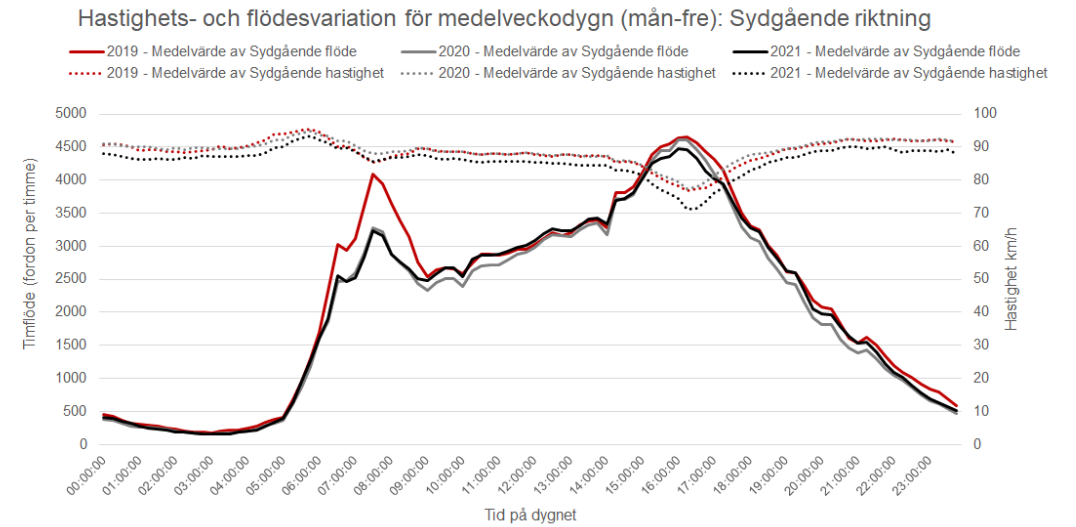
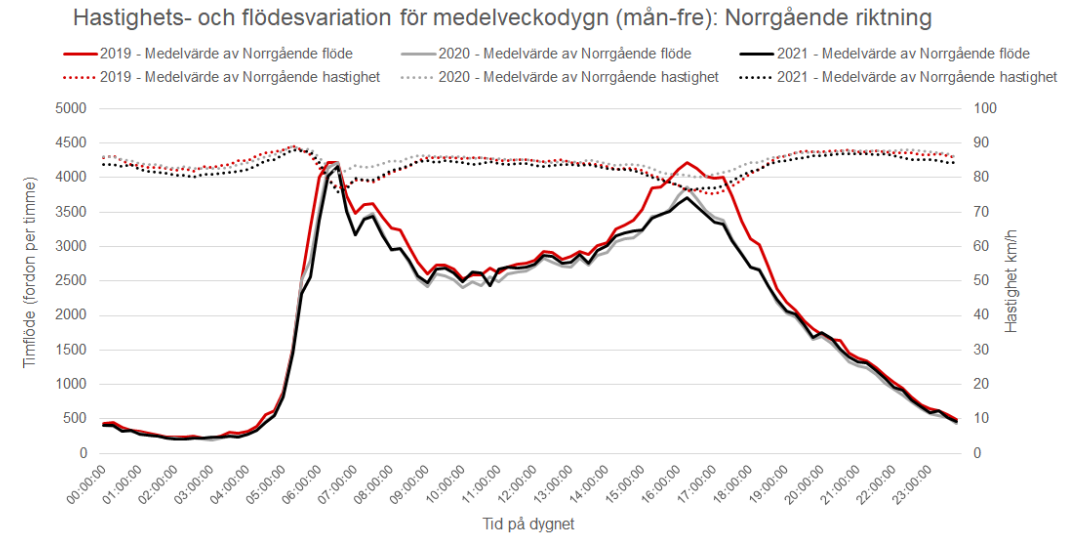
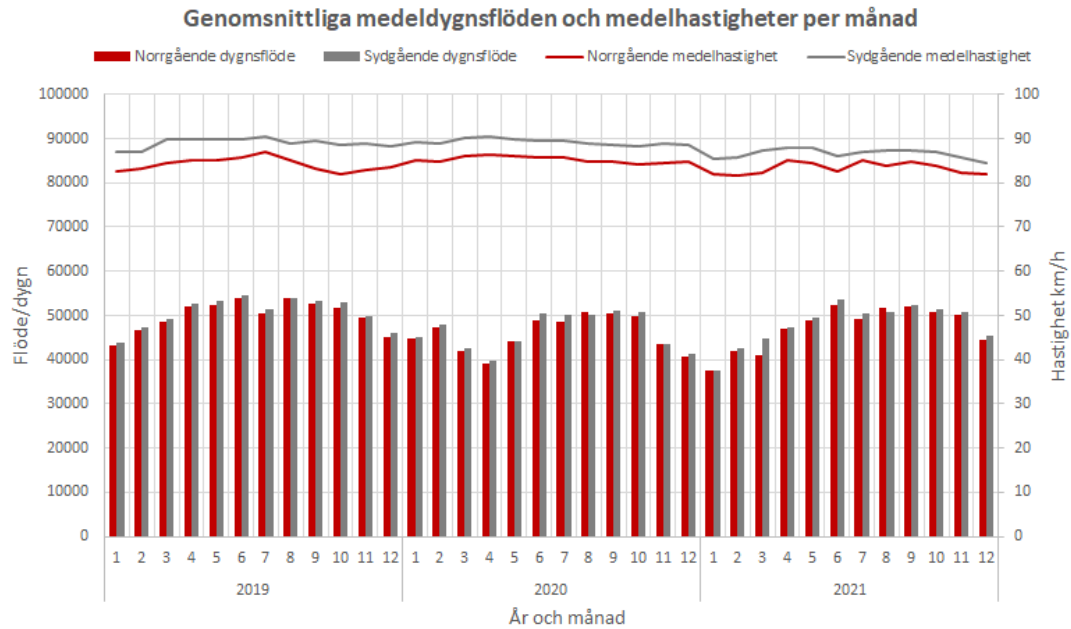
Insamling av data från trafikledningssystemet

Längd 2,7 km
ÅDT 100 000 fordon/dygn

Trafikplats Hallunda



Trafikflöden och hastigheter

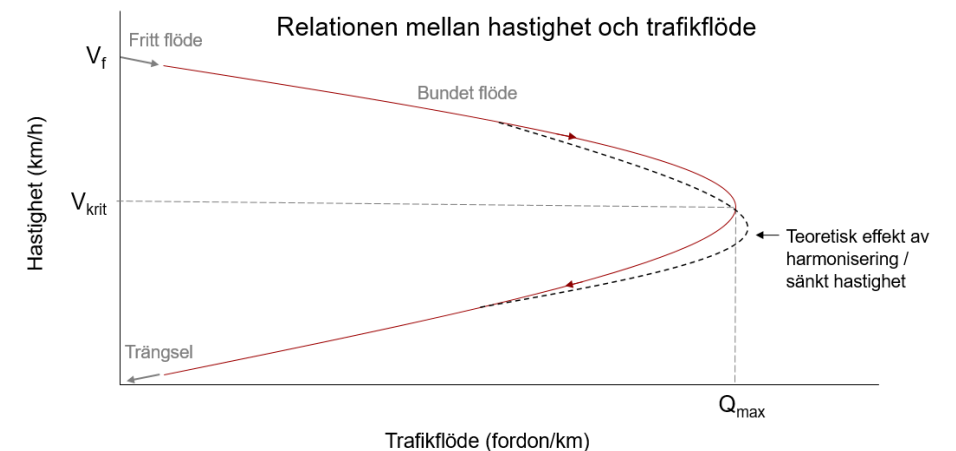
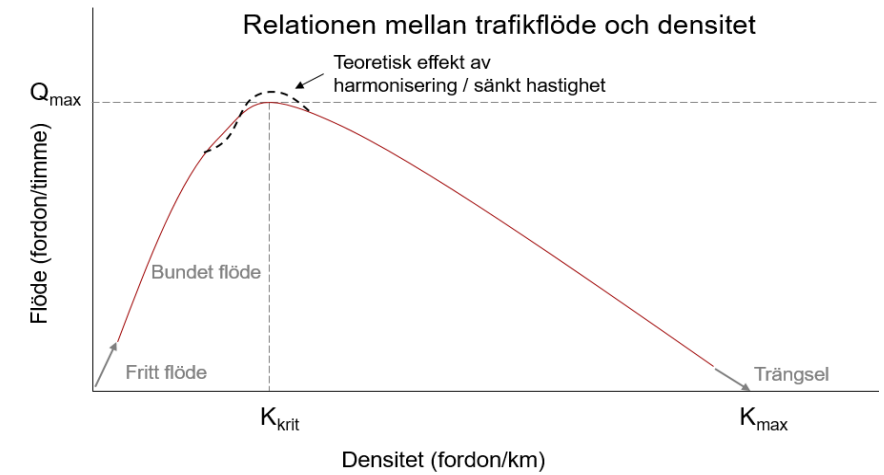


Varierande hastighetsgränser som åtgärd

- Introducerades i Tyskland i början på 1970-talet, har utvecklats och används i många länder världen över.
- Används sparsamt i Sverige.
- VH används primärt i trafiksäkerhetssyfte - sänkt hastighet under täta trafikförhållanden minskar olycksfrekvens. *Olycksminskningar upp till 40 % anges i litteraturen.*
- Höjer vägtransportsystemets effektivitet - väl anpassade tillämpningar kan innebära att kapacitetsutbudet nyttjas i högre grad (utökad genomströmning, t.ex. vid blivande flaskhalsar).
- Förbättringar inom miljö och hälsa. Förutsatt god hastighetsefterlevnad kan VH minska bullernivåer, luftföroreningar och klimatutsläpp (koldioxid). *Minskningar med upp till 8 % anges i litteraturen*
- VH kan även användas i mer specifika syften. Flera av dessa testades av Vägverket mellan åren 2003-2009:
 - Anpassa hastigheter till de rådande väderförhållandena (t.ex. vid dimma, eller snö och is)
 - Förbättra hastighetsefterlevnad t.ex. i närheten av skolor, eller vid vägarbeten
 - Förbättra trafiksäkerheten i icke signalreglerade korsningar (något som inte längre förespråkas av TRV)

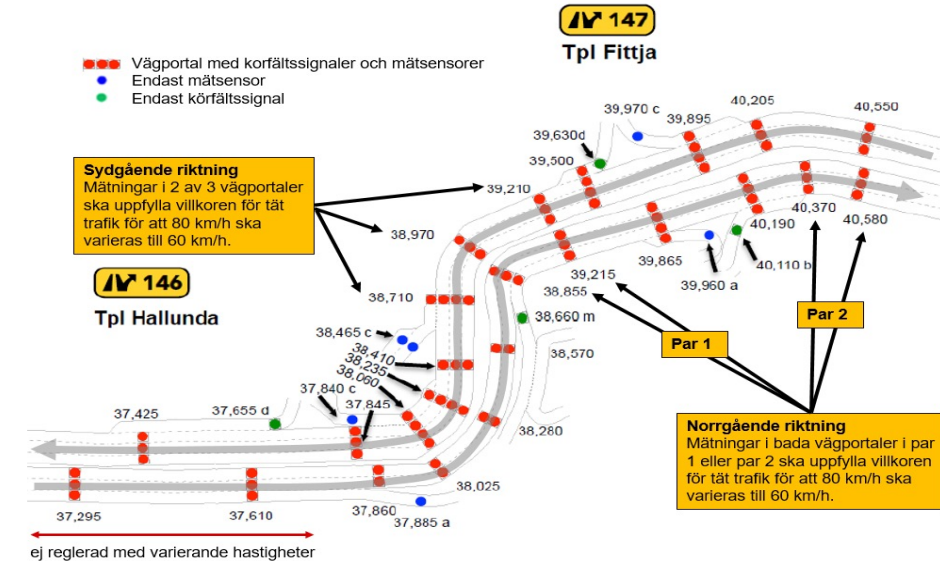
Den omdiskuterade ”harmoniseringseffekten”

- Det påstås att hastighetsänkningar som leder till harmoniserade hastigheter (minskad variabilitet) kan leda till en ökad genomströmning av trafik t.ex. förbi en blivande flaskhals.
- Förutsatt att hastighetssänkningen görs i god tid innan den kritiska densitetsnivån (K_{krit}) uppnås, kan ett stabilare och högre flöde upprätthållas (åtminstone under längre tid).
- Nedsatt hastighet med minskad hastighetsvariabilitet ger en jämnare fördelning av fordon mellan körfälten med färre störande körfältsbyten och en bättre trafikrytm / flyt.
- Effekten är svår att uppnå konsistent i tid och rum och det finns delade meningar om vilken effektnivå som kan uppnås, och hur.
- *Något som Ellen studerar i VH-tillämpningen i Södertälje.*



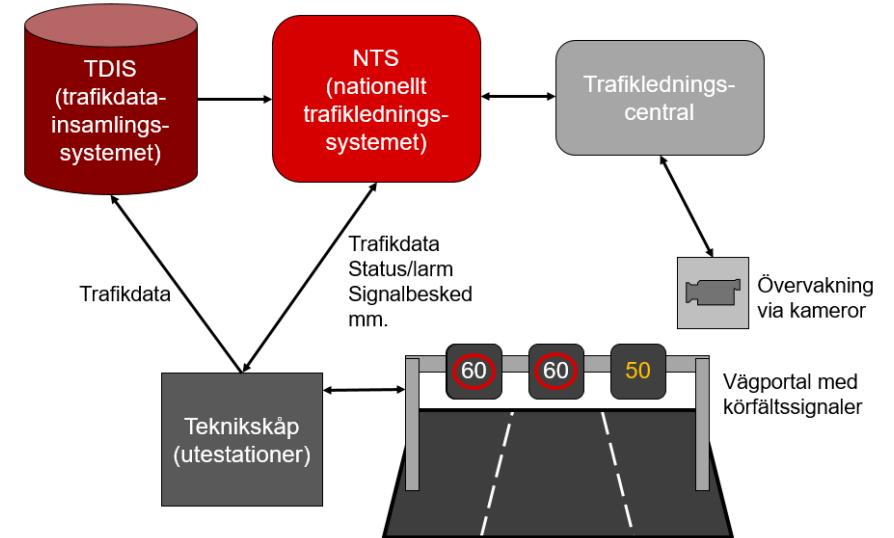
Styrningsfunktionen för VH i Hallunda

- Hastighetsreglering efter luftkvalitetsparametrar är inte etablerat idag i Sverige. Regelverket omöjliggör dock inte denna typ av reglering.
- För Hallunda tillämpas en traditionell styrning där hastighetsgräns 80 tillfälligt sänks till 60 km/h om villkor avseende "tät trafik" uppfylls.
- Tät trafik utgörs i detta fall av tröskelvärde motsvarande ett 5 minutersflöde på 120 fordon per körfält
(1440 fordon/timme/körfält, densitet 18 fordon/timme/körfält/km)
- Ytterligare villkor ställdes för att undvika snabba växlingar samt för att synka bättre mot kövarningssystemet.
- Olika mätsnitt/vägportaler i nord- och sydgående riktning används för att se om algoritmvillkor uppfylls (teknisk redundans).
- Körriktningarna regleras var för sig.



Hur väl fungerade tekniken under 2021?

- Sedan VH infördes mars 2021 har det varit många tekniska problem.
- Ett av de allra första problemen som uppstod handlade om s.k. *larmskurar*. Det innebar att besked från TDIS om på- och avslag ”försvann” i den stora mängden besked som NTS tog emot.
- Ett annat problem inträffade när NTS och TDIS tappade kontakt med varandra. Problemet var ”osynlig” i systemen då allt såg ut att fungera. I verkligheten kom inga besked fram till körfältssignalerna.
- Tack vare en loggning av algoritmbereäkningar och logningar från NTS gick det att identifiera vilka påslag som faktiskt genomfördes och vilka som borde, men inte genomfördes.



Påslagsfrekvenser och tider för varierande hastighetsgränser

Tabell 6.1. Påslagstider och frekvenser för varierande hastighetsgräns 60 km/h i norrgående riktning uppdelade per månad. (Källa: loggdata från TDIS och NTS).

Månad	Genomförda påslag av varierande hastighetsgräns 60 km/h			Alla föreslagna påslag av varierande hastighetsgräns 60 km/h		
	Tid (tt:mm:ss)	Antal påslag	Antal dagar med påslag	Tid (tt:mm:ss)	Antal påslag	Antal dagar med påslag
Mars	9:20:21	18	14	9:20:16	18	14
April	9:23:20	14	11	11:22:42	17	14
Maj	25:24:15	20	12	41:39:59	44	26
Juni	25:07:38	41	20	31:17:58	48	23
Juli	18:07:43	22	14	18:12:39	22	14
Augusti	00:00:00	0	0	52:26:51	50	28
September	17:49:18	15	7	60:21:15	64	30
Oktober	59:19:17	55	26	62:50:53	57	27
November	26:56:45	25	15	60:15:43	57	30
December	11:55:50	25	21	12:00:12	25	21
Total	203:22:07	235	140	360:18:28	402	227

Norrgående
korriktning

genomsnittlig
påslagstid
c:a 52 minuter

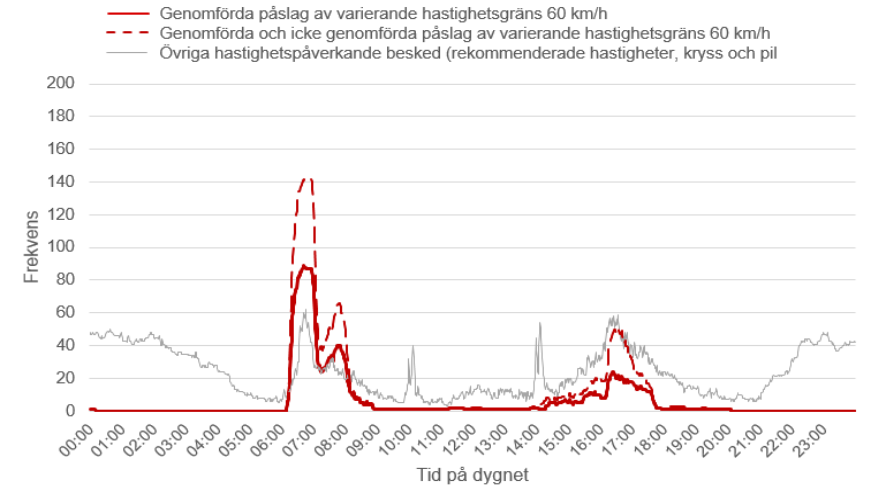
Tabell 6.3. Påslagstider och frekvenser för varierande hastighetsgräns 60 km/h i sydgående riktning indelade per månad. (Källa: loggdata från TDIS och NTS).

Månad	Genomförda påslag av varierande hastighetsgräns 60 km/h			Genomförda och icke genomförda påslag av varierande hastighetsgräns 60 km/h		
	Tid (tt:mm:ss)	Antal påslag	Antal dagar med påslag	Tid (tt:mm:ss)	Antal påslag	Antal dagar med påslag
Mars	24:09:58	27	15	24:08:46	26	15
April	20:38:16	14	8	36:13:09	22	12
Maj	13:41:31	11	6	63:11:04	36	23
Juni	70:46:39	46	21	74:02:02	49	23
Juli	41:05:59	51	26	45:27:16	54	26
Augusti	00:00:00	0	0	53:00:57	37	23
September	16:10:57	11	6	65:02:12	40	23
Oktober	65:55:49	33	20	63:33:57	39	23
November	29:33:21	17	11	59:52:05	40	23
December	52:11:44	30	20	52:11:22	30	20
Total	334:14:11	240	133	536:42:52	373	211

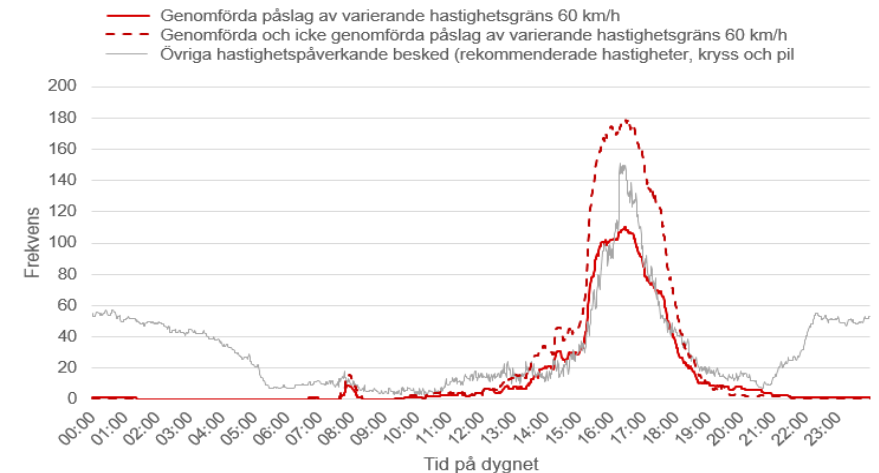
Sydgående
korriktning

genomsnittlig
påslagstid
c:a 83 minuter

Påslagsfrekvens för olika hastighetsbesked över dygnet för veckodagar (måndag-fredag) i norrgående riktning



Påslagsfrekvens för olika hastighetsbesked över dygnet för veckodagar (måndag-fredag) i sydgående riktning



Cirka 40 % av alla beräknade påslag 2021 uteblev!

Att isolera effekten av den beroende variabelen (från andra hastighetspåverkande besked)

- På sträckan fanns sedan tidigare en kövarningsfunktion som visar rekommenderade hastigheter om 70, 50 och 30 km/h (utan röd ring).
- Rekommenderade hastigheter 50 och 30 km/h "övertrumfar" varierande hastighetsgräns 60 km/h i körfältssignalerna (lägst hastighet gäller).
- Rekommenderade hastigheter kan uppstå på enstaka portaler och i enstaka körfält under mycket kort eller längre tid.
- Andra besked som kan uppstå under ett pågående VH-påslag och slå bort 60 km/h är rött kryss samt höger- eller vänsterpil (ställs av trafikledare).
- Då det är enbart effekten av VH under tät trafik som avses, har det varit aktuellt att filtrera bort andra hastighetspåverkande besked i resultatdata.





Analysstrategin

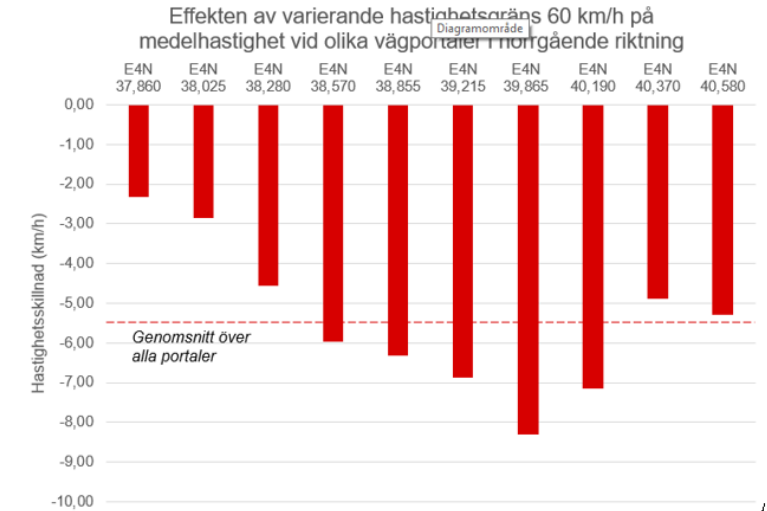
- Den ursprungliga analysstrategin gick ut på en sedvanlig jämförelse av perioden före VH och perioden efter.
- Då skulle data från 2020 (föreperioden) ha jämförts med data från 2021 (efterperioden).
- Problem:
 - I mars 2020 uppstod covid-19 pandemin, vilken även hade en stor effekt på trafiken
 - Fördröjt införande av VH (först den 8 mars 2021).
 - Tekniska problem med VH-funktionen - många påslag uteblev.
- Bestämdes att jämföra data från perioder med VH60-påslag mot perioder där påslag borde, men inte genomfördes.
 - Dessa perioder var nästan lika många till antal (något färre) och inträffade på samma tider under dyngnet
 - Liknande trafiksituationer - villkoren i algoritmen hade beräknats i realtid och loggats.

Huvudresultat: Effekt på medelhastighet

Tabell 6.12. Förändringen av medelhastighet under genomförda och icke genomförda påslag av varierande hastighetsgräns 60 km/h som genomsnitt över alla vägportaler i norrgående riktning. (Källa: data från trafikledningssystemet samt logg-data från NTS och TDIS).

Vägportal: Alla norrgående	Genomsnitt körfält 1-3	Körfält 1	Körfält 2	Körfält 3	Körfält 4
Genomsnittshastighet 1 jan 2021 - 31 dec 2021	82,02	90,77	80,24	72,81	61,58
Genomsnittshastighet vid påslag av varierande hastighetsgräns 60 km/h (annan hastighetspåverkande besked ej medräknat)	75,39	82,67	71,77	66,12	59,55
Genomsnittshastighet vid icke genomförda påslag av varierande hastighetsgräns 60 km/h (annan hastighetspåverkande besked ej medräknat)	80,84	88,56	77,05	71,37	61,79
Nettoeffekt på genomsnittshastighet vid påslag av varierande hastighetsgräns 60 km/h	-5,45	-5,88	-5,28	-5,25	-2,23

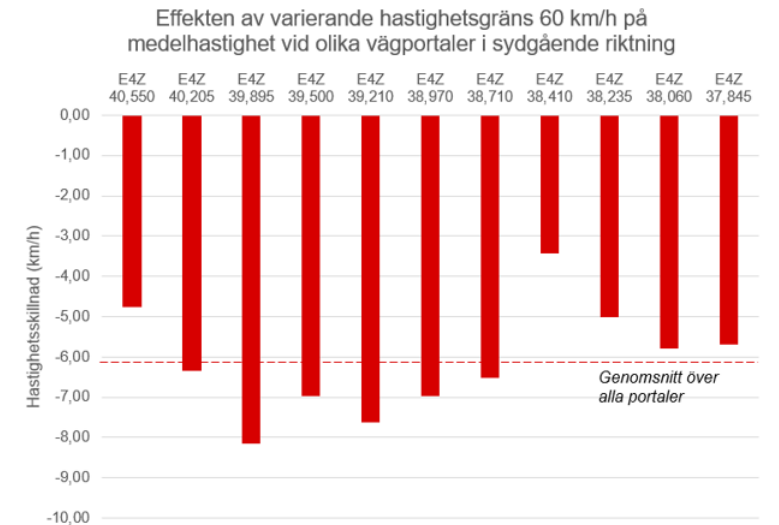
Norrgående



Tabell 6.15. Förändringen av medelhastighet under genomförda och icke genomförda påslag av varierande hastighetsgräns 60 km/h som genomsnitt över alla vägportaler i sydgående riktning. (Källa: data från trafikledningssystemet samt logg-data från NTS och TDIS).

Vägportal: Alla sydgående	Genomsnitt körfält 1-3	Körfält 1	Körfält 2	Körfält 3	Körfält 4
Genomsnittshastighet 1 jan 2021 - 31 dec 2021	82,07	91,36	82,14	75,28	63,99
Genomsnittshastighet vid påslag av varierande hastighetsgräns 60 km/h (annan hastighetspåverkande besked ej medräknat)	73,60	81,30	71,90	65,93	55,75
Genomsnittshastighet vid icke genomförda påslag av varierande hastighetsgräns 60 km/h (annan hastighetspåverkande besked ej medräknat)	79,71	88,23	78,04	71,59	59,28
Nettoeffekt på genomsnittshastighet vid påslag av varierande hastighetsgräns 60 km/h	-6,12	-6,93	-6,14	-5,66	-3,53

Sydgående



Hur många fordon har passerat under VH-påslag?

Norrgående korriktning:

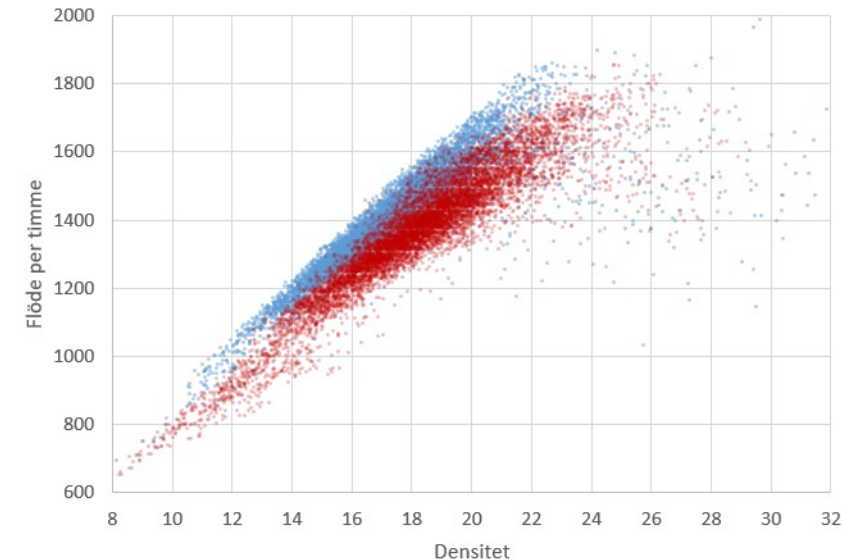
- 12,0 miljoner fordonspassager sedan VH infördes mars-dec 2021.
- **660 000** av dessa fordon passerade när VH60 var påslagen (5,5 % av alla fordon)
- *Om det inte hade varit för tekniska problem hade ytterligare 624 000 fordon passerat vid visning av VH60 (10,6 % av alla fordon)*

Sydgående korriktning:

- 12,3 miljoner fordonspassager sedan VH infördes mars-dec 2021.
- **1 200 000** av dessa fordon passerade när VH60 var påslagen (9,7 % av alla fordon)
- *Om det inte hade varit för tekniska problem hade ytterligare 822 000 fordon passerat vid visning av VH60 (16,4 % av alla fordon)*

Resultat – effekten på flöde/genomströmning

- Genomströmningen förbi vägportalerna/mätsnitten minskar något när VH60 är påslagen jämfört med liknande trafiktäta perioder.
 - I medel är skillnaden cirka 50 fordon per timme och körfält (85:te percentilen är 10 fordon/timme/kf).
- Hastighetsharmonisering uteblev, tecken på både bättre och sämre hastighetsvariation men i stort ingen större skillnad.
- Trafiken fördelades ganska jämnt så fort trafiken tätade, oberoende av eventuella VH-påslag.
- Densiteten ökar tydligt vid VH-påslag.
 - Detta kan innebära att flödet begränsas och hålls tillbaka längre uppströms vilket kan ha vissa positiva effekter vid flaskhalsar.
- Tecken på ett minskat antal kövarningar.



Andra effekter i kort

Restider

- Restider ökade med cirka 3 sek per km under VH60 påslag jämfört med icke genomförda påslag.

Harmonisering av hastighet / hastighetsvariabilitet

- Inga konsekventa effekter på minskad hastighetsvariabilitet för utvalda tidsperioder (före, under och efter påslag). Ingen harmoniseringseffekt under VH-påslag generellt.

Avståndshållning (headway)

- Konsekvent effekt på ökade tidsluckor mellan fordon under VH-påslag jämfört med tidperioden strax före och efter. Detta är en positiv trafiksäkerhetseffekt.

Trafiksäkerhet

- Det fanns inget i STRADA-data som tyder på förändringar i olycksstatistik under år 2021 sedan VH infördes. En längre tidsperiod måste inväntas för att dra statistiskt säkra slutsatser.

Trafikstörande händelser

- Det fanns inget i som tyder på förändringar i antalet eller utfallet av trafikstörande händelser under år 2021 sedan VH infördes. En längre tidsperiod måste inväntas för att dra statistiskt säkra slutsatser.

Luftkvalitetspåverkan

- Resultaten för luftkvalitet speglar en blandning av uppmätta värden och kalkylerade teoretiska värden utifrån emissionsberäkningsmodellen HBEFA, samt den för beräkning av partikelemissioner, NORTRIP.
- SLB:s utvärdering visade inte på entydigt sjunkande utsläppsnivåer för år 2021 efter att VH införts jämfört med 2020 och 2019.
 - Meteorologin har också stor betydelse för variationerna i halterna från år till år
 - Trafikflödet har förändrats upp och ner under mätperioden (effekter till följd av covid-19).
- Emissionsminskningarna enligt beräkningar i HBEFA för NO_x och CO₂ var marginella till följd av VH60-påslag. VH medförde en teoretisk minskning av CO₂ utsläppen med 20 ton längs med den 2,7 km långa VH sträckan.
- Emissionerna av PM₁₀ och PM_{2.5} (beräknade med NORTRIP) minskade i större omfattning. Utfallet för VH60 så som det har sett ut under 2021 har gett upphov till en minskning med 90 respektive 5,9 kg för PM₁₀ och PM_{2.5}.
 - Effekterna hade fördubblats med fullgod hastighetsefterlevnad.

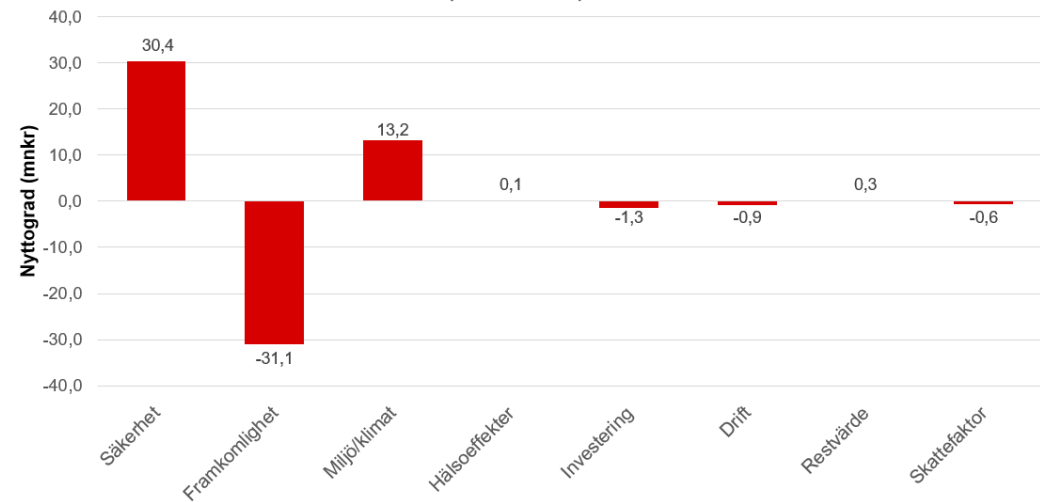
Luftkvalitetspåverkan

- Ytterligare beräkningar på uppmätta emissioner där hänsyn tas till de riktningsspecifika VH60-påslag visade en "sann" bild av den påverkan som uppkommit till följd av VH60.
 - Beräkningar visar relativa förändringar motsvarande -93 kg NO_x, -140 kg PM₁₀, samt -16 kg PM_{2.5} för de timmarna där VH60 visats i någon av körriktningarna under 2021.
- Beräknade samhällsekonomiska besparingar för uppmätta utsläppsminskningar, samt modellberäknade värden där uppmätta värden saknas, visar följande effekter till följd av VH för perioden mars till dec 2021:
 - Hälsoeffekter (PM_{2,5} och PM₁₀) på 180 000 kr.
Om utökade värden för hälsa enligt Forsberg och kollegor används (för stadsförort) utökas besparingen i hälsoeffekter till 369 000 kr.
 - Kulturmiljöeffekter (NO_x) på 29 000 kr,
 - Klimateffekter (CO₂) på 140 000 kr.

Samhällsekonomi

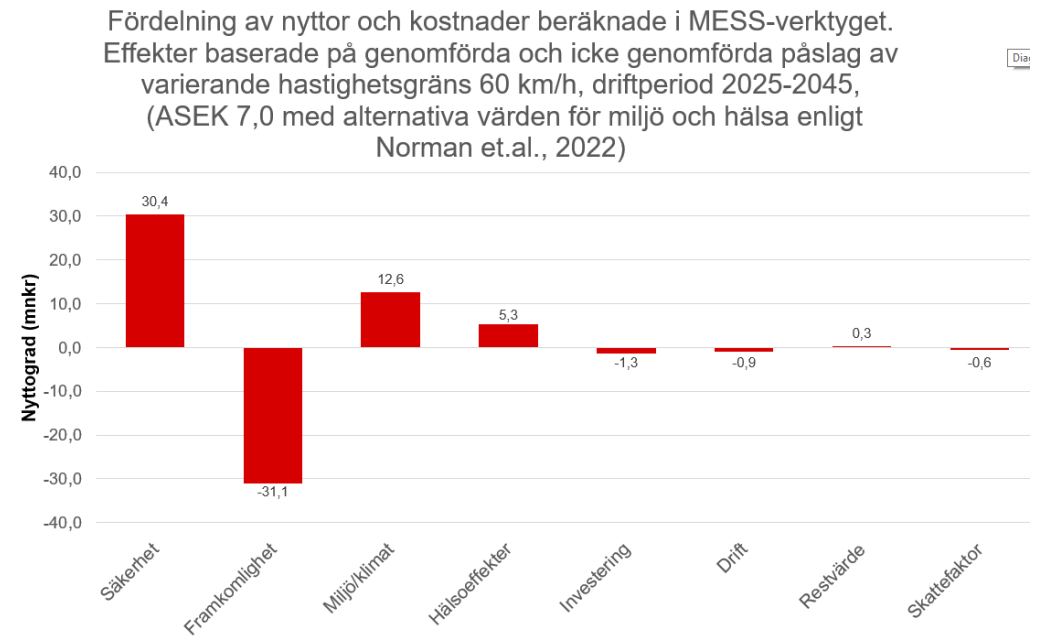
- Kalkyler har tagits fram för att uppskatta det sammanlagda samhällsekonomiska värdet av varierande hastighetsgränser (VH) såsom åtgärden har fungerat under 2021.
- Beräkningar bygger på värderingar enligt ASEK 7.0 som är inprogrammerat i den s.k. MESS-verktyget.
- Trafiksäkerhetseffekter utgår från den s.k. potensmodellen. Miljö och hälsoeffekter beräknas från gällande effektsamband samt värderingar i ASEK.
- Den ringa förändringen i medelhastighet ger inget påtagligt utslag på luftkvalitet (hälsa). Dock summeras nettonuvärdet över 20 år till 5,2 mnkr. NNK(idu)-värdet beräknas till 2,4.

Fördelning av nyttor och kostnader beräknade i MESS-verktyget. Effekter baserade på genomförda och icke genomförda påslag av varierande hastighetsgräns 60 km/h, driftperiod 2025-2045 (ASEK 7,0)



Samhällsekonomi - känslighetsanalys

- En känslighetsanalys har också tagits fram som beräknar lönsamheten för:
 - ett fullt fungerande system under 2021
 - expertbedömda värderingar på miljö och hälsa (*enligt Forsberg och kollegor utifrån uppmätta och beräknade förändringar på den aktuella sträckan*).
- Denna ger en höjd luftkvalitetsnytta (hälsa) trots relativt liten effekt. Nettonuvärdet över 20 år ökas till 15,1 mnkr vilket ger ett NNK(idu)-värde på 6,9.
- Det pågår en ny känslighetsanalys som bygger på effekterna som uppnås under ett år utan covid-19, dvs. med trafikmängder motsvarande år 2019. Denna förväntas ger en ännu högre nyttoegrad.



Sammanfattande slutsatser

- Medelhastighetsförändringen vid visning av VH60 var liten, men i paritet med andra studier.
- Den bristande hastighetsefterlevnaden beror sannolikt på många olika faktorer. Gångbara åtgärder behöver utredas (t.ex. anpassning av styrfunktionen, bättre information, flerfältig ATK, mm)
- Hastighetsminskningen som uppstod var inte tillräcklig för att ha en betydande påverkan på luftkvalitet eller klimat.
 - VH i sin nuvarande form ser inte ut att vara en kraftfull luftkvalitetsåtgärd.
 - En styrning som utgår från luftkvalitetsparametrar som påverkar båda riktningar samtidigt kan vara bättre (förutsatt god hastighetsefterlevnad).
- Framkomligheten påverkas negativt (utökad restid och minskat flöde). Inga tydliga harmoniseringseffekter.
- Trafiksäkerheten antas enligt potensmodellen minska olycksfrekvens. Utökade tidsluckor mellan fordon.
- Positiv samhällsnytta trots begränsade effekter på hastighet och luftkvalitet.
- Många tekniska problemen *lika med* många lärdomarna inför kommande tillämpningar.
- Stort behov av mer forskning om varierande hastighetgränser i Sverige.