

Effekt av variabel hastighet (VH) på emissioner och luftkvalitet vid E4/E20 Hallunda

Delredovisning inom projektet, *Aktiv trafikstyrning för förbättrad luftkvalitet och minskad klimatpåverkan utmed statligt vägnät*. Analyser efter införande av varierande hastighetsgränser. Delmoment 8

Michael Norman, Max Elmgren, Christer Johansson & Magnuz Engardt



Projektet är finansierat av Trafikverket

SLB-analys, juni 2022

SLB 30:2022



Uppdragsnummer	2019059
Daterad	2022-06-13
Handläggare	Michael Norman
Status	Granskad av Lars Burman, Michelle Benyamin och Jeffrey Archer

Förord

Detta PM är en delredovisning (delmoment 8) inom projektet ”Aktiv trafikstyrning för förbättrad luftkvalitet och minskad klimatpåverkan utmed statligt vägnät” efter införandet av varierande hastighetstyrning. Projektet finansieras av Trafikverkets FoI-portfölj ”Möjliggöra”. Delmomentet fokuserar på den teoretiska och uppmätta effekten av det system med variabel hastighet (VH) som var i drift längs E4/E20 i Hallunda från mars 2021 till och med december 2021.

Utredningen är genomförd av SLB-analys vid Miljöförvaltningen i Stockholm. Rapporten har sammanställts av Michael Norman, Christer Johansson, Max Elmgren och Magnuz Engardt. Projektledare vid SLB-analys har varit Michael Norman. Kontaktpersoner på Trafikverket har varit Jeffery Archer och Michelle Benyamine-Remahl.

Innehåll

Sammanfattning	6
Syfte	6
Resultat	6
Samhällsekonomiska beräkningar	6
Inledning	7
Mätningar	8
Luftkvalitet	8
Trafik	8
Metod	9
Metod för utvärdering av utsläpp av NO _x och CO ₂ samt påverkan på NO ₂ halterna	9
Metod för utvärdering av utsläpp av icke avgas PM10 och PM2.5 samt halter av PM10	9
Metod för analysen av uppmätt effekt på emissioner med VH	9
Resultat	11
Effekten på uppmätta halterna	11
Effekten på trafiken	11
Beräknade effekter	11
Effekten på emissionsfaktorerna för NO _x och CO ₂	12
Effekten på emissionerna av NO _x och CO ₂	12
Beräknade effekter på halterna av NO ₂	13
Effekten på emissionerna av icke avgasemissionerna av PM10 och PM2.5	15
Beräknade effekten på halterna av PM10	16
Uppmätta effekten på emissioner av VH	16
Kalkylvärden för beräkning av kostnader	17
Totala minskade samhällskostnader med VH	18
Test av prognosmodellen	20
Diskussion	21
Klimatpåverkande utsläpp	21
Luftkvalitet	22
Minskade kostnader	22
Referenser	24

Sammanfattning

Syfte

Den 8 mars 2021 infördes variabel hastighets (VH) på en 2,7 km lång teststräcka längs E4/E20 i Hallunda. I denna rapport redovisas de observerade och de beräknade teoretiska effekterna av det verkliga utfallet av VH systemet under perioden mars till och med december år 2021 samt de beräkningar på hur mycket kostnader som VH har sparat med avseende på minskade utsläpp.

Resultat

Från 8 mars till slutet av år 2021 sänktes den skyltade hastigheten från 80 km/h till 60 km/h under **334** timmar i sydgående riktning och **203** timmar i norrgående riktning, vilket motsvarar **4,7** respektive **2,9** % av tiden. Om systemet hade fungerat perfekt hade VH varit aktivt **351** timmar norrut, motsvarande **4,9** % av tiden, och **534** timmar söderut, motsvarande **7,5** % av tiden. Den observerade genomsnittliga hastighetssänkningen när VH var aktivt (dvs visade 60 km/h) var 6 km/h. Drygt 2,2 miljoner fordon påverkades av hastighetssänkningen på grund av VH. Vid full funktion skulle det varit 3,5 miljoner fordon.

Baserat på emissionsmodellen HBEFA 4.1 så beräknades att VH under mars till och med december år 2021 ha gett upphov till minskade utsläpp av NO_x med totalt 42 kg och av CO₂ med 24 ton, längs den 2,7 km långa sträckan. Dessa siffror hade nästan fördubblats om VH systemet hade varit i drift under hela perioden. Baserat på beräkningar med NORTRIP-modellen så har VH systemet under samma period gett minskade utsläpp av PM10-slitagepartiklar med 90 kg och PM2.5-slitagepartiklar med 5,9 kg.

Baserat på förändringen i hastigheten av VH beräknades påverkan på halterna. För PM10 så blev effekten liten och medförde ingen förändring i antalet dygn över miljö kvalitetsnormens gränsvärde (50 µg/m³) eller miljömålets riktvärde (30 µg/m³). För NO₂ har införandet av VH medfört två färre timmar med halter över miljömålets riktvärde (60 µg/m³), men ingen påverkan ses på antalet timmar över miljö kvalitetsnormens gränsvärde (90 µg/m³). Om VH hade varit i drift under hela perioden mars till och med december 2021 så hade något fler timmar över miljömålet klarats.

Samhällsekonomiska beräkningar

Baserat på de beräknade utsläppsminskningarna har de minskade kostnaderna beräknats för perioden mars 2021 till och med december 2021. Dels baserat på ASEK och dels på Forsbergs m.fl., (2021) förslag på uppdateringar till ASEK. Enbart baserat på ASEK har införandet av VH medfört en minskad kostnad på 349 000 kr. Störst inverkan på kostnaden i ASEK har hälsoeffekter (180 000 kr), samt kostnad för CO₂ utsläpp (140 000 kr). Baserat på Forsberg m.fl., (2021) så blir de minskade hälsokostnaderna större, 370 000 kr. För både ASEK och Forsberg visar beräkningarna att slitagepartiklarna ger upphov till en större kostnadsbesparing än avgaspartiklarna.

För att få större minskningar i utsläppen och större påverkan på halterna behöver VH sänka den skyltade hastigheten vid fler tillfällen samt att efterlevnaden av sänkt hastighet blir större än de uppmätta 6 km/h.

Inledning

SLB-analys har mätt luftföroreningar vid väg E4/E20 Södertäljevägen i Hallunda (vid Botkyrkahallen). Mätningar ingår i projektet ”Aktiv trafikstyrning för förbättrad luftkvalitet och minskad klimatpåverkan utmed statligt vägnät” med finansiering från Trafikverkets FoI-portfölj Möjliggöra [1].

Syftet med denna rapport är att avrapportera de eventuella uppmätta och beräknade effekter som införandet av varierande hastighetsstyrning, VH, i mars år 2021 har haft på emissionerna och halter av partiklar och kväveoxider fram till och med december år 2021. Rapporten gör även en ansats att ta fram nya samband för emissioner och halter kopplat till hastigheten samt gör en utvärdering av prognosmodellen.

Mätningar

Luftkvalitet

Luftkvalitet har mätts på två platser intill E4/E20 Hallunda under perioden april år 2019 till och med december år 2021. Mätningarna och mätplatserna beskrivs i SLB-rapport 12:2022 [10] för PM10, PM2.5 och NO₂/NO_x samt för sot och CO₂ mätningarna i SLB-rapport 42:2020 [5]. Årliga sammanställningar av de uppmätta halterna finns för år 2019 [3], år 2020 [8] och år 2021 [10].

Trafik

Detaljerad analys av trafiken på E4/E20 vid mätplatserna har gjorts både före (SLB-rapport 37:2020 [4]) och efter (SLB-rapport 22:2022 [11]) införandet av variabel hastighet, VH. I dessa rapporter beskriv såväl mätplatserna, VH-sträckans utformning samt analyser av såväl hastighet, trafikflöde och fordonssammansättning.

Metod

Metod för utvärdering av utsläpp av NO_x och CO₂ samt påverkan på NO₂ halterna

Utvärderingen baseras på den fordonssammansättning som uppmättes med ANPR (Automatic Number Plate Recognition) vilken har sammanställts i SLB-rapport 22:2022 [11]. Data från ANPR utrustningen under oktober månad år 2021 har använts. Under den perioden finns mest fullständiga data tillgängliga (se SLB-rapport 22:2022 [11]). Då fordonssammansättningen inte finns tillgänglig under hela år 2021 har en genomsnittlig fordonssammansättning tagits fram. För utvärderingen har sedan denna sammansättning antagits gälla för hela perioden med VH under 2021.

För att beräkna utsläppen av NO_x och CO₂ tillämpas emissionsfaktorer för respektive ämne i utsläpps databasen HBEFA 4.1 [2]. De multipliceras med antal fordon per fordonsslag och 15 minuters medelvärde för att få de totala emissionerna. Utdraget ur HBEFA 4.1 som användes för att beräkna utsläppen av föroreningar på E4.20 Hallunda var ”Urban motorway city, 80 km/h” samt ”Free flow”, dvs trafik utan kösituationer, vilket bäst representerar trafiken på sträckan. Vid användning av HBEFA är man begränsad till de vägtyper som finns specificerade i databasen. Så trots att den genomsnittliga hastigheten på E4/E20 vid mätstationerna är en bit över 80 km/h [11], så har vägtypen ”Urban motorway city 80 km/h” använts. För att beräkna den teoretiska effekten av VH har ”Urban motorway city, 60 km/h” använts. För att beräkna effekterna av den verkliga hastighetsförändringen (som är mindre än 20 km/h) så har ett linjärt samband mellan 80 km/h och 60 km/h antagits.

Om VH systemet varit aktivt mer än 5 minuter under en 15 minuters period så har det antagits att systemet varit aktivt under hela 15 minuters perioden. VH systemet har också en funktion att vid aktivering så är hastigheten sänkt vid minst 10 minuter. Vid aktivt VH så har hastigheten antagits vara 6 km/h lägre än när VH inte var aktivt.

För beräkningar av förändringen i halterna av NO₂ vid mätstationerna användes relationen mellan beräknade utsläpp av NO_x och uppmätta halter av NO_x vid mätstationerna på vardera sidan om vägen. Sedan beräknas den relativa förändringen i NO_x-emissionerna med och utan VH enligt ovan. Samma relativa förändring appliceras sedan på de observerade NO_x- och NO₂-halterna på båda sidor av vägen.

Metod för utvärdering av utsläpp av icke avgas PM₁₀ och PM_{2.5} samt halter av PM₁₀

De teoretiska effekterna för PM₁₀-halterna har analyserats med hjälp av NORTRIP-modellen [13] på samma sätt som i delmoment 5, SLB-rapport 48:2020 [6]. NORTRIP-modellen har tagits fram inom ett nordiskt samarbetsprojekt NORTRIP (NON-exhaust Road TRAffic Induced Particle emissions). Modellen räknar emissionen och halterna för varje timma. Modellen räknar enbart för en väg och inte de båda köriktningarna var för sig. Så den genomsnittliga hastigheten per timma för båda köriktningarna har använts. Beräkningarna har gjorts för halterna på vardera sidan av E4/E20 separat. Samma alternativ har använts som beskrivs nedan, det vill säga; ”Med VH” (motsvarar uppmätt), ”Utan VH”, ”VH full funktion” samt ”Maximal VH”. Hastigheten i beräkningarna har förändrats i proportion till hur många minuter under varje timma som VH visat sänkt hastighet.

Metod för analysen av uppmätt effekt på emissioner med VH

Baserat på mätningarna av PM₁₀, PM_{2.5} NO_x och CO₂ (15 minuters medelvärden) beräknas utsläppet av PM₁₀ och PM_{2.5} från skillnaden i halterna mellan de båda sidorna av motorvägen. Genom att ta hänsyn till vindriktningen kan trafikens utsläpp (E_{PMx}) beräknas som:

$$E_{PMx} = \frac{(C_{PMx,A} - C_{PMx,B})}{(C_{CO_2,A} - C_{CO_2,B})} \times EF_{CO_2,HBEFA}$$

där $C_{PMx,A}$, $C_{PMx,B}$, $C_{CO_2,A}$, $C_{CO_2,B}$ är halterna av PM10 eller PM2.5 och CO₂ på respektive sida (A är halterna på läsidan, uppvinds och B på vindsidan). Motsvarande görs även för NO_x och då byts C_{PM} ut mot C_{NO_x} i formeln ovan. Utsläppen beräknas för perioder utan och med VH aktiv. Kriteriet är att VH har varit på minst 13 minuter under en 15 minuters period som används för att beräkna medelhalterna på båda sidorna. Däremot är VH under nästan alla tillfällen enbart aktivt i ena körriktningen och det påverkar denna analys då de uppmätta halterna alltid är påverkade av emissionerna från trafiken i båda körriktningarna.

Emissionsfaktorerna för CO₂ beräknas med hänsyn till fordonssammansättningen såsom beskrivits tidigare i SLB-rapport 22:2022 [11].

Resultat

Effekten på uppmätta halterna

Trenden för de uppmätta halterna vid E4/E20 utvärderades i SLB-rapport 12:2022 [10].

Utvärderingen visade inte på entydigt sjunkande halter för år 2021 efter att VH införts jämfört med år 2020 och år 2019. Det går därför inte enbart utifrån de uppmätta halterna att säga att införandet av varierande hastighet har påverkat de uppmätta halterna positivt. Mätdata visar att meteorologin har stor betydelse för variationerna i halterna från år till år. Men även trafikflödet har en betydande påverkan på de uppmätta halterna, vilken har förändrats upp och ner under mätperioden april år 2019 till december år 2021, till exempel på grund av förändrat och minskat resande till följd av coronapandemin. Dessutom har det under perioden pågått en gradvis förändring i fordonsflottan som även påverkar halterna.

Effekten på trafiken

Inverkan av VH på hastigheten, men också på trafikflödet har analyserats i detalj i SLB-rapport 22:2022. Varierande hastighetsgränser kom i drift 8 mars 2021. Fram till december år 2021 hade informationsskyltarna visat budskapet 60 km/h under totalt **334** timmar i sydgående riktning och **203** timmar i norrgående riktning vilket motsvarar **4,9** respektive **2,9** % av tiden. Aktiveringarna sker i norrgående riktning främst under morgonrusningen 06:00-08:00 och i sydgående riktning främst under eftermiddagsrusningen 15:00-18:00. Den genomsnittliga sänkningen av hastigheten vid aktivt VH var **6 km/h**. Under aktivt VH passerade drygt 1,3 miljoner fordon i sydgående riktning och ca 0,7 miljoner fordon i norrgående riktning. Vid VH full funktion (se nedan) hade totala antalet fordon som påverkats varit ca 2,2 miljoner i sydgående riktning och drygt 1,3 miljoner i norrgående riktning.

Beräknade effekter

I analysen har fyra olika alternativ jämförts för perioden 8 mars till och med 31 december år 2021.

- Med VH. Detta alternativ motsvarar den uppmätta hastigheten under hela perioden dvs verkligheten. Detta inkluderar de timmar där VH har visat 60 km/h (dvs sänkt hastighet).
- Utan VH. Under perioden så var VH aktivt. För att studera hur mycket detta har påverkat så behöver hastigheten höjas i beräkningarna för de tillfällen då VH visade sänkt hastighet. Så i detta alternativ har hastigheten höjts med 6 km/h för samtliga tillfällen då VH visade 60 km/h under 2021.
- VH full funktion. Som beskrivits så var VH pga av olika orsaker enbart aktivt under delar av perioden. För att studera effekten om VH hade varit aktivt under hela perioden så används detta alternativ. I detta alternativ har hastigheten sänkts med 6 km/h jämfört med den uppmätta hastigheten för de tillfällen då VH borde ha visat sänkt hastighet, men av olika anledningar inte gjorde det.
- Maximal VH. För detta alternativ har hastigheten satts till 60 km/h för samtliga tillfällen då VH visade sänkt hastighet under 2021 samt dessutom för de tillfällen då VH borde ha visat sänkt hastighet, men av olika anledningar visade inte systemet det.

Effekten på emissionsfaktorerna för NO_x och CO₂

För alternativet utan VH har emissionsfaktorn beräknats från HBEFA 4.1 "Urban motorway 80 km/h" samt "Free flow".

För alternativet med VH och VH full funktion har emissionsfaktorn från HBEFA 4.1 "Urban motorway 80 km/h" och "Urban motorway 60 km/h" använts och förhållandet mellan dessa två antogs vara linjärt för att kunna beräkna emissionsfaktorn för urban motorway 74 km/h. Den benämns som HBEFA 74 km/h i tabellen nedan.

För alternativet maximal VH har emissionsfaktorn beräknad från HBEFA "Urban motorway 60 km/h" samt "Free flow".

Samma trafikflöde har antagits för samtliga tre fall. De framräknade emissionsfaktorerna är fordonsviktade.

De beräknade emissionsfaktorerna för NO_x och CO₂ presenteras i **Tabell 1**.

Tabell 1. Beräknade emissionsfaktorer för NO_x och CO₂ med och utan VH-systemet

	Hastighet	EF NO _x g/fkm	EF CO ₂ g/fkm
Utan VH	HBEFA 80 km/h	0,312	150
Med VH & VH full funktion	HBEFA 74 km/h*	0,305	146
Maximal VH	HBEFA 60 km/h	0,288	138

*Linjär-interpolerat mellan HBEFA 80 och 60 km/h.

Effekten på emissionerna av NO_x och CO₂

Den totala teoretiska effekten på emissionerna fås genom att multiplicera emissionsfaktorerna i **Tabell 1** med det antal fordon som har påverkats av VH under år 2021. I analysen av trafiken (SLB-rapport 22:2022) konstaterades att drygt **2,2** miljoner fordonspassager har påverkats av VH under perioden 8 mars till och med december år 2021. Om istället VH skulle ha varit i full funktion under motsvarande period så skulle det ha påverkat **3,5** miljoner fordonspassager. Beräkningarna antar att effekten på hastigheten skulle vara densamma under hela vägsträckan som VH systemet är på, det vill säga 2,7 km.

Tabell 2. Beräknad utsläppsminskning av NO_x och CO₂ under 2021 från VH-systemet längs 2,7 km.

	Hastighet	Emissionsförändring NO _x (kg)	Emissionsförändring CO ₂ (ton)
Med VH	HBEFA 74 km/h*	-42	-24
Med VH full funktion	HBEFA 74 km/h*	-66	-38
Maximal VH	HBEFA 60 km/h	-227	-113

*Linjärt interpolerat mellan HBEFA 80 och 60 km/h

De totala emissionsminskningarna kan verka tämligen små. Det beror på att endast en mindre del av det totala antalet fordonspassager (**6,8** %) har påverkats av VH-systemet samt att effekten på hastigheten endast blev 6 km/h.

VH systemet medförde alltså en teoretisk minskning av CO₂ utsläppen med **24** ton längs den 2,7 km långa VH sträckan. Det motsvarar ungefär **59 000** färre fordon under perioden 8 mars till och med december år 2021 eller ungefär **199** färre fordon per dygn.

Vid maximal teoretisk effekt av VH, d.v.s. full efterlevnad av hastighetsgränsen samt full funktion av VH-systemet, så hade utsläppsminskningen blivit **113 ton CO₂** längs den 2,7 km långa vägsträckan, vilket motsvarar en minskning med **280 000** genomsnittliga fordon under perioden mars till och med december 2021 (eller ungefär **939** fordon per dygn).

Beräknade effekter på halterna av NO₂

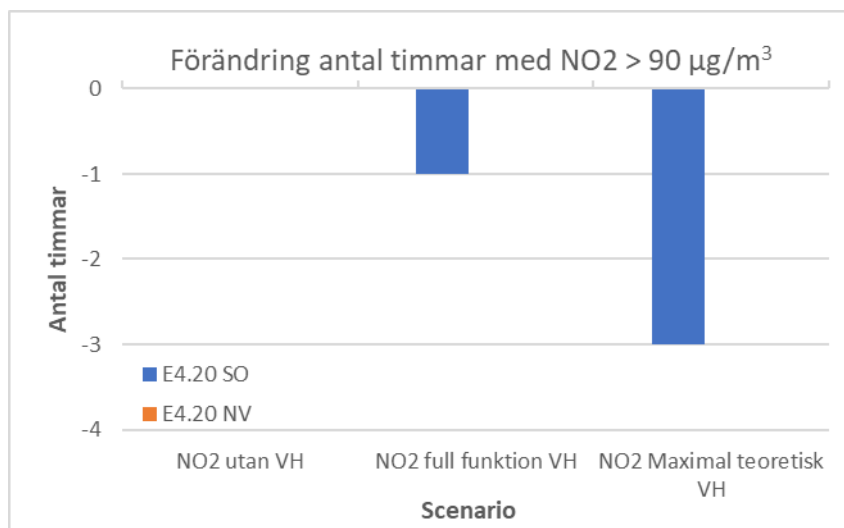
I **Tabell 3** jämförs de uppmätta halterna av NO₂ under 8 mars till och med december 2021 (med VH) mot den beräknade halten av NO₂ om VH inte varit aktivt under samma period (utan VH). **Tabell 3** visar även den beräknade halten av NO₂ om VH-budskapet hade nått fram till körfältssignalerna vid alla tillfällen (VH full funktion). **Tabell 3** visar de teoretiska halterna av NO₂ om budskapet om VH dels hade nått fram till körfältssignalerna vid alla tillfällen samt vid full efterlevnad av hastighetsgränsen, d.v.s. 60 km/h istället för 74 km/h som är den uppmätta hastighetssänkningen under VH (maximal VH). I **Tabell 3** visas hur tre olika scenarier påverkade miljö kvalitetsnormer och mål för NO₂. Medelvärdet för NO₂ påverkades väldigt lite av VH, t ex med knappt 0,2 mg/m³ vid full teoretisk efterlevnad av VH.

Antalet dygn över miljö kvalitetsnormens gränsvärde 60 µg/m³ påverkades inte av VH. Antalet timmar över miljö kvalitetsnormens gränsvärde 90 µg/m³ påverkades inte heller av VH i den utsträckningen det efterlevdes och aktualiserades. Antalet timmar hade påverkats något om antingen hastighetsgränsen efterlevdes eller om VH hade aktualiserats alla gånger det var menat. VH hade en liten effekt på antalet timmar över miljömålets riktvärde 60 µg/m³.

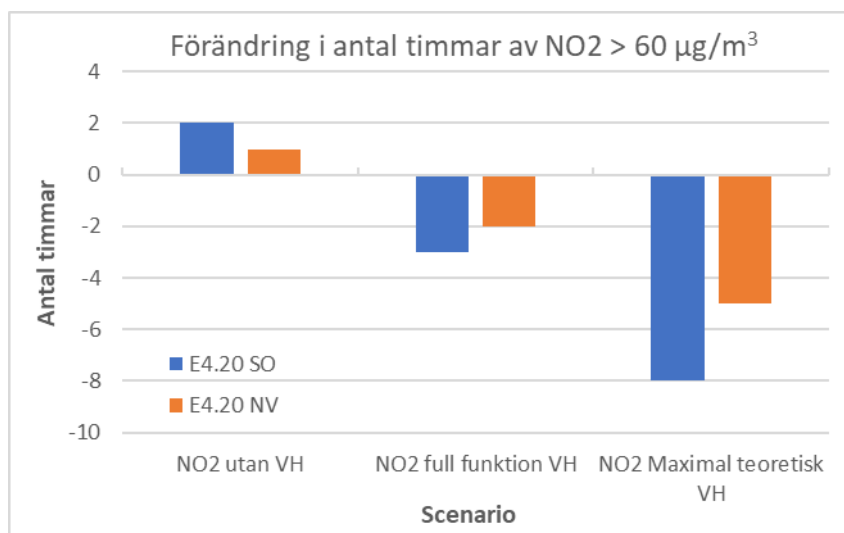
Tabell 3. Effekten av tre olika VH-scenarier samt 0-alternativet för NO₂ jämfört mot miljö kvalitetsnormer och mål för perioden mars till december 2021.

Scenario	NO ₂ obser- verade	NO ₂ obser- verade	NO ₂ utan VH	NO ₂ utan VH	NO ₂ full funktion VH	NO ₂ full funktion VH	NO ₂ maximal VH	NO ₂ maximal VH
Sida av vägen	SO	NV	SO	NV	SO	NV	SO	NV
Medelvärde	21,95	23,74	21,98	23,76	21,93	23,73	21,77	23,62
Dygn > 60 µg/m ³	2	3	2	3	2	3	2	3
Timmar > 90 µg/m ³	45	46	45	46	44	46	42	46
Timmar > 60 µg/m ³	272	280	274	281	269	278	264	275
Summa av antal fordon påverkade av VH i båda riktningar	2 200 000	2 200 000	0	0	3 500 000	3 500 000	3 500 000	3 500 000
Hastighetssänkning under VH	-6 km/h	-6 km/h	0	0	-6 km/h	-6 km/h	-20 km/h	-20 km/h

I **Figur 1** och **Figur 2** visas hur stor effekt VH har haft på antalet timmar med NO₂ halt över 90 respektive 60 µg/m³ jämfört med om VH inte hade utförts, om VH haft full funktion samt den maximala effekten med full efterlevnad av den variabla hastighetsgränsen. I tidigare delmoment 5, rapport SLB 48:2020 [6] kan man jämföra Scenario E med resultaten i denna rapport. Scenario E motsvarade endast trafikstyrning. Den algoritm som ansattes vara styrande för VH i delmoment 5 (scenario E) ledde till att VH skulle varit aktiv 12,6 % av tiden under 2020, vilket är drygt tre gånger mer än vad som faktiskt aktualiserades under 8 mars till och med december 2021. Efterlevnaden av den variabla hastighetsgränsen antogs dessutom vara 100 %, och att alla körde i 60 km/h under VH.



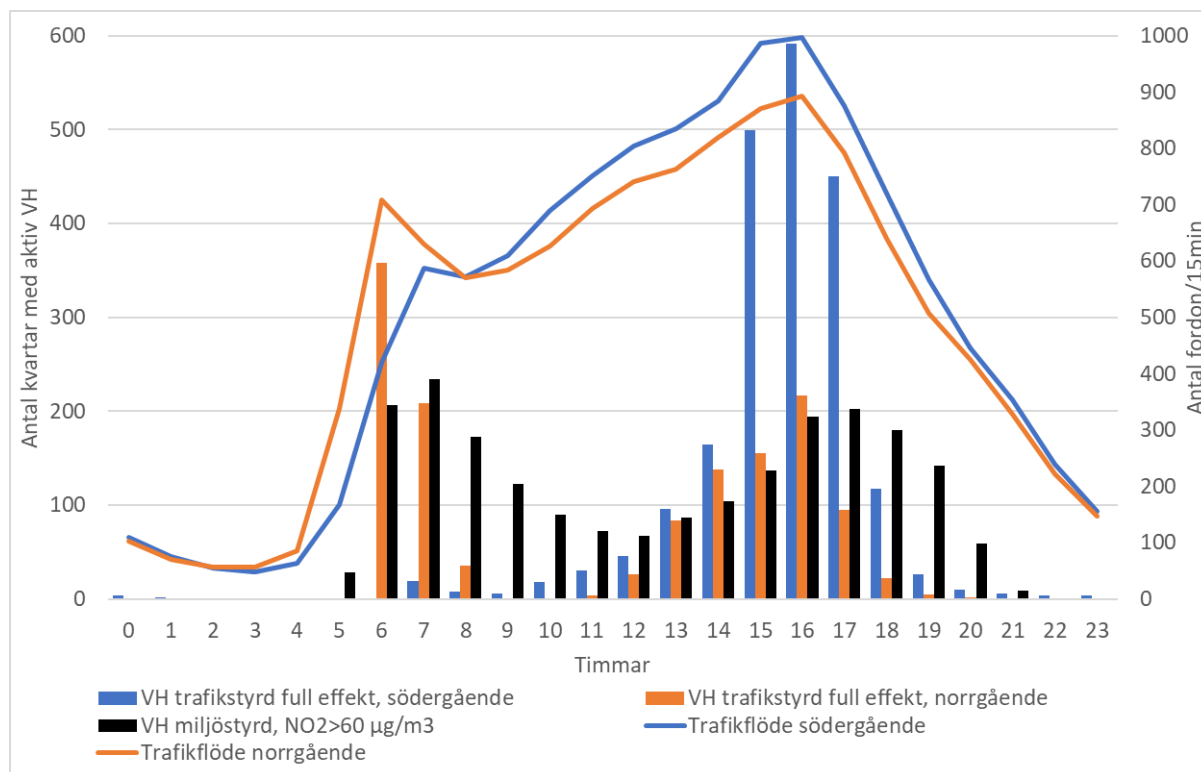
Figur 1. Beräknad förändring i antalet timmar med NO₂-halter över 90 µg/m³ (miljökvalitetsnormens gränsvärde) på grund av VH.



Figur 2. Beräknad förändring i antalet timmar med NO₂ halter över 60 µg/m³ (miljömålets riktvärde) på grund av VH.

Miljöstyrd VH har testats utifrån scenariot: om den uppmätta NO₂-halten under den föregående 15 minuters perioden, vid någon sida av vägen, är högre än 60 µg/m³ aktiveras VH kommande 15 minuter. Budskapet släcks på samma villkor: om den uppmätta NO₂-halten föregående kvart är under 60 µg/m³. Utöver att NO₂-halten ska vara över 60 µg/m³ ska även summan av trafikflödet för båda köriktningarna vara över 800 fordon/kvart. Det senare som en del att undvika få aktiveringar när trafikflödet är lågt. Värdet 60 µg/m³ har valts för det är miljökvalitetsnormen för dygnsmedelvärde och är den miljökvalitetsnorm för NO₂ som historiskt varit svårast att klara i Sverige. I **Figur 3** nedan visas antalet kvartar då VH varit aktivt i båda köriktningar under år 2021 samt när på dygnet aktiveringarna inträffat. Flest antal kvartar med aktivt VH återfinns i södergående riktning på eftermiddagen. Miljöstyrd VH kan inträffa i stort sett när som helst under dagen men betydligt oftare i samband med rusningstrafiken på såväl morgon som eftermiddag. Miljöstyrd aktivering av VH (NO₂ > 60 µg/m³) inträffade sällan samtidigt som den faktiska trafikstyrda aktiveringen av VH. Det innebär att ett styrande av VH på luftkvalitet nästan skulle dubblera antalet fordon som påverkats av VH idag. Eftersom trafiks- och miljöstyrd VH inte så ofta sker samtidigt så är det inte konstigt att effekten av

trafikstyrd VH, som utförts under år 2021, har haft låg effekt på såväl halterna av NO₂ som antalet dagar och timmar över gränsvärdena.



Figur 3. Fördelningen över dygnet med de 15-minuters perioder som VH var och borde varit i drift baserat på trafik samt när det skulle ske om man även styrde på uppmätt NO₂-halt. Som jämförelse visas även den genomsnittliga trafiken över ett dygn.

Effekten på emissionerna av icke avgasemissionerna av PM₁₀ och PM_{2.5}

Emissionerna av PM₁₀ och PM_{2.5} beräknades med NORTRIP-modellen som beskrivits ovan. Samma scenarier som för NO_x och NO₂ och som också har beskrivits ovan har använts. Utifrån uppgifterna om när VH varit aktivt baserat på trafiken så har påverkan på emissionerna beräknats till siffrorna i **Tabell 4**. Den verkliga VH styrningen under år 2021 har gett upphov till en minskning av icke avgasemissionerna med 90 respektive 5,9 kg för PM₁₀ och PM_{2.5}. Det har då antagits att effekten är lika stor för hela 2,5 km sträckan med VH. Effekterna mer är fördubblas om max teoretisk effekt av VH beräknas.

Tabell 4. Beräknad utsläppsminskning av icke avgas PM₁₀ och PM_{2.5} under mars till och med december 2021 p.g.a. VH-systemet längs 2,7 km. Beräknats med NORTRIP-modellen

	Emissionsförändring PM ₁₀ (kg)	Emissionsförändring PM _{2.5} (kg)
Med VH	-90	-5,9
Med VH full funktion	-129	-7,9
Maximal effekt av VH	-191	-11,6

Beräknade effekten på halterna av PM10

För att beräkna effekterna på halterna av PM10 har samma NORTRIP körningar som ovan använts. För att få fram effekten på halterna för PM10 så har det för varje enskilt dygn räknats fram en procentuell skillnad mellan de fyra alternativen. Denna procentuella skillnad har sedan applicerats på det lokala bidraget av de uppmätta halterna.

Den beräknade skillnaden i medelhalten för PM10 var precis som för NO₂ mycket liten och det skiljde mindre än 0,1 µg/m³ för medelhalten under år 2021. För enskilda dygn så blev effekten upp emot 15 % lägre halter. Men för inget av dygnen under år 2021 blev det någon skillnad i antalet dygn med PM10 halter över miljö kvalitetsnormens gränsvärde, 50 µg/m³, eller miljö kvalitetsmålets riktvärde, 30 µg/m³, med hjälp av VH. Inte ens med maximal funktion och efterlevnad av VH visade beräkningar på några skillnader i antalet dygn med PM10 över 30 eller 50 µg/m³ jämfört med utan VH.

Uppmätta effekten på emissioner av VH

Analysen av de uppmätta effekterna baseras på de uppmätta halterna av NO_x och CO₂ på båda sidor om E4/E20 i enlighet med beskrivningen i avsnittet metoder. Dessutom tas hänsyn till vindriktningen på samma sätt som i SLB-rapport 26:2022.

Tabell 5 visar att den genomsnittliga hastigheten var 3,9 km/h högre utan VH i denna analys, vilket resulterade i högre utsläpp av NO_x, PM10 och PM2.5 i förhållande till CO₂ utsläppen. Observera att värdet 3,9 km/h kan skilja sig från andra analyser. Det beror främst på att trafiken i båda riktningarna påverkar de uppmätta halterna, men att hastigheten i de allra flesta fall endast sänkts i ena körriktningen. Dessutom baseras denna analys på 15 minuters data och på att VH inte alltid varit aktivt under hela 15 minutersperioden. Men det beror också på att olika antal data inkluderas i beräkningen, vilket i sin tur beror på kriterierna för att inkludera data i beräkningen – vindriktningen måste ligga i rätt intervall och skillnaden i halter måste överskrida vissa nivåer för att säkerställa att skillnaden beror på trafikens utsläpp.

Tabell 5. Genomsnittliga värden med 95 % konfidensintervall för hastighet och kvoterna i haltskillnaderna NO_x/CO₂, PM10/CO₂ och PM2.5/CO₂ med respektive utan VH.

Medel ± 95% konf	Hastighet km/h	NO _x mg NO _x /g CO ₂	PM10 mg PM10/g CO ₂	PM2.5 mg PM2.5/g CO ₂
Med VH	78,0 ± 0,0	1,62 ± 0,01	0,18 ± 0,00	0,13 ± 0,02
Utan VH	81,8 ± 0,0	1,72 ± 0,01	0,33 ± 0,01	0,15 ± 0,01
Förändring	3,88 ± 0,02	0,102 ± 0,013	0,154 ± 0,008	0,018 ± 0,022

Genom att multiplicera kvoterna i **Tabell 5** med den genomsnittliga emissionsfaktorn för CO₂ med och utan VH i **Tabell 1** och det genomsnittliga antalet fordon per timme (i genomsnitt 5100 med VH och 5200 utan VH) erhålls utsläppen av respektive ämne (g/km/timme) (**Tabell 6**). Dessa utsläpp gäller för den aktuella vägsträckan med den aktuella fordonssammansättningen och hastigheten.

Tabell 6. Beräknade utsläpp av NO_x, PM10 och PM2.5 för den aktuella vägsträckan med 95 % konfidensintervall (g/timme/km) Beräkningarna baseras på mätningarna under perioder med och utan VH.

	NO _x	PM10	PM2.5
Med VH	1230 ± 36	134 ± 16	101 ± 53
Utan VH	1369 ± 77	263 ± 44	120 ± 23
Förändring	81 ± 5	123 ± 3	14 ± 9

Den totala utsläppsminskningen baserat på mätningarna fås genom att multiplicera med antalet timmar som VH var aktivt under år 2021, vilket var 458 timmar (SLB-rapport 22:2022) och sedan antaget att effekten var lika stor under hela vägsträckan på 2,7 km.

Tabell 7. Uppmätt utsläppsminskning av NO_x, PM₁₀ och PM_{2.5} under mars till och med december 2021 p.g.a. VH-systemet längs 2,7 km av E4/E20.

	Emissionsförändring NO _x (kg)	Emissionsförändring PM ₁₀ (kg)	Emissionsförändring PM _{2.5} (kg)
Med VH	-93	-140	-16
	(37/km)	(56/km)	(6,4/km)

Kalkylvärden för beräkning av kostnader

De minskningar i utsläpp som VH har medfört ger även upphov till minskad exponering för luftföroreningar från vägtrafiken för allmänbefolkningen och därmed minskade hälsokostnader för förtida dödlighet och sjukdomar (t ex stroke, diabetes och barnastma). Dessa kostnader kan beräknas på flera olika sätt.

Ett sätt är att de minskade kostnaderna uppskattas baserat på resultaten som presenteras i Trafikverkets rapport "Bättre metoder att beskriva hälsovinster av minskad luftföroreningsexponering från vägtrafik" av Forsberg et al (2021), [14]. I det projektet tog man fram nya förslag till nya samband för beräkning av hälsokostnaderna för vägtrafikens luftföroreningar inom ramen för ASEK samt för beräkning av förlust av funktionsjusterade levnadsår (eng: disability adjusted life years, DALYs). Vidare tog man fram genomsnittliga samband mellan vägtrafikens utsläpp och befolkningsexponeringen för olika typer av områden (storstadskärna, storstadsförort, mellanstor stad, mindre stad, liten tätort, landsbygd) kompletterat med exponering av andra än boende inom respektive typ av område.

Halterna av luftföroreningar i Stockholms län beräknades med hjälp av en Gaussisk spridningsmodell som också ingår i Östra Sveriges Luftvårdsförbunds system för luftövervakning (<http://www.oslvf.se>). Meteorologiska indata utgörs av en klimatologi baserad på 15 års meteorologiska data från en meteorologisk mast i södra Stockholm. En vindmodell används för att beräkna den geografiska variationen i de meteorologiska förhållandena (d.v.s. hur vindhastigheter, vindriktningar och stabilitet påverkas av topografi, markanvändning och markens skrovlighet). Upplösningen på beräkningen var 100 x 100 meter och varje beräkningsruta erhöll en luftföroreningshalt ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) utifrån haltbidraget från vägtrafiken i beräkningsområdet (AB-län). Boendes exponering erhålls genom att summera produkterna av antal boende och de beräknade luftföroreningshalterna i varje ruta och dividera med totala antalet boende i området (alla rutor).

I **Tabell 8** visas vägtrafikens bidrag till befolkningens exponering nationellt samt inom storstadsförort vilket är det område som kan vara relevant för Hallunda. I detta område är kostnaden för utsläpp av avgaspartiklar (räknat som PM_{2.5}) ca 11 400 kr per kg och för slitagepartiklar ca 2 200 kr per kg.

Tabell 8. Allmänbefolkningens exponering för PM2.5 och PM10 slitagepartiklar med respektive skadekostnader enligt verktyget som tagits fram av Forsberg et al (2021).

Typområde	Avgaspartiklar personer x halt ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) dividerat med antal ton utsläpp i området	Skadekostnader PM2.5 kr/kg	PM10 slitagepartiklar personer x halt ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) dividerat med antal ton utsläpp i området	Skadekostnader PM10 slitagepartiklar kr/kg
Nationell siffra	885	7,207 kr	885	1,461 kr
Storstadsförort	1402	11,415 kr	1337	2,208 kr

Ett annat sätt att beräkna minskad kostnad är att använda ASEK 7.0, analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn [15]. Det är ett verktyg som Trafikverket tagit fram. De kostnader som finns för de luftföroreningar och klimatpåverkande gaser som finns med i detta projekt redovisas för ASEK 7.0 i **Tabell 9** och kostnaderna avseende hälsoeffekter jämförs med Forsberg et al. [14] i **Tabell 8**. De lokala hälsokostnaderna för utsläpp av avgaspartiklar PM2.5 och slitagepartiklar PM10 baserat på exponering i Storstadsförort enligt Forsberg et al. är ungefär dubbelt så höga som ASEK.

Tabell 9. Kostnader (kr/kg) för luftföroreningar i ASEK 7.0 respektive Forsberg et al. 2021.

Vad	ASEK (kr/kg)	Forsberg et al Storstadsförort (kr/kg)	Forsberg et al Nationellt (kr/kg)
Avgaspartiklar PM2.5 Lokala hälsoeffekter	5 400	11 400	7 200
Slitagepartiklar PM10 Lokala hälsoeffekter	1 100	2 200	1 500
Slitagepartiklar PM10 Lokala Kulturmiljöeffekter	319	-	-
NOx Lokala Kulturmiljöeffekter	3	-	-
CO ₂ Klimat ("skuggpris")*	7	-	-

* Politiskt skuggpris härlett från reduktionsplikten och reduktionspliktsavgiften.

Totala minskade samhällskostnader med VH

De minskade kostnaderna tack vare minskade utsläpp av alla de ovan nämnda luftföroreningarna vid införande av VH under mars till december 2021 erhålls genom att multiplicera utsläppsminskningarna med kostnaderna per kg utsläpp. De beräknade minskade utsläppen baseras dels på de uppmätta halterna av PM2.5, PM10 och NOx, dels på beräkningarna med NORTRIP för icke avgasdelen för PM10 och PM2.5 samt emissionsfaktorer enligt HBEFA för CO₂. Emissionen av PM10 slitage beräknas som skillnaden mellan PM10 och PM2.5.

I **Tabell 10** presenteras den minskade kostnaden utifrån i) de teoretiska utsläppsminskningarna för NOx och CO₂ baserat på Den totala teoretiska effekten på emissionerna fås genom att multiplicera emissionsfaktorererna i **Tabell 1** med det antal fordon som har påverkats av VH under år 2021. I analysen av trafiken (SLB-rapport 22:2022) konstaterades att drygt 2,2 miljoner fordonspassager har påverkats av VH under perioden 8 mars till och med december år 2021. Om istället VH skulle ha varit i full funktion under motsvarande period så skulle det ha påverkat 3,5 miljoner fordonspassager. Beräkningarna antar att effekten på hastigheten skulle vara densamma under hela vägsträckan som VH systemet är på, det vill säga 2,7 km.

Tabell 2, ii) den beräknade utsläppsminskningen av PM10 slitagepartiklar i **Tabell 4**, samt iii) de uppmätta utsläppsminskningarna för PM2.5 och NOx baserat på **Tabell 7**. Enligt ASEK fås de största besparingarna (42 %) tack vare minskade utsläpp av hälsopåverkande avgas- och slitagepartiklar

(PM2.5 och PM10), 180 000 kr, men besparingarna med Forsberg et al. enligt Storstadsförort är ca dubbelt så stor; 369 900 kr. Besparingen beror till största delen (drygt 60 %) på att utsläppen av slitagepartiklar minskar med VH.

Minskningen av CO₂ utsläppen motsvarade en minskad kostnad på 168 000 kr och med VH full funktion 266 000 kr. För NO_x blir besparingen försumbar.

Tabell 10. Beräknad sparad kostnad baserat på ASEK respektive Forsberg et al. (exponering inom Storstadsförort) för VH systemet under mars till och med december 2021.

	Ämne	Utsläppsminskning under mar till och med dec 2021 (kg)	ASEK (kr)	Forsberg et al. Storstadsförort (kr)
Uppmätt Med VH	PM2.5	15	Hälsoeffekter: 81 000	Hälsoeffekter: 171 200 -
Med VH beräknad	PM10 slitage	90	Hälsoeffekter: 99 000 Kulturmiljö: 28 700	Hälsoeffekter: 198 700 -
Med VH full funktion	PM10 slitage	129	Hälsoeffekter: 141 900 Kulturmiljö: 41 200	Hälsoeffekter: 284 800 -
Med VH beräknad	CO ₂	24 000	168 000	-
Med VH full funktion	CO ₂	38 000	266 000	-
Uppmätt Med VH	NO _x	89	Kulturmiljö: 267	-
Med VH beräknad	NO _x	42	Kulturmiljö: 126	-
Med VH full funktion	NO _x	66	Kulturmiljö: 198	-
Summer för "Uppmätt med VH" alternativt "Med VH teoretisk" i de fall uppmätt saknas	Alla		Hälsoeffekter: 180 000 Kulturmiljö: 29 000 CO₂: 168 000 Totalt: 377 000	Hälsoeffekter: 369 900 - - -
Andel slitage av hälsa totalt			64 %	62 %
Andel hälsa av totalt			42 %	-

Test av prognosmodellen

Inom ramen för innevarande projekt har vi undersökt om det vore möjligt att använda resultaten från SLB-analys prognosmodell för luftkvalitet för att styra algoritmerna för den miljöbaserade hastighetsstyrningen. Prognossystemet är beskrivet i Engardt m.fl., 2021 [9].

En utvärdering av systemet för perioden år 2019 - 2020 presenterades i SLB-rapport 36:2021 [7]. Inför framtagandet av innevarande rapport kompletterades utvärderingen så att den täcker perioden år 2019 – 2021. Resultaten av analyserna visar att prognosmodellen, i sin nuvarande konfiguration, inte är tillräckligt träffsäker för att fastställa halten av PM10 eller NO_x intill E4/E20 vid Hallunda, 1 – 24 timmar i förväg på ett tillfredställande sätt. Modellen är inte byggd för att reproducera de höga halterna som uppträder alldeles vid sidan av en hårt trafikerad väg, vilket leder till generella underskattningar av de prognosticerade halterna. Antalet missade episoder (när de uppmätta halterna är höga, men modellen förutspådde det inte) och antalet falska alarm (när modellen förutspådde höga halter, men det inträffade inte) är också förhållandevis stort. Detta innebär att det i nuläget inte räcker med att skala upp de beräknade halterna med lämpliga faktorer för att få acceptabla resultat.

Justeringar av prognosmodellen skulle med stor sannolikhet minska på prognosmodellens generella underskattningar av halterna vid mätplatserna vid Hallunda. Antalet missade episoder och falska alarm torde också minska ifall en annan typ av modell ("öppenväg"-modell) användes vid Hallunda.

Justeringar av modellen, test av andra modellkonfigurationer samt nya analyser mot observerade halter skulle vara bra för framtida användning av prognosmodellen. Detta ryms dock inte inom detta projekt utan får i så fall ske inom framtida projekt.

Diskussion

De analyser som ingår i denna rapport visar att införandet av VH under år 2021 endast haft en liten påverkan på emissioner och halter av luftföroreningar bl.a. NO₂/NO_x, PM10 och PM2.5. Även påverkan på klimatpåverkande utsläpp som CO₂ har varit liten. De verkliga effekterna av VH var mindre än de förväntade effekterna som beräknades inför införandet av VH-systemet i SLB-rapport 48:2020 [6].

Det finns främst två orsaker till varför effekterna av VH blev små:

- Under perioden mars till och med december år 2021, då VH systemet var aktivt, så visade körfältssignalerna hastigheten 60 km/h under totalt 334 timmar i sydgående riktning och 203 timmar i norrgående riktning, vilket motsvarar 4,7 och 2,9 % av tiden.
- Den observerade hastighetssänkningen med VH (60 km/h) och utan (80 km/h) var ca 6 km/h.

Dessa båda faktorer bidrog till att den totala effekten blir liten. Nu var förvisso inte VH-systemet i drift under hela perioden. Hade VH-systemet dessutom varit i drift hela tiden hade antalet fordonspassager som påverkades av VH nästan fördubblats.

De förväntade effekterna av VH som presenterades i SLB-rapport 48:2022 [6]. Den resulterade i VH aktivering under drygt 12 % av tiden baserat på trafikflödesdata från år 2019 och 2020. Det verkliga utfallet under år 2021 blev mindre än hälften av det förväntade. Dessutom räknades de förväntade effekterna med att hastigheten skulle sänkas med 10 km/h medan det verkliga utfallet blev 6 km/h.

Under år 2021 har VH enbart styrts utifrån trafiken. I ursprungplanen för projektet skulle VH styras på både trafik och luftkvalitet, även kallad "Miljöstyrning". I SLB-rapport 48:2020 [6] visades att om VH hade styrts på både trafik och luftkvalitet så hade det totala antalet timmar med VH varit fler än om styrningen enbart skett på trafik, se figur 3.

För samtliga analyser i denna rapport har endast hastigheten förändrats. I verkligheten hänger hastighet och trafikflöde ihop genom att flödet minskar då hastigheten minskar. Men analysen har antagit att denna påverkan är liten i sammanhanget.

Klimatpåverkande utsläpp

Införandet av VH beräknades ha gett upphov till en minskning av CO₂ utsläppen med 18 ton vilket ungefär motsvarar utsläppen från 53 000 fordonspassager under perioden (mars-december år 2021). Det kan låta som stora siffror, men jämfört med de totala utsläppen av CO₂ så är det mindre än 0,5 % av utsläppen som försvunnit med VH. Detta är beräknat utifrån de fordon som trafikerar E4/E20. Sekundära positiva effekter som uppkommer på grund av VH kan också förekomma, t.ex. genom att det kan bli färre köer både uppströms och nedströms på E4/E20, men också på kringliggande vägar. Dessa effekter är troligen små i sammanhanget.

Om alla fordon längs den 2,7 km långa teststräckan på E4/E20 körde 60 km/h hela dygnet så skulle utsläppen av CO₂ på sträckan minska med 8 % beräknat från emissionsfaktorerna i **Tabell 1**. Detta visar att VH inte är en särskilt effektiv åtgärd för att minska klimatpåverkan längs vägarna. För att få större effekt så krävs det åtgärder som antingen minskar trafiken eller minskar utsläppen från de fordonen med störst utsläpp (tungt fordon). Ökad elektrifiering kommer att bidra, men än så länge är det främst på personbilar som elektrifieringen sker.

Luftkvalitet

Införandet av VH har gett upphov till en viss minskning av utsläppen för NO_x, PM10 och PM2.5. Men påverkan på de genomsnittliga halterna har varit små. För NO₂-halterna hade endast en timma med halt över miljö kvalitetsnormens 90 µg/m³ klarats om VH hade haft full funktion. Endast ett fåtal timmar över miljömålet 60 µg/m³ klarades med hjälp av VH. För PM10 har inte VH påverkat antalet dygn över vare sig miljö kvalitetsnormen 50 µg/m³ eller miljömålet 30 µg/m³. Tillfällena med högst halter av luftföroreningar beror till stor del på meteorologin och årstid [10]. SLB-rapport 48:2020 [6] visade att det var viktigt att sänka hastigheten vid rätt tillfällen för att kunna påverka halterna när de är som högst. En analys av när VH-tändningarna skett under år 2021 visade att det inte var särskilt stor samstämmighet mellan VH för trafik och när NO₂-halten varit hög (60 µg/m³). Detta påvisar att om man vill komma åt en tydligare påverkan på luftkvaliteten vid tillfällen med höga NO₂-halter så krävs det att VH styrs på den uppmätta eller prognostiserade NO₂-halten och inte enbart på trafikflödet.

För PM10 är det svårare då halterna inte enbart styrs av trafiken som passerar vid den nuvarande tidpunkten [6]. Till exempel kan de fordon som använder dubbdäck under hösten och våren påverka halterna under en stor del av våren genom att slitaget under vintern skapar en dammdepå som virvlar upp under våren vid torrt väglag. Då VH-systemet kom i drift först i mars missades möjligheten att påverka dammdepån då den redan hade bildats. För PM10 halterna har detta bidragit till att effekterna blev mindre än de förväntade i SLB-rapport 48:2020 [6]. För PM10 kan det istället vara mer effektivt att styra hastigheten baserat på årstid [10], det vill säga sänka hastigheten under den period på året som dubbdäck används.

Det som även beräknades i delmoment 5, SLB-rapport 48:2020 [6] var effekten vid en 10 km/h hastighetsminskning eller full efterlevnad, d.v.s. en sänkning med 20 km/h. Den verkliga hastighetsminskningen på 6 km/h ger mindre effekt. För att få större effekt på luftkvaliteten så bör åtgärder vidtas för att få en större efterlevnad av hastighetsgränsen när VH visar 60 km/h. Till exempel genom någon form av hastighetskontroll.

Minskade kostnader

I rapporten används två olika sätt att beräkna kostnader eller vinster av luftföroreningarna och de klimatpåverkande utsläppen. Det är svårt att sätta en kostnad på en halt eller ett utsläpp och beräkningarna av kostnaderna innefattar därför stora osäkerheter. De kostnadssamband som använts var aktuella vid tidpunkten för skrivandet av rapporten.

Baserat på Trafikverkets beräkningsverktyg ASEK 7.0 har VH under 2021 medfört en minskad kostnad på 377 000 kr. ASEK innefattar såväl hälsoeffekter, kultureffekter samt kostnad för CO₂ utsläpp. Största delen är hälsopåverkan från slitagepartiklar. Det andra beräkningssättet baseras på resultat ur Forsberg m.fl. 2021. Den rapporten tar enbart med hälsoeffekten, men kostnaderna är betydligt högre värderade jämfört med ASEK. Den totala kostnadsminskningen i det fallet blir 369 900 kr. Då är inte CO₂-utsläppens kostnad inräknade. En kombination mellan kostnad för hälsa baserad på Forsberg m.fl. 2021 samt kostnaden för CO₂-utsläpp från ASEK skulle ge en högre totalkostnad. I varken det ena eller andra beräkningssättet finns hälsokostnader kopplade till NO_x utsläpp eller NO₂-halter.

Oavsett om ASEK eller Forsberg m.fl. 2021 används för beräkningen av de sparade kostnaderna så är det en större kostnad kopplad till slitagepartiklar jämfört med avgaspartiklar (PM2.5). Detta trots att kostnaden per kg är betydligt större för PM2.5 jämfört med PM10. Detta visar att de förhållanden vi har i Sverige med periodvis höga PM10 halter från slitage ger en större kostnad än avgasutsläppen. Om den utvecklingen som sker nu i fordonsparken med både elektrifiering och minskade utsläpp från dieslbilar gör att i den närmsta framtiden kommer kostnaderna för slitagepartiklar kan komma att bli ännu mer dominerande i den närmsta framtiden.

För att få större effekt på minskade kostnader gäller samma som för luftkvaliteten. Det gäller att få större utsläppsminskningar genom att antingen ha fler tillfällen med aktiverad VH eller att hastighetsgränsefterlevnaden är större under de tillfällen som budskapet om VH visas. Allra helst både fler VH-tillfällen och större hastighetsefterlevnad.

De totala besparingar som gjorts baserat på VHs påverkan på trafiken under år 2021, där trafiksäkerhets- och framkomlighetseffekterna summeras till miljö- och hälsoeffekterna, redovisas i delmoment 9 inom projektet [16].

Referenser

1. FoI-portfölj Möjliggöra, Trafikverket.
2. HBEFA 4.1., Handbook for Emission Factors 4.1, 2019, www.hbefa.net
3. SLB-rapport 19:2020. Resultat av mätningar av luftföroreningar vid E4/E20 i Hallunda år 2020. Delredovisning inom projektet ”Aktiv trafikstyrning för förbättrad luftkvalitet och minskad klimatpåverkan utmed statligt vägnät”.
4. SLB-rapport 37:2020. Fordonssammansättning kopplat till HBEFA 4.1 vid E4.20, samt hastighet- och trafikflödesprofiler. Delredovisning inom projektet, Aktiv trafikstyrning för förbättrad luftkvalitet och minskad klimatpåverkan utmed statligt vägnät. Delmoment 2.
5. SLB-rapport 42:2020. Beräkning av emissionsfaktorer i verklig körning. Delredovisning inom projektet, Aktiv trafikstyrning för förbättrad luftkvalitet och minskad klimatpåverkan utmed statligt vägnät. Delmoment 3.
6. SLB-rapport 48:2020. Förväntade effekter av variabel hastighet. Delredovisning inom projektet, Aktiv trafikstyrning för förbättrad luftkvalitet och minskad klimatpåverkan utmed statligt vägnät. Delmoment 5.
7. SLB-rapport 6:2021. Samlad analys av trafik och luftkvalitetsdata, samt framtagning av effektsamband mellan trafikdata och luftkvalitetsdata. Delredovisning inom projektet ”Aktiv trafikstyrning för förbättrad luftkvalitet och minskad klimatpåverkan utmed statligt vägnät”, delmoment 4.
8. SLB-rapport 15:2021. Resultat av mätningar av luftföroreningar vid E4/E20 i Hallunda år 2020. Delredovisning inom projektet ”Aktiv trafikstyrning för förbättrad luftkvalitet och minskad klimatpåverkan utmed statligt vägnät”.
9. SLB-rapport 36:2021. Luften du andas - nu och de kommande dagarna. Utveckling av ett automatiskt prognosystem för luftföroreningar och pollen.
10. SLB-rapport 12:2022. Resultat av mätningar av luftföroreningar vid E4/E20 i Hallunda år 2021 samt jämförelse med tidigare år. Delredovisning inom projektet ”Aktiv trafikstyrning för förbättrad luftkvalitet och minskad klimatpåverkan utmed statligt vägnät”. Delmoment 6.
11. SLB-rapport 22:2022. Fordonssammansättning kopplat till HBEFA 4.1 vid E4.20, samt hastighet- och trafikflödesprofiler 2021. Delredovisning inom projektet, Aktivtrafikstyrning för förbättrad luftkvalitet och minskad klimatpåverkan utmed statligt vägnät. Delmoment 7.
12. SLB-rapport 26:2022. Beräkning av emissionsfaktorer i verklig körning. Delredovisning inom projektet, Aktivtrafikstyrning för förbättrad luftkvalitet och minskad klimatpåverkan utmed statligt vägnät. Delmoment 3b.
13. A coupled road dust and surface moisture model to predict non-exhaust road traffic induced particle emissions (NORTRIP). Part 1: Road dust loading and suspension modelling. B.R. Denby, I. Sundvor, C. Johansson, L. Pirjola, M. Ketzler, M. Norman, K. Kupiainen, M. Gustafsson, G. Blomqvist, G. Omstedt <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2013.04.069>
14. Bättre metoder att beskriva hälsovinster av minskad luftföroreningsexponering från vägtrafik” av Forsberg mfl (2021). TRV 2021:253
15. Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 7.0 https://bransch.trafikverket.se/contentassets/4b1c1005597d47bda386d81dd3444b24/asek-2021/asek-7_0-hela-rapporten-210601.pdf

16. Trafikeffekter vid införande av varierande hastighetsgränser på E4/20 mellan trafikplats Hallunda och trafikplats Fittja. FOI-projekt: Aktiv trafikstyrning för förbättrad luftkvalitet och minskad klimatpåverkan utmed statligt vägnät. Delmoment 9.

SLB-analys, Miljöförvaltningen i Stockholm.
Tekniska nämndhuset, Fleminggatan 4.
Box 8136, 104 20 Stockholm.
www.slb.nu

