

SLUTRAPPORT

Bullerskärmars inverkan på luftkvalitet



Trafikverket

Postadress: Solna strandväg 98, 172 90 Sundbyberg

E-post: trafikverket@trafikverket.se

Telefon: 0771-921 921, Texttelefon: 010-123 50 00

Konfidentialitetsnivå: 1

Dokumenttitel: Bullerskärmars inverkan på luftkvalitet

Författare: Christer Johansson, Michael Norman, Max Elmgren, Michelle Benyamine Remahl, Pkvh

Dokumentdatum: 2023-02-27

Ärendenummer: TRV 2020/43588

Version: 1.0

Kontaktperson: Michelle Benyamine Remahl

Publikationsnummer: 2023:035

ISBN 978-91-8045-151-2

Foto: Michael Norman

Innehåll

Sammanfattning	4
Summary	5
1 Syfte och mål.....	6
1.1 Syfte.....	6
1.2 Mål	6
2 Bakgrund.....	6
3 Genomförande	7
3.1 Kunskapssammanställning.....	7
3.2 Mätningar av luftföroreningshalter	8
3.3 Beräkningar av luftföroreningshalter.....	8
3.3.1 Förenklad beräkningsmodell, RLINE modellen.....	9
3.3.2 CFD modellen	9
3.3.3 Beräkningar av skärmars betydelse för hälsa.....	9
4 Resultat.....	10
4.1 Kunskapssammanställning.....	10
4.1.1 Generella slutsatser	10
4.1.2 Försämrade luftkvalitet och ökad exponering	10
4.1.3 Vegetation.....	11
4.2 Resultat från mätningarna	11
4.3 Modellberäkningar.....	12
4.3.1 CFD Bergslagsvägen	12
4.3.2 Känslighetstester av RLINE.....	13
4.3.3 Jämförelse mätningar och RLINE.....	13
4.3.4 RLINE för beräkning av hälsopåverkan	14
4.3.5 Jämförelse av skärmeffekt med andra typer av åtgärder	14
5 Diskussion och slutsatser	15

Sammanfattning

Syftet med projektet har varit att med hjälp av mätningar och beräkningar undersöka hur luftkvalitet påverkas av höjd och utformning på samt växtlighet i anslutning till bullerskärmar beroende på trafikflöden, hastigheter, meteorologi, befintlig bebyggelse och topografi i omkringliggande område. Målen var att kvantifiera betydelsen av bullerskärmar för luftkvalitet längs med statligt vägnät, ta fram en förenklad respektive avancerad modell för beräkning av bullerskärmars betydelse för luftkvalitet samt kartlägga befintliga och framtida sträckor med hjälp av den förenklade modellen där bullerskärmar skulle kunna användas som multifunktionell åtgärd.

Projektet inleddes med en kunskapssammanställning, som följdes av mätningar och slutligen beräkningar med en avancerad och en förenklad modell. Resultaten visar att implementeringen av den enkla beräkningsmodellen RLINE i Airviro systemet, gav en god överensstämmelse med mätningar och resultaten av den mer avancerade beräkningsmodellen CFD (Computational Fluid Dynamics modell). Resultaten i studien bekräftar vidare slutsatserna i litteratursammanställningen att skärmar har en positiv effekt på trafikgenerade luftföroreningar. Men det förutsätter att skärmarna är minst 4 meter. Resultaten från modellberäkningarna med skärmar längs E4/E20 och E18 indikerar att befolkningsexponeringen minskar om skärmarna är tillräckligt höga. Med en 2 meter hög skärm uteblir i stort sett effekten av skärmen.

Slutsatsen av att jämföra bullerskärmar med andra typer av åtgärder för förbättrad luftkvalitet, så som minskade dubbdäcksandelar och sänkta hastigheter, visar att i områden där både bullernivåer och luftföroreningshalter är höga är det mest lämpligt att utföra åtgärder med minst 4 meter höga bullerskärmar i kombination med minskad dubbdäcksanvändning och sänkta hastigheter.¹ Då Trafikverket inte ensam har rådighet över dubbdäcksanvändningen, och hastighetsefterlevnaden i olika projekt visat sig vara svag vid hastighetssänkningar², så skulle höga bullerskärmar kunna löna sig samhällsekonomiskt om positiva hälsoeffekter från både minskad buller- och luftföroreningsexponering värderas i analysen.

¹ Se vidare delrapport 9: *Analys av övriga trafikala effekter samt samhällsekonomisk analys av införande av varierande hastighetsgränser* (Trafikverket 2022, Publ. nr. 2022:189) i Forsknings- och innovationsprojektet: *Aktiv trafikstyrning för förbättrad luftkvalitet och minskad klimatpåverkan utmed statligt vägnät*.

² Trafikverket (2022). *Aktiv trafikstyrning för förbättrad luftkvalitet och minskad klimatpåverkan*. Publikationsnummer: 2022:096

Summary

The purpose of the project has been to use measurements and calculations to investigate how air quality is affected by the height and design of and vegetation in connection with noise screens depending on traffic flows, speeds, metrology, existing buildings and topography in the surrounding area. The goals were to quantify the importance of noise screens for air quality along the state road network, develop a simplified and advanced model for calculating the importance of noise screens for air quality, and map existing and future routes using the simplified model where noise screens could be used as a multifunctional measure.

The project began with a knowledge compilation, which was followed by measurements and finally calculations with an advanced and a simplified model. The results show that the implementation of the simple calculation model RLINE in the Airviro system, was in good accordance with measurements and the results from the more advanced calculation model CFD (Computational Fluid Dynamics model). The results of the study further confirm the conclusions in the literature review that screens have a positive effect on traffic-generated air pollution. But it assumes that the screens are at least 4 meters. The results from the model calculations with screens along E4/E20 and E18 indicate that population exposure is reduced if the screens are high enough. With a 2 meter high screen, the effect of the screen is largely absent.

The conclusion of comparing noise screens with other types of measures for improved air quality, such as reduced studded tire shares and reduced speeds, shows that in areas where both noise levels and air pollution levels are high, it is most appropriate to carry out measures with noise screens at least 4 meters high in combination with reduced studded tire use and reduced speeds. Since the Swedish Transport Administration does not have sole decision over the use of studded tires, and speed compliance in various projects has been shown to be weak in the case of speed reductions, high noise barriers could pay off economically if positive health effects from both reduced noise and air pollution exposure are valued in the analysis.

1 Syfte och mål

1.1 Syfte

Syftet med projektet har varit att med hjälp av mätningar och beräkningar undersöka hur luftkvalitet påverkas av höjd och utformning på samt växtlighet i anslutning till bullerskärmar beroende på trafikflöden, hastigheter, befintlig bebyggelse och topografi i omkringliggande område. Den förhärskande vindriktningen är också avgörande för hur luftföroreningshalterna utvecklar sig längs med högtrafikerade vägar.

1.2 Mål

Målen har varit att

- kvantifiera betydelsen av bullerskärmar för luftkvalitet längs med statligt vägnät
- ta fram en förenklad respektive avancerad modell för beräkning av bullerskärmars betydelse för luftkvalitet
- kartlägga befintliga och framtida sträckor med hjälp av förenklad modell där bullerskärmar skulle kunna användas som multifunktionell åtgärd.

2 Bakgrund

Miljökvalitetsnormerna (MKN) för luft överskrids på vissa platser längs med statligt vägnät där Trafikverket är verksamhetsutövare. MKN är ”absoluta” i den mån att de inte kan avvägas gentemot andra intressen. EU-direktiv styr Sveriges regelsystem för MKN för utomhusluft. Miljöbalken (MB, SFS 1998:808) tillsammans med förordningar, föreskrifter och allmänna råd implementerar regler och krav uppsatta i EU-direktiven i svensk lagstiftning. För Trafikverket som verksamhetsutövare över statliga vägar och järnvägar innebär det att myndigheten ska ”utföra de skyddsåtgärder, iaktta de begränsningar och vidta de försiktighetsmått i övrigt som behövs för att förebygga, hindra eller motverka att verksamheten eller åtgärden medför skada eller olägenhet för människors hälsa eller miljön” (2 kap. 2,3 §§ MB), i detta sammanhang orsakat av exponering för luftföroreningar.

I nuläget har Trafikverket rådighet över få skyddsåtgärder för att minska luftföroreningshalterna längs med statligt vägnät. I samband med omfattande utbyggnad av infrastruktur i Sveriges tätorter, där luftföroreningshalter riskerar att överskrida eller redan överskrider MKN, kan nuvarande skyddsåtgärder vara otillräckliga. Innovativa, helst multifunktionella åtgärder är därför värdefulla att undersöka. Skärmar av

olika höjd, design med eller utan vegetation kan vara en sådan åtgärd som skyddar mot både buller och luftföroreningshalter.

3 Genomförande

Projektets genomförande, resultat och slutsatser är redovisade i tre delrapporter publicerade av SLB-analys: [Samtliga rapporter \(slbanalys.se\)](https://slbanalys.se). Arbetet inleddes med en kunskapssammanställning baserat på tidigare publicerade studier, delrapport 1: *Bullerskärmar som åtgärd mot höga halter av luftföroreningar. Sammanställning av kunskapsläget*.³ Mätningar pågick därefter under tre månader vid två olika skärmar, två vårvintersäsonger efter varandra; år 2021 och 2022, delrapport 2: *Bullerskärmars inverkan på luftkvaliteten. Utvärdering av mätningar 2021 och 2022*.⁴ Beräkningar genomfördes slutligen med en förenklad och en avancerad modell, delrapport 3: *Bullerskärmars inverkan på luftkvaliteten. Modellberäkningar 2021 och 2022*.⁵ Med den förenklade modellen beräknades minskningen i befolkningens exponering och antalet förtida dödsfall för scenarier med skärmar av olika höjd längs delar av E4/E20 söderut respektive E18 norrut i Region Stockholm.

3.1 Kunskapssammanställning

Projektet inleddes med en sammanställning av kunskapsläget baserat på en litteraturstudie med fokus på vetenskapliga publikationer under de senaste 20 åren. Sökningar skedde huvudsakligen via Google, Google Scholar⁶, Web of Science⁷, Scopus⁸ och Science Direct⁹. Exempel på sökord

³ Johansson C. (2021). Bullerskärmar som åtgärd mot höga halter av luftföroreningar. Sammanställning av kunskapsläget. SLB 22:2021

⁴ Norman M. och Elmgren M. (2022). Bullerskärmars inverkan på luftkvaliteten. Utvärdering av mätningar 2021 och 2022. SLB 51:2022.

⁵ Johansson C. Säll B. och Schlesinger (2023). Bullerskärmars inverkan på luftkvaliteten. Modellberäkningar 2021 och 2022. SLB 20:2023.

⁶ Googles forskare indexerar hela texten i vetenskaplig litteratur över en rad publiceringsformat och discipliner. Googles scholarindex innehåller de flesta peer-reviewed online-tidskrifter i Europa och Amerikas största vetenskapliga utgivare.

⁷ Web of Science består av databaser som innehåller information som samlats in från tusentals vetenskapliga tidskrifter, böcker, bokserier, rapporter och mer.

⁸ Scopus är en abstrakt och citatdatabas som innehåller både vetenskaplig granskad forskningslitteratur och kvalitetskällor på nätet. Med över 19 000 titlar från mer än 5 000 internationella förlag erbjuder Scopus forskning inom vetenskapliga, tekniska, medicinska och samhällsvetenskapliga områden och, nyligen, även inom konst och humaniora.

⁹ ScienceDirect erbjuder tidskriftsartiklar och bokkapitel från mer än 2500 peer-reviewed tidskrifter och mer än 11000 böcker. Det finns för närvarande mer än 9,5 miljoner

som användes var "noise screens" eller "noise barriers" eller "roadside infrastructure" OCH "air quality" eller "air pollution" eller "near-road air quality".

Sammanställningen innefattade både modellstudier och mätningar som genomförts både under verkliga förhållanden och i olika vindtunnlar. Även översiktsartiklar som behandlar åtgärder för att minska utsläpp och haltbidrag från vägtrafiken inkluderades.

3.2 Mätningar av luftföroreningshalter

Lämpliga befintliga skärmar med olika höjd och utformning undersöktes i syfte att hitta lämpliga studieplatser längs med gator och vägar i Region Stockholm. Mätningar beslutades genomföras dels vid en befintlig 2,2 meter hög skärm på Bergslagsvägen i Stockholm, våren (mars – juni) 2021, dels vid en temporär 4 meter hög skärm på Norrortsleden i Täby, våren (mars – juni) 2022. Den 4 meter höga skärmen vid Norrortsleden var en påbyggnad av en del av en längre 2 meter hög skärm så här kunde både en 4 och en 2 meter hög skärm studeras.

Halter av partiklar (PM₁₀), kväveoxider (NO_x) och kvävedioxid (NO₂) mättes med aktiva metoder (15 minuters medelvärden) för utpekade skärmar. Halterna mättes samtidigt på båda sidorna av vägen, utan skärm samt bakom skärmen. Genom att mäta på båda sidorna av vägen erhöles den lokala trafikens bidrag till halterna, som är den del av de totala halterna som skärmen påverkar. Mätningen bakom skärmen visar betydelsen av skärmen för halterna i förhållande till situationen utan skärm. Halterna av NO_x och NO₂ mättes även på flera platser med passiv metod som gav veckomedelvärden. Förutom luftföroreningshalter mättes vindriktning, vindhastighet och turbulens (delvis mått på stabiliteten). Trafikens utsläpp beräknades med hjälp av HBEFA-modellen med hänsyn till hastigheter och fordonssammansättning.

3.3 Beräkningar av luftföroreningshalter

Beräkningar genomfördes för att undersöka betydelsen av skärmars höjd och meteorologi samt hur halterna varierar med avstånd och höjd över marken. För mer avancerade beräkningar användes en tredimensionell strömningsmodell, CFD (Computational Fluid Dynamics modell) som bidrog till att undersöka om byggnader nedströms skärmen påverkar halterna. Dessutom användes en förenklad Gaussisk linjekällsmodell, RLINE. Syftet med denna förenklade modell var främst att kunna beräkna

artiklar/kapitel, en innehållsbas som växer med en hastighet på nästan 0,5 miljoner tillägg per år.

påverkan på årsmedelhalterna i större områden där befolkningens exponering och hälsoeffekter kunde uppskattas.

3.3.1 Förenklad beräkningsmodell, RLINE modellen

RLINE modellen, som är en del i en amerikansk modell Aermod (AMS/EPA Regulatory Model, Aermod, 2021), implementerades i Airviro systemet¹⁰. För varje väglänk specificerades höjden på skärmen, avstånd från vägmitt och på vilken sida av vägen som skärmen är placerad, eller om det finns skärm på båda sidorna. Modellen tar inte hänsyn till byggnader eller topografi som påverkar spridningen av luftföroreningar. RLINE modellen testades dels för att kontrollera att modellen ger rimliga resultat i förhållande till vad som rapporteras i litteraturen, dels för att se hur känsliga resultaten är för olika parametrar. Testerna gjordes över en plan, homogen yta för att renodla testerna så att inga topografiska effekter påverkar meteorologin och halterna.

3.3.2 CFD modellen

I denna studie genomfördes CFD modelleringarna med det så kallade MISKAM programmet. CFD modellen är mycket beräkningskrävande men kan ta hänsyn till mycket komplicerade förhållanden som påverkar luftomblandningen och ger information om halternas rumsliga fördelning med en upplösning på någon meter.

3.3.3 Beräkningar av skärmars betydelse för hälsa

Med hjälp av RLINE modellen beräknades påverkan på befolknings-exponering och hälsoeffekter av 2, 4, 6 och 8 meter höga skärmar jämfört med utan skärmar. Beräkningarna genomfördes för förhållandevis tätbefolkade områden som påverkas av utsläppen från E4/E20 i sydvästra Stockholm och E18 nordost om Stockholm.

Hälsonyttan med förbättrad luftkvalitet tack vare bullerskärmar jämfördes slutligen med två andra åtgärdestyper; minskad dubbdäcksandel samt sänkta skyltade hastigheter.

¹⁰ Airviro är ett web baserat luftövervakningssystem som används för data lagring, emissionsinventeringar och spridningsberäkningar av luftföroreningar i olika utredningar och inom forskning. Det används av Östra Sveriges Luftvårdsförbund där Trafikverket Region Stockholm är medlem.

4 Resultat

4.1 Kunskapssammanställning

4.1.1 Generella slutsatser

Tidigare studier baserat på mätningar och/eller modellberäkningar visar att luftföroreningshalter kan vara väsentligt lägre bakom bullerskärmar som placerats längs hårt trafikerade motorvägar. Exempel på resultat:

- minst 15 procent lägre partikel- och kolmonoxidhalter (Baldauf et al., 2008)
- 45 – 50 procent lägre halter av antal partiklar (Ning et al., 2010)
- 15 - 61 procent lägre spårgashalter beroende på höjden på bullerskärmen (Hagler et al., 2011)

Höjden på skärmen har stor betydelse för hur mycket lägre halterna blir bakom skärmen, och även hur långt nedströms från skärmen som halterna påverkas. En **skärm på vardera sidan av vägen** ger större effekt jämfört med bara en skärm på ena sidan. Skärmens **utformning** kan också ha betydelse så som dess bredd, om den är T-formad, böjd mot eller från vägen etc.

Jämförelser med olika studiers resultat från mätningar i vindtunnlar och i anslutning till skärmar vid vägar, visar att relativt enkla modeller kan användas för att analysera potentiella effekter av skärmar på luftföroreningshalterna. Mer avancerade beräkningar med strömningsmodeller kan användas för att ta hänsyn till mer komplexa förhållanden där luftomblandningen påverkas av topografi och byggnader. Hittills har inverkan av fotokemi och partikeldynamik inte studerats. Studier har även utförts på skärmars effekt på ozonhalter, som visar på något högre halter bakom skärmen jämfört med utan skärm. Detta beror dels på att skärmen ökar turbulensen som leder till att ozonhaltig luft på högre höjd över marken (total meter) blandas ner till marknivå, dels på att minskade halter av kväveoxid (NO) (tack vare ökad utspädning av trafikens utsläpp) leder till minskad kemisk destruktion av ozon (reaktionen mellan NO och ozon får mindre betydelse).

4.1.2 Försämrade luftkvalitet och ökad exponering

En del studier, både mätningar och beräkningar, visar att halterna är högre i vägbaneområdet uppströms skärmen, vilket skulle kunna betyda att trafikanternas exponering ökar något med skärmar även om effekten troligen är marginell sett till trafikanternas totala exponering. Däremot visar vissa studier att halterna i vägbaneområdet ökat med flera 100 % beroende på geometrin (skärmhöjd, en eller två skärmar, avstånd till trafik och meteorologiska förhållanden). Liknande effekt fås om vägen är nersänkt i förhållande till markplanet.

En del mätningar och beräkningar visar att halterna på längre avstånd bakom skärmen (motsvarande ca 20 till 50 gånger skärmens höjd) kan vara något högre med skärmar jämfört med utan. Potentiellt kan detta öka en del av befolkningens exponering och motverka den positiva effekten av skärmen. Effekten beror på de meteorologiska förhållandena. Sannolikt har även topografi, förekomst av byggnader och annat som påverkar omblandningen stor betydelse för om exponeringen ökar med eller utan skärm, även om detta inte studerats i detalj.

4.1.3 Vegetation

Förekomsten av vegetation i anslutning till bullerskärmen kan enligt litteraturöversikten ha viss betydelse för halterna beroende bland annat på hur tät och hög vegetationen är. Enligt en del studier beror betydelsen av vegetation främst på dess påverkan på luftomblandningen, men för vissa luftföroreningar med hög depositions hastighet, såsom ultrafina partiklar ($<0,1\ \mu\text{m}$) och större slitagegenererade partiklar ($>1\ \mu\text{m}$), kan depositionen på vegetationen bidra till att ytterligare reducera halterna jämfört med skärmar utan vegetation. Men de kvantitativa effekterna på halter orsakade av vegetation på skärmar är mycket osäkra på grund av avsaknad av mätdata. Effekten av vegetation har inte heller undersökts närmare med mätningar och modelleringar inom detta projekt.

4.2 Resultat från mätningarna

Förutom skillnader i höjd på de två respektive skärmarna där mätningar utfördes, var de meteorologiska förhållandena, fordonshastigheterna och trafikflödena olika vid Bergslagsvägen jämfört med Norrortsleden.

Enligt de aktiva mätningarna 10 meter från vägen, uppmättes i snitt 20 procent lägre halter av NO_x bakom den 2 meter höga skärmen vid Bergslagsvägen jämfört med utan skärm. Topografin och eventuellt även den 2 meter höga skärmen, bidrog till en kanalisering av vinden längs med vägen vilket gjorde att skärmen sänkte luftföroreningshalten under nästan samtliga tillfällen. Vid den öppna Norrortsleden minskade däremot halterna enbart då det blåste från vägen mot den 4 meter höga skärmen då det i genomsnitt uppmättes ungefär 20 procent lägre halter bakom skärmen. Vid Norrortsleden noterades även att halterna precis bakom skärmen minskade mer jämfört med bakom den 2 meter höga skärmen, men effekten var som sagt beroende av vindriktningen.

Skärmeffekten på NO_x -halterna minskade med avståndet bakom skärmen. Vid Bergslagsvägen kunde ingen skillnad observeras 40 meter från den 2 meter höga skärmen. Vid Norrortsleden uppmättes i genomsnitt en liten (upp till 10 procent) skillnad på 20 meter avstånd från den 4 meter höga skärmen.

För PM10 varierade resultaten mer, både mellan platserna, men också under säsongen. Vid Bergslagsvägen var de genomsnittliga halterna ungefär 6 procent lägre bakom den 2 meter höga skärmen. Vid Norrortsleden var halterna ungefär 25 procent lägre bakom den 4 meter höga skärmen vid sydliga vindar.

4.3 Modellberäkningar

4.3.1 CFD Bergslagsvägen

En 3-dimensionell strömningsmodell (CFD: Computational Fluid Dynamics) användes för att undersöka effekten av bullerskärmen längs Bergslagsvägen. Beräkningarna användes för att analysera variationen i halterna beroende på höjd över marken, avstånd från skärmen samt för att se hur halterna påverkas av:

- skärmens höjd (2 eller 4 meter samt utan skärm)
- hur fordonsemissionerna är fördelade
- närliggande byggnaders effekt

På höjder lägre än skärmhöjden har bullerskärmen en avskärmande effekt på haltbidraget från vägen. En 4 meter hög skärm har större avskärmande effekt än en 2 meter hög skärm. En 4 meter hög skärm leder också till högre halter på vägbanan. I fallet med en 2 meter hög bullerskärm syns det att halterna som ansamlas på vägbanan till följd av skärmens avskärmande effekt spiller över skärmen, och halterna i området direkt bakom skärmen blir högre med skärm än utan. I fallet med en 4 meter hög skärm syns inte samma överspill utan halterna är lägre med bullerskärm än utan trots att halterna på vägbanan är betydligt högre jämfört med utan skärm. Däremot sprids halterna in över ett större område där skärmen tar slut.

Halternas relativa variationer beroende på avstånd från skärmen är samma för NO_x och PM10 om man antar att det bara är utspädningen på grund av luftens turbulens som påverkar halterna, det vill säga ingen deposition på skärm eller andra ytor. Halten på 2 meters höjd bakom en 2 meter hög skärm beräknas vara högre än utan skärm på upp till ca 13 meter från skärmen. I zonen 3 meter bakom skärmen är haltskillnaden som högst, ca 30 procent högre med skärm än utan. På avstånd längre än 13 meter från skärmen är halten ca 6 procent lägre med skärm än utan för båda ämnena. För en 4 meter hög skärm är halten lägre med än utan skärm oavsett avstånd från skärmen. Störst minskning beräknas ca 10 meter från skärmen med 20 procent lägre halt med än utan skärm.

4.3.2 Känslighetstester av RLINE

Känslighetstester av RLINE utfördes för att säkerställa att RLINE modellen som implementerats i Airvirosystemet ger resultat som överensstämmer med litteraturen och CFD beräkningar. Därvid genomfördes beräkningar för en rad olika meteorologiska fall och olika skärnhöjder.

Generellt förändras halterna bakom (nedströms) en bullerskärm genom att de förs med luften över skärmen, fördelas horisontellt och vertikalt och späds ut. Haltändringarna på olika höjder över marken och avstånd från skärmen beror på skärnhöjd och meteorologiska förhållanden med komplexa, icke-linjära samband. I de fall då det blåser kraftigt (≥ 8 m/s) 90 grader (vinkelrätt) i förhållande till skärmen, kan skärmen ge upphov till halter som är högre än eller samma som utan skärm på vissa avstånd ≥ 100 m, vilket också noterats i tidigare studier och som nämns i litteraturstudien.

Enligt RLINE modellen har avståndet från väggkanten till skärmen endast en liten betydelse för halterna bakom en skärm. Precis som CFD modellen visar så ger RLINE modellen högre halter än utan skärm uppströms från skärmen (på vägsidan).¹¹ Testerna visar att resultaten som erhålls med RLINE modellen överensstämmer med vad som skulle förväntas baserat på studier publicerade i den vetenskapliga litteraturen och med CFD beräkningar.

4.3.3 Jämförelse mätningar och RLINE

Modellberäkningar med RLINE jämfördes med uppmätta halter i anslutning till skärmen vid Norrortsleden. För att kunna jämföra beräkningarna med uppmätta halter definierades ett antal kriterier:

- Endast vardagar (data från 25 februari – 31 maj 2022)
- Endast sydliga vindar med vindriktningar mellan 110 och 230 grader med vindhastigheter $> 1,5$ m/s
- Endast värden då NO_x halterna bakom skärmen var > 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Med dessa kriterier var överensstämmelsen mellan modellen RLINE och uppmätta halter mycket bra. Determinationskoefficienten R^2 var 0.7 och lutningen var 0.70 ± 0.24 utan signifikant bias. Det betyder att modellen verkar ge rimliga kvantitativa effekter av en bullerskärm på halterna av inerta ämnen. Modellen kan däremot inte ta hänsyn till byggnadseffekter, depositionsprocesser eller vegetationseffekter.

¹¹ Se figurer i delrapport 3.

4.3.4 RLINE för beräkning av hälsopåverkan

Som nämnts ovan genomfördes beräkningar med RLINE av befolknings-exponering och hälsoeffekter över större tätbefolkade områden omkring E4/E20 och E18. Beräkningarna avsåg ett årsmedelvärde 2 meter över marken och genomfördes med 2, 4, 6 respektive 8 meter hög skärm samt utan skärm. De simulerade bullerskärmarna löper 2 meter från väggkanten längs hela vägsträckningen. Beroende på skärmens höjd kan halterna vara något högre med skärm än utan, men på ett avstånd på 10-20 meter från skärmen är halterna 2 meter över marken lägre med skärm än utan skärm, och det detta gäller även för en skärm som bara är 2 meter hög. Med en 4 meter hög skärm är halterna 5 till 10 procent lägre och med en 8 meter hög skärm 10 till 20 procent lägre jämfört med utan skärm. Minskningen är lite större söder om E4/E20 och E18 jämfört med norr om, vilket skulle kunna bero på frekventare förekomster av något lägre vindhastigheter och/eller något mer stabila meteorologiska situationer vid nordliga vindar jämfört med sydliga.¹²

Även om förändringen i de befolkningsviktade halterna var liten så blev påverkan på antal färre förtida dödsfall inte försumbar, i alla fall med en skärm som är 4 meter eller högre. I fallet med E4/E20 beräknades ca 5 färre förtida dödsfall per 100 000 invånare med 4 meter hög skärm, något fler om skärm simulerades på båda sidorna om motorvägen. Med en 8 meter hög skärm uppskattades 13 färre förtida dödsfall per 100 000 invånare. För E18 visade resultatet något lägre hälsovinster med upp till 10 färre förtida dödsfall per 100 000 invånare med 8 meter höga skärmar på båda sidor om motorvägen.

4.3.5 Jämförelse av skärmeffekt med andra typer av åtgärder

Vid jämförelse av bullerskärmar med andra typer av åtgärder för förbättrad luftkvalitet, så som minskade dubbdäcksandelar och sänkta hastigheter, visar det sig att bullerskärmar kan ha en viss positiv effekt beroende på hur hög skärmen är, hur nära människor vistas bakom skärmen samt på de meteorologiska förhållandena (vindriktning, vindhastighet och stabilitet som påverkar skärmens effekt på halterna). Sänker man dubbdäcksandelen så blir däremot haltminskningen proportionell mot utsläppsminskningen i hela området.

I fallet med E4/E20 skulle 4 och 8 meter höga skärmar minska befolkningsexponeringen (och därmed hälsoeffekterna associerade med exponeringen) med 4 respektive 12 procent jämfört med utan skärmar. En minskad dubbdäcksandel från 60 till 50 procent eller sänkta hastigheter

¹² Se figur 22 i delrapport 3.

från 80 till 70 km/h, skulle däremot minska befolkningsexponeringen (för PM₁₀) med 16 procent.

5 Diskussion och slutsatser

Studier vid de två testplatserna Norrortsleden och Bergslagsvägen visade att implementeringen av RLINE i Airviro systemet gav en god överensstämmelse med mätningar och kvalitativa resultat i överensstämmelse med CFD-beräkningar. RLINE kan däremot inte användas i komplexa situationer där topografi eller byggnader påverkar omblandningen. I sådana fall måste tredimensionella strömningsmodeller användas så som CFD modellen MISKAM. Modellen kan inte heller ta hänsyn till byggnadseffekter, depositionsprocesser eller vegetations-effekter. En större yta med vegetation kan enligt litteraturen däremot bidra till att PM₁₀-halterna minskar mer jämfört med NO_x-halterna, beroende på högre deposition av större partiklar (>1 µm).

Effekten av skärmar på den totala halten PM₁₀ och NO₂ beror på hur stort trafikens bidrag är till den totala halten. Om bidraget är litet blir skärm-effekten liten på den totala halten, vilket kan gälla för t ex årsmedelvärden av PM_{2.5}. För NO_x, grova partiklar och sotpartiklar är däremot oftast trafikens bidrag stort, vilket gör att skärmen kan ha stor betydelse för halterna.

Sammantaget bekräftar studien slutsatserna i litteratursammanställningen att skärmar har en positiv effekt på trafikgenerade luftföroreningar. Men det förutsätter att skärmarna är tillräckligt höga. En 2 till 3 meter hög skärm kan medföra högre exponeringshalter för gående och cyklister nära vägar med bullerskärmar jämfört med vägar utan skärm. För att säkerställa att eventuella gång- och cykeltrafikanter exponering längs med vägnätet inte ökar med skärmar bör skärmarna vara minst 4 meter höga. Samtidigt blir ökningen av dosen för en gång- eller cykeltrafikanter som passerar en 2-3 meter hög skärm ett par gånger om dagen (jämfört med att passera samma sträcka utan skärm) troligtvis försumbar i förhållande till den totalt inandade dosen under t ex en hel dag. Men om bullerskärmar lägre än 4 meter planeras sättas upp i ett område där det sedan tidigare visat sig finnas problem med luftkvalitet, bör fördjupade luftkvalitetutredningar utföras strax bakom och med ett lämpligt avstånd från platsen där skärm planeras.

Resultaten från modellberäkningarna med skärmar längs E4/E20 och E18 indikerar att befolkningsexponeringen minskar om skärmarna är 4 meter eller högre. Med en 2 meter hög skärm uteblir i stort sett effekten av skärmen. Vid jämförelse av bullerskärmar med andra typer av åtgärder för förbättrad luftkvalitet, så som minskade dubbdäcksandelar och sänkta hastigheter, visar det sig att bullerskärmar kan ha en viss positiv effekt. Sänker man istället dubbdäcksandelen eller hastigheten så minskar

utsläppen och därmed befolkningsexponeringen i högre grad jämfört med skärm och proportionellt mot utsläppsminskningen i hela området oberoende av avstånd till vägen och vindförhållanden. Men bullernivåerna sänks troligtvis inte i lika hög utsträckning. På platser där både bullernivåerna och luftföroreningshalterna är höga är det därför mest lämpligt att utföra åtgärder med minst 4 meter höga bullerskrämar i kombination med minskad dubbdäcksanvändning och sänkta hastigheter.¹³ Då Trafikverket inte ensam har rådighet över dubbdäcksanvändningen, och hastighetsefterlevnaden i olika projekt visat sig vara svag vid hastighetssänkningar¹⁴, så skulle höga bullerskrämar kunna löna sig samhällsekonomiskt om positiva hälsoeffekter från både minskad buller- och luftföroreningsexponering värderas i analysen.

RLINE modellen skulle fortsatt kunna användas för att beräkna betydelsen av bullerskrämars påverkan på luftkvaliteten på de antal platser längs det statliga vägnätet där åtgärdsvalsstudier (ÅVS) och vägplaner är igång och där både buller och luftkvalitet är eller kan komma att bli ett problem. I Stockholmsregionen är projekt igång för t ex väg 73, väg 222, E4/E20 söderut, Södertäljebroarna, Tvärförbindelse Södertörn, Häggvik-Rosenkälla (väg 265), E4/E18 Järvakilen samt E18 Bergshamra-Järva krog. I Göteborgsområdet skulle till exempel E45 Lilla bommen Marieholm, E6 syd väg 40 Kallebäcks-motet, ny förbindelse, E6/E20 söder om Västerleden för bullerskyddsåtgärder och ITS samt E6 bullerskydd Kvillestaden kunna vara aktuellt.

¹³ Se vidare delrapport 9: *Analys av övriga trafikala effekter samt samhällsekonomisk analys av införande av varierande hastighetsgränser* (Trafikverket 2022, Publ. nr. 2022:189) i Forsknings- och innovationsprojektet: *Aktiv trafikstyrning för förbättrad luftkvalitet och minskad klimatpåverkan utmed statligt vägnät*.

¹⁴ Trafikverket (2022). *Aktiv trafikstyrning för förbättrad luftkvalitet och minskad klimatpåverkan*. Publikationsnummer: 2022:096