

Bullerskärmares inverkan på luftkvaliteten

Utvärdering av mätningar 2021 och 2022

Michael Norman & Max Elmgren



Utfört på uppdrag av Trafikverket

SLB-analys, februari 2023

SLB 51:2022



Uppdragsnummer	2020060
Daterad	2023-02-24
Handläggare	Michael Norman
Status	Granskad av Christer Johansson

Förord

Denna utredning är genomförd på uppdrag av Trafikverket (FOI portföljen Bygga) av SLB-analys vid Miljöförvaltningen i Stockholm. Rapporten har sammanställts av Michael Norman och Max Elmgren. Projektledare på SLB-analys har varit Christer Johansson. Billy Sjövall, Magnus Brydolf och Peter Strömberg har bidragit till genomförandet av mätningarna.

Uppdragsgivare för utredningen är Michelle Benyamine-Remahl vid Trafikverket.

Innehåll

Sammanfattning	2
Inledning	3
Syfte	3
Mål	3
Mätningar	4
Instrument.....	4
Metod	4
Diffusionsprovtagare	4
Bergslagsvägen 2021	4
Norrortsleden 2022	4
Mätningar 2021, Bergslagsvägen	5
Mätningar 2022, Norrortsleden	8
Metod.....	12
Analys av de aktiva stationerna	12
Analys av de passiva provtagarna	12
Resultat.....	13
Resultat Bergslagsvägen	13
Trafik	13
Diffusionsprovtagare	13
Aktiva stationer.....	14
Vindriktning	17
Resultat Norrortsleden	18
Trafik	18
Luftkvalitet.....	18
Passiva provtagare	22
Avstånd från skärmen	23
Påverkan av höjd på skärmen	23
Vindriktning	24
Effekter av bullerskärm – en jämförelse mellan mätplatserna	24
Referenser	26

Sammanfattning

Syfte

Denna utredning har genomförts i syfte att kvantifiera betydelsen av skärmar genom mätningar för att undersöka om skärmar kan användas som åtgärd för förbättrad luftkvalitet.

Mätningar

Mätningarna har innefattat partiklar (PM₁₀), kväveoxider (NO och NO₂) och meteorologi (temperatur, fuktighet, vindhastighet och vindriktning). Mätningarna genomfördes vid Bergslagsvägen i Stockholm under våren (mars – juni) 2021. Vid Bergslagsvägen finns en 2,2 meter hög skärm mellan vägen och de kringliggande bostäderna. Andra delen av mätningarna genomfördes vid Norrortsleden i Täby under våren (mars – juni) 2022. Vid platsen byggdes en temporär 4 m hög skärm enkom för detta projekt.

Resultat

Förutsättningarna var olika mellan mätningarna vid Bergslagsvägen år 2021 och Norrortsleden år 2022. En skillnad var att skärmen intill Bergslagsvägen var 2,2 m och skärmen intill Norrortsleden var 4 m. Andra skillnader var att det var både lägre hastighet och lägre trafikflöde vid Bergslagsvägen jämfört med Norrortsleden.

För de aktiva mätningarna 10 meter från vägen uppmättes, vid Bergslagsvägen, i snitt 20 % lägre halter av NO_x bakom skärmen jämfört med utan skärm. Vid Norrortsleden så uppmättes det vid vind från vägen i genomsnitt 20 % lägre halter 10 m bakom skärmen. Precis bakom den 4 m höga skärmen uppmättes något större effekt intill Norrortsleden jämfört med den 2 m höga skärmen. Effekten av skärmen påverkas av vindriktningen. På Bergslagsvägen ledde topografin och skärmen till en kanalisering av vinden längs med vägen vilket gjorde att skärmen sänkte halten av luftföroreningar bakom skärmen under nästan samtliga tillfällen. Vid den öppna Norrortsleden däremot så påverkades enbart luftföroreningshalterna då det blåste från vägen mot skärmen.

Effekten på NO_x-halterna av skärmen minskade med avståndet bakom skärmen. Vid Bergslagsvägen så kunde ingen skillnad observeras 40 m från skärmen. Vid Norrortsleden uppmättes i genomsnitt en liten (upp till 10 %) skillnad på 20 m avstånd från skärmen.

För PM₁₀ varierade resultaten mer, både mellan platserna, men också under säsongen. Vid Bergslagsvägen var de genomsnittliga halterna ungefär 6 % lägre bakom skärmen och vid Norrortsleden ungefär 25 % lägre bakom skärmen vid sydliga vindar. Halterna av PM₁₀ uppvisar en tydlig säsongvariation beroende på mängden vägdamms från dubbade vinterdäck samt körbanan fuktighet. Det gör att både halterna och den utvärderade effekten varierar mer jämfört med NO₂.

Mätningarna visade också att halterna på vägsidan av skärmen är högre än vid motsvarande väg utan skärm.

Inledning

Trafikverket som är verksamhetsutövare på det statliga vägnätet ska vid behov vidta skyddsåtgärder och försiktighetsåtgärder för att hindra eller motverka att verksamheten medför skada eller olägenhet på människors hälsa eller miljön (Miljöbalken [1]). Trots de skyddsåtgärder som Trafikverket i dagsläget genomför så finns vägsträckor där lagstadgade miljö kvalitetsnormer (MKN) och framförallt preciseringarna i miljö kvalitetsmålet Frisk luft överskrids. Trafikverket har som mål att utöver miljö kvalitetsnormerna även klara Frisk luft intill sina vägar. Bullerskärmar intill vägarna skulle kunna vara en åtgärd som kompletterar befintliga åtgärder och på så sätt förhindrar att människor, men också omgivande miljö, utsätts för höga luftföroreningshalter från trafiken.

SLB-analys har mätt luftföroreningar intill Bergslagsvägen under våren (mars – juni) 2021 och vid Norrortsleden under våren (mars-juni) 2022. Båda mätningarna har skett i anslutning till skärmar intill vägarna. Mätningarna ingår i projektet ”Bullerskärmar som åtgärd mot höga halter av luftföroreningar”. Projektet är finansierat av Trafikverket via FOI-portfölj Bygga [2]. Projektet har innefattat såväl mätningar som modellberäkningar samt en sammanställning av kunskapsläget i en litteraturstudie. Modellberäkningarna redovisas i SLB-rapport 20:2023 [3] och litteraturstudien i SLB-rapport 22:2021 [4]. Delar av 2021 års mätningar och modellberäkningar har även redovisats i ett akademiskt examensarbete [5].

Syfte

Syftet är att med hjälp av mätningar undersöka hur en skärm påverkar luftkvaliteten längs med högratifierade vägar. Parametrar som påverkar resultaten som studerats är skärmens höjd, vindriktningen, trafikflödet och avståndet till skärmen.

Mål

Målen är att

- kvantifiera betydelsen av bullerskärmar för luftkvaliteten längs med statligt vägnät.

Specifikt ska effekten av skärmarna analyseras med hjälp av mätningar beroende på:

- höjden på skärmen
- avståndet från skärmen
- vindriktning
- hur påverkan varierar under dygnet

Mätningar

För samtliga mätningar inom projektet användes 15 minuters tidsupplösning som sedan beräknades till både timmedelvärden och dygnsmedelvärden.

Instrument

Partiklar (PM_{10}) mättes med TEOM 1400ab. Kväveoxider (NO_x) och kvävedioxid (NO_2) mäts med Environnement S.A (AC31M-LCD). NO_x är summan av kväveoxid (NO) och kvävedioxid (NO_2).

Metod

Mätningarna genomfördes med kontinuerliga mätinstrument för partiklar (PM_{10}) och kväveoxider (NO_x och NO_2) enligt referensmetoden eller godkänd likvärdig metod. Utöver mätinstrument för luftföroreningar mättes även meteorologiska parametrar; vindhastighet, vindriktning, temperatur och luftfuktighet.

Diffusionsprovtagare

Som komplement till de aktiva mätningarna av kväveoxider så användes även diffusionsprovtagare för NO_x och NO_2 . De benämns ofta som passiva provtagare. De har fördelen att de i princip kan placeras var som helst och att man kan mäta på flera platser samtidigt. Nackdelen är att de ger ett mätvärde under hela perioden som provtagaren suttit ute, dvs. ingen sortering kan göras på t.ex vindriktning.

Bergslagsvägen 2021

Under 2021 års mätningar vid Bergslagsvägen användes Ogawa provtagare från Umeå universitet, [6] Figur 1.



Figur 1. Ogawa provtagare för NO_x och NO_2 från Umeå universitet

Norrortsleden 2022

Under 2022 års mätningar på Norrortsleden användes provtagare från IVL, [7].

Mätningar 2021, Bergslagsvägen

Mätningarna under våren 2021 utfördes längs med Bergslagsvägen och visas i Figur 2. Vid platsen finns en bullerskärm som börjar strax öster om Bergslagsvägen 122 och som sträcker sig en lång bit västerut längs med Bergslagsvägen. Bullerskärmen vid platsen är 2,2 m hög. Ingen av mätstationerna har den verkliga adressen Bergslagsvägen. Men i denna rapport har de fått benämningar som adresser på Bergslagsvägen utifrån placeringen på kartan. Mätningarna pågick under perioden 4 mars till och med 10 juni 2021.



Figur 2. Mätplatserna vid Bergslagsvägen under våren 2021. Bullerskärmen är markerad med gult streck. De aktiva mätstationerna benämns A, B och C och placeringen för de passiva provtagarna 1, 2, 3, 4, 5 och 6.

Nedan följer en beskrivning av de olika mätplatserna i Figur 2 och Figur 3.

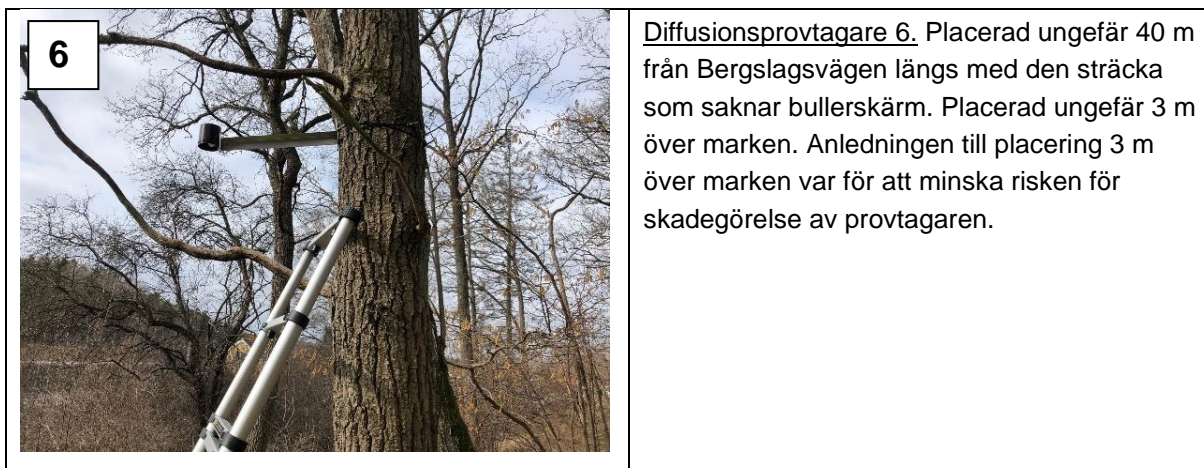
	<p>Mätstation A. På södra sidan av Bergslagsvägen benämns som Bergslagsvägen 139 i denna rapport. Den södra sidan av Bergslagsvägen saknar bullerskärm. Vid denna station fanns även en meteorologisk mast för mätning av framförallt vindriktning och vindhastighet.</p>
	<p>Mätstation B. Mätstationen på norra sidan och bakom bullerskärmen benämns Bergslagsvägen 120 i denna rapport. Den var placerad i anslutning till fastigheten Stolpvägen 20, men på fastighetens sida mot Bergslagsvägen. Stationen är placerad 10 m från bullerskärmen. Vid denna station fanns även en meteorologisk mast för mätning av framförallt vindriktning och vindhastighet.</p>



Figur 3. De tre aktiva mätstationerna intill Bergslagsvägen. Benämningen är samma som i Figur 2.



<p>3</p> 	<p><u>Diffusionsprovtagare 3.</u> Placerad på Stolpvägen. Ungefär 17 m från bullerskärmen och ungefär 3 m ovan marken. Anledningen till placering 3 m över marken var för att minska risken för skadegörelse av provtagaren.</p>
<p>4</p> 	<p><u>Diffusionsprovtagare 4.</u> Placerad på Stolpvägen. Ungefär 40 m från bullerskärmen och ungefär 3 m ovan marken. Anledningen till placering 3 m över marken var för att minska risken för skadegörelse av provtagaren.</p>
<p>5</p> 	<p><u>Diffusionsprovtagare 5.</u> Placerad intill Bergslagsvägen där ingen bullerskärm finns. Placerades på staketet. Placeringen var ungefär 1 m från Bergslagsvägen och ungefär 1 m över körbanan. Anledningen till placering 1 m över mark var att det var höjden på staketet.</p>

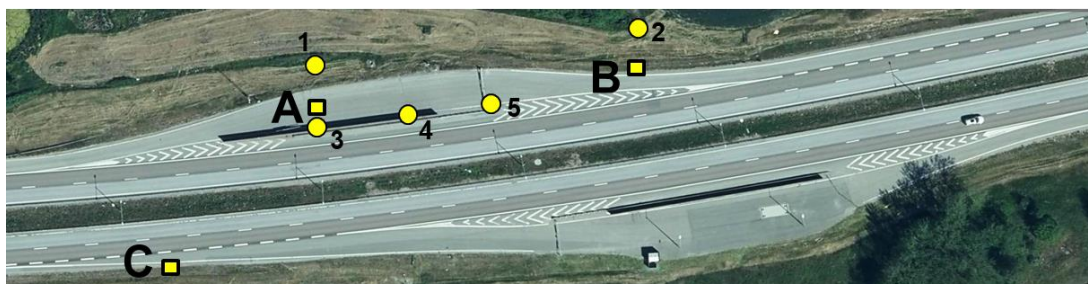


Figur 4. Placering för diffusionsprovtagarna intill Bergslagsleden våren 2021. De har samma benämning som i **Figur 2**.

Diffusionsprovtagarna vid Bergslagsvägen användes en vecka i taget under totalt tre veckor under perioden 24 mars till och med 14 april.

Mätningar 2022, Norrortsleden

Mätningarna under våren 2022 gjordes längs med Norrortsleden och visas i **Figur 5**. På platsen fanns en 60 m lång och 2 m hög skärm, **Figur 6**. För detta projekt utökades skärmhöjden till 4 meter på en sträcka av 25 m, **Figur 6**.



Figur 5. Mätplatserna intill Norrortsleden under våren 2022. Skärmen syns som en skugga i figuren. De aktiva mätstationerna benämns A, B och C och placeringen för de passiva provtagarna 1, 2, 3, 4 och 5.

Mätningarna vid Norrortsleden startade 24 februari 2022 och pågick t.o.m. 15 juni 2022. Datatäckningen var 100% under perioden.






Figur 6. Skärmen vid Norrortsleden inklusive den aktiva mätstationen bakom skärmen samt tre av punkterna för diffusionsprovtagare.

 <p style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">A</p>	<p><u>Mätstation A.</u> På norra sidan av Norrortsleden. 10 meter från körbanans slut och mitt för den 4 meter höga skärmdelen. Benämns även som Norrortsleden NV.</p>
 <p style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">B</p>	<p><u>Mätstation B.</u> På norra sidan av Norrortsleden. 10 meter från körbanans slut och längs en sträcka utan skärm. Benämns även som Norrortsleden NO.</p>
 <p style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">C</p>	<p><u>Mätstation C.</u> På södra sidan av Norrortsleden. Längs en sträcka utan skärm. Benämns även som Norrortsleden S.</p>

Figur 7. De tre aktiva mätstationerna intill Norrortsleden, med tillhörande beskrivningar. Benämningen är samma som i Figur 5 och Figur 6.

 <p style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">1</p>	<p><u>Diffusionsprovtagare 1.</u> Placerad 20 m från körbanan. I linje med den aktiva mätstationen bakom den 4 m höga skärmen. Ungefär 4 m över marken för att hamna på samma höjd som den aktiva stationen.</p>
---	--

	<p><u>Diffusionsprovtagare 2.</u> Placerad 20 m från körbanan. I linje med den aktiva mätstationen på norra sidan utan skärm. Ungefär 1,5 m över marken för att hamna på samma höjd som den aktiva stationen</p>
	<p><u>Diffusionsprovtagare 3.</u> Placerad på den 4 meter höga skärmen. Ungefär 1 m över marken och 0,2 m från skärmen på insidan.</p>
	<p><u>Diffusionsprovtagare 4.</u> Placerad på den 2 meter höga skärmen. Ungefär 1 m över marken och 0,2 m från skärmen på insidan.</p>

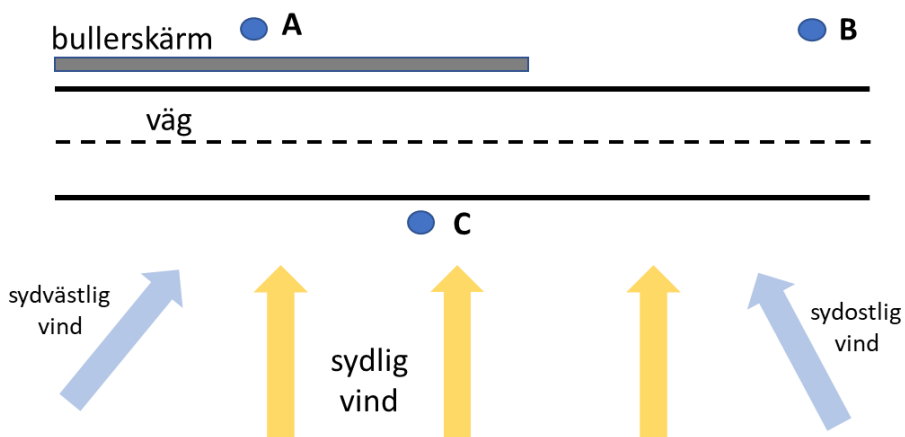


Figur 8. Placering för diffusionsprovtagarna intill Norrortsleden. De har samma benämning som i Figur 5 och Figur 6.

Metod

Analys av de aktiva stationerna

För såväl Bergslagsvägen som Norrortsleden placerades tre aktiva stationer längs med vägen. En station bakom skärmen, en på samma sida fast utan skärm och en station på motsatta sidan av vägen, se Figur 3 och Figur 5. Alla stationer placerade på samma avstånd från närmaste körfält. Bakgrunden till dessa placeringar är att kunna studera skärmarnas effekt enbart på utsläppen från trafiken på den aktuella vägen (Bergslagsvägen eller Norrortsleden). Detta genom att använda perioder med vindar från vägen, det vill säga vindar från syd, sydväst och sydost, vilket visas i den schematiska bilden Figur 9. Mätstation A och B är på norra sidan av vägen. Station A är bakom skärmen, station B på samma sida som A fast utan skärm och station C är på motsatta (södra) sidan av vägen.



Figur 9. Schematisk bild på den tilltänkta analysmetoden.

Vid vindar från vägen subtraheras halterna uppvinds av vägen, dvs mätstation C. Det lokala bidraget med skärm blir då $(A-C)$ och det lokala bidraget utan skärm blir $(B-C)$. Effekten av skärmen på det lokala bidraget kan då beräknas som kvoten $(A-C) / (B-C)$. Och från kvoten kan en procentuell skillnad mellan station A och B beräknas och som då kan beskrivas som effekten av skärmen på de lokala halterna.

Effekten på de totala halterna kan också beräknas och blir då kvoten A/B . Då dras inte halterna på andra sidan vägen bort.

Analys av de passiva provtagarna

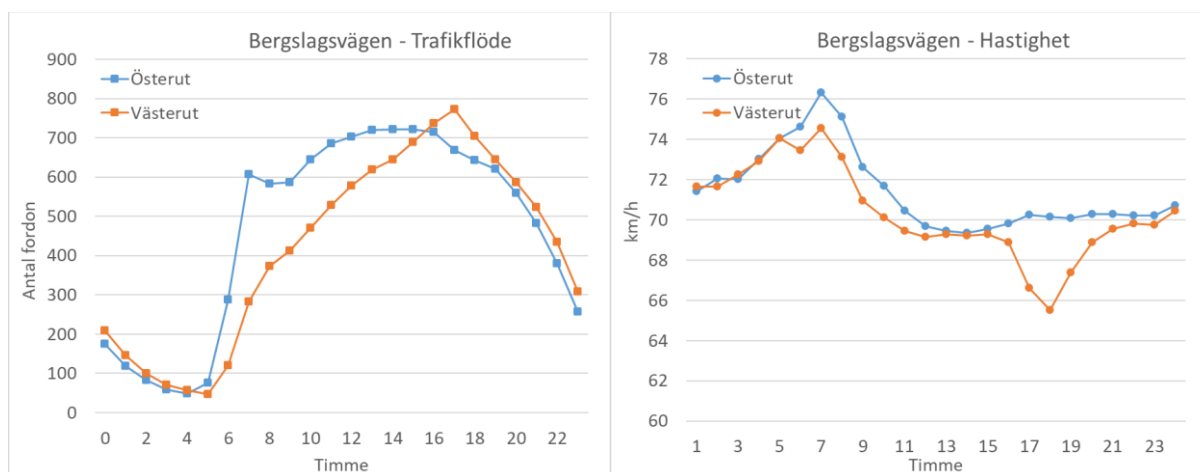
De passiva provtagarna ger ett mätvärde för hela perioden de satt ute. De går inte att sortera på tex vindriktningen eller tid på dygnet. Som ytterliga information så beräknades även medelvärden från de aktiva stationerna för samma perioder som de passiva provtagarna satt ute.

Resultat

Resultat Bergslagsvägen

Trafik

Fordonsflödet på Bergslagsvägen uppvisar ingen tydlig morgonrusning med sänkt hastighet som följd, **Figur 10**. Morgontrafiken på väg in mot staden kör snabbast medan hastigheten mitt på dagen och kvällen är betydligt lugnare. Eftermiddagens rusning är dock tydlig och påverkar hastigheten. Trafikerna har tagit fram trafikrapporter för mätplatsen som visar att östlig körriktning har 11 100 fordonspassager per dygn, 85-percentilen av hastigheten var 82 km/h och den tunga trafikandelen var 8,4%. I västlig körriktning var dygnstrafiken 10 100 fordon per dygn, 85-percentilen av hastigheten var 80 km/h och den tunga trafikandelen var 9,4%. Den skyltade hastigheten på Bergslagsvägen är 70 km/h.



Figur 10. Dygnsvariation av trafikflödet (vänster) och hastighet (höger) på Bergslagsvägen för perioden mars till juni 2021.

Diffusionsprovtagare

Resultat från diffusionsprovtagarna vid Bergslagsvägen presenteras i Tabell 1.

Tabell 1. Resultat av diffusionsprovtagarna (1–6 i **Figur 2**) vid Bergslagsvägen våren 2021. Med finns även resultaten för de aktiva stationerna (A, B & C i **Figur 3**) under samma tidsperioder.

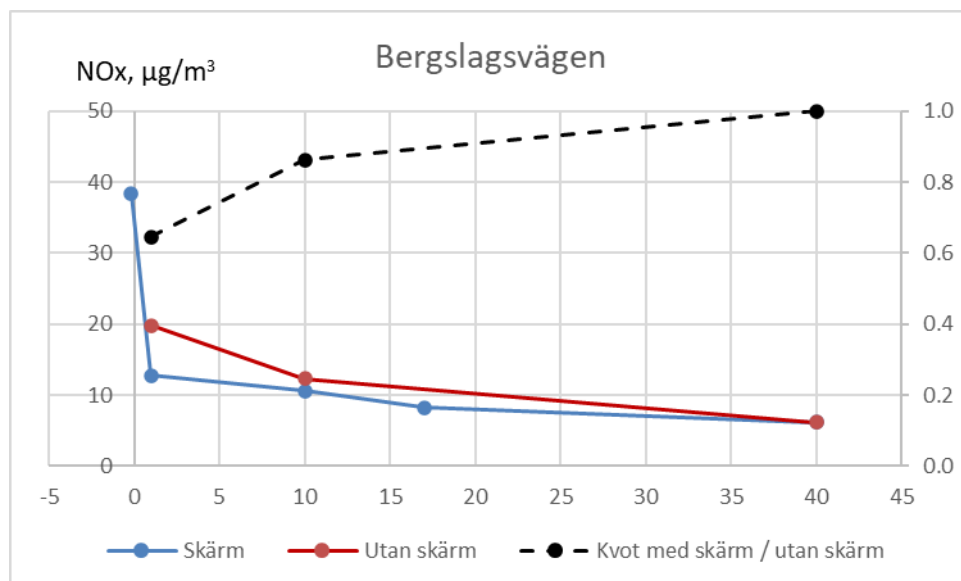
Start	stopp	Ämne	1)	2)	3)	4)	5)	6)	A	B	C
24/3 2021	31/3 2021	NO ₂ (µg/m ³)	17,9	9,1	7,9	6,4	11,3	6,4	6,9	7,3	8,0
		NO _x (µg/m ³)	43,8	14,1	11,6	9,1	25,8	8,3	9,8	10,5	11,7
31/3 2021	7/4 2021	NO ₂ (µg/m ³)	14,4	5,4	3,3	3,1	8,2	3,0	7,1	4,2	6,2
		NO _x (µg/m ³)	37,2	-	5,5	3,8	16,1	4,4	9,0	6,7	9,0
7/4 2021	14/4 2021	NO ₂ (µg/m ³)	14,9	7,7	7,1	4,9	9,5	6,3	9,6	9,5	11,0
		NO _x (µg/m ³)	34,2	11,5	7,8	5,7	17,6	5,9	16,3	14,6	16,3
Medel		NO ₂ (µg/m ³)	15,7	8,4	6,1	4,8	9,7	5,2	7,8	7,1	8,3
		NO _x (µg/m ³)	38,4	12,8	8,3	6,2	19,8	6,2	12,0	10,6	12,3

Data från diffusionsprovtagarna innefattar samtliga tidpunkter under mätperioden, det vill säga oberoende av vindriktning och tid på dygnet etc. De genomsnittliga resultaten visas i Figur 11, där även motsvarande data för de aktiva stationerna har tagits med för samma perioder.

Resultaten visar att halterna var tydligt förhöjda på vägsidan av skärmen. De genomsnittliga halterna var nästan dubbelt så höga (95 % högre) på vägsidan för NO_x och 65 % högre för NO_2 jämfört med sträckan utan skärm. Dessa förhöjda halter beror alltså på att skärmen ger upphov till högre halter på vägsidan jämfört med om ingen skärm finns.

Skillnaden är också stor på de båda sidorna av skärmen. Vid mätpunkten belägen 1 m innanför skärmen var halterna av NO_x ungefär 65 % lägre och för NO_2 45 % lägre jämfört med trafiksidan. Värt att påpeka är att både mätningen på vägsidan och mätningen bakom skärmen är påverkade av skärmen så den uppmätta skillnaden är inte en jämförelse med och utan skärm utan skillnaden mellan de båda sidorna av skärmen.

Den genomsnittliga effekten av skärmen fås genom att jämföra de båda mätningarna 1 m från vägen, dels med och dels utan skärm. För NO_x ses 35 % minskning av halterna bakom skärmen. Genom att komplettera med de aktiva stationerna 10 m från vägen samt diffusionsprovtagarna 40 m från vägen fås ett avtagande av halterna som funktion av avståndet från skärmen, Figur 11. Halterna både med och utan skärm avtog med avstånd från skärmen (vägen), men förhållandet mellan med och utan skärm förändrades med avståndet. Som redan nämnts så var halterna av NO_x 35 % lägre 1 m från skärmen, medan 10 m från skärmen var NO_x 14 % lägre och 40 m från skärmen mättes ingen skillnad med eller utan skärm. Resultaten visar alltså på en effekt bakom skärmen, men att den inte går att detektera på 40 m avstånd från skärmen.



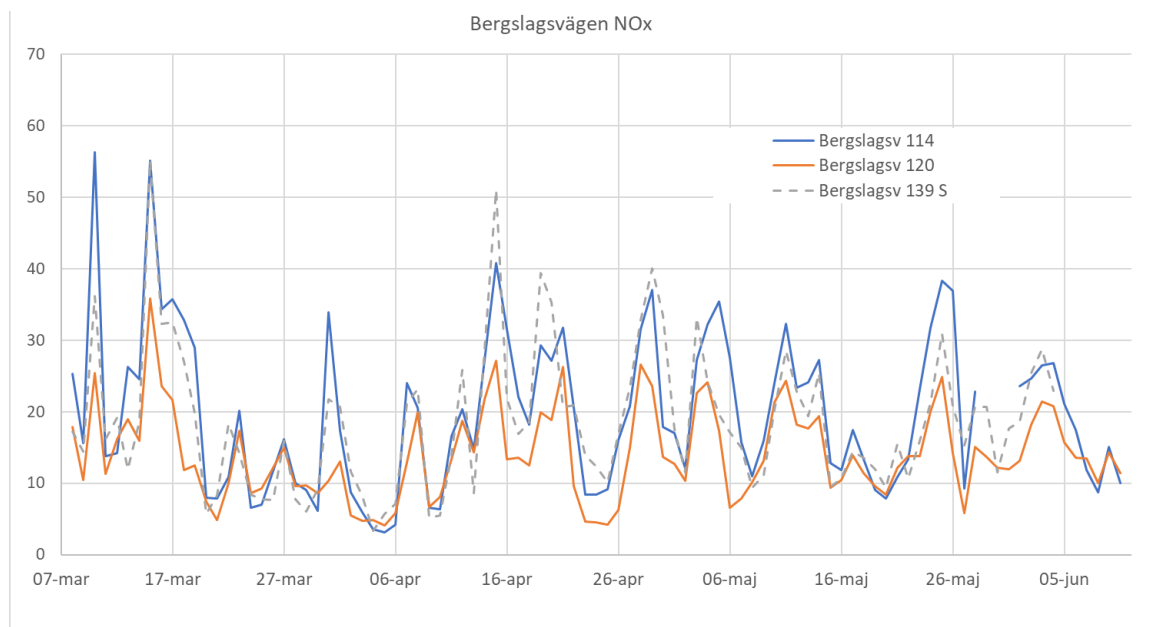
Figur 11. Halterna av NO_x som avstånd från skärmen, samt förhållandet mellan med skärm och utan skärm. Samtliga data under perioden 24/3 till och med 14/4 är med. Data för 10 m är de aktiva stationerna, de andra från diffusionsprovtagarna.

Aktiva stationer

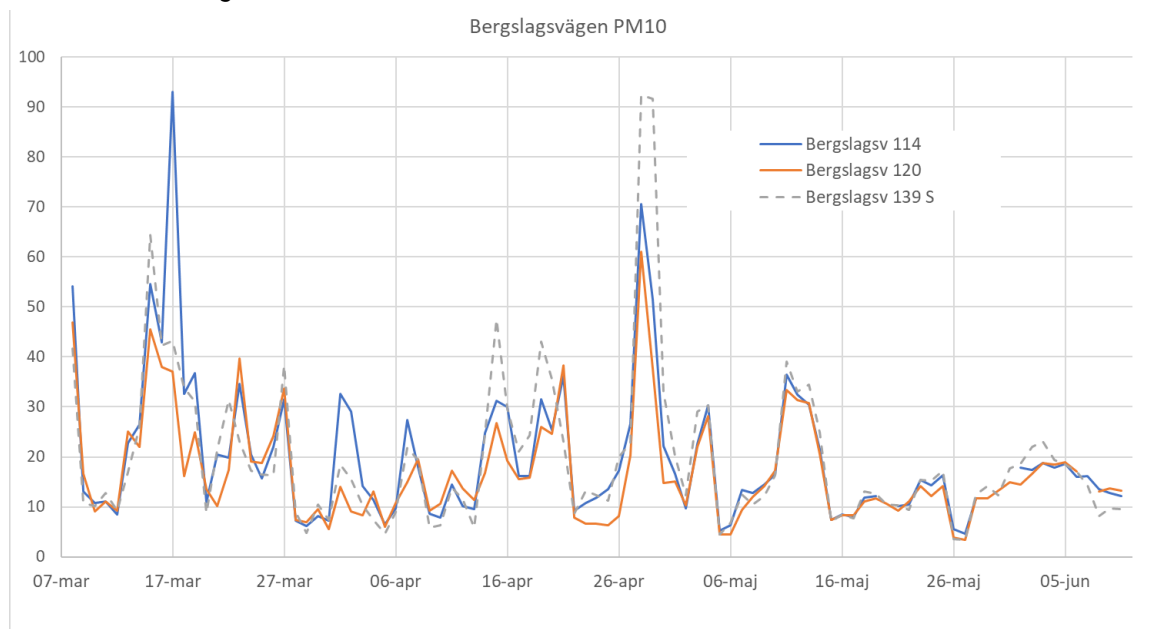
De två aktiva stationerna var placerade 10 m från skärmen samt 10 m från skärmens tilltänkta förlängning. Mätningarna pågick under perioden 4 mars till och med 10 juni 2021.

Månadsmedelvärden för NO_x under perioden visas i Figur 12 och för PM_{10} i Figur 13. För NO_x , Figur 12, finns en viss antydning med säsongvariation med något högre halter under inledningen av

mätperioden. För PM_{10} saknas dygn med höga halter under maj och juni månad. Halterna vid de tre stationerna följer varandra för både NO_x och PM_{10} trots att stationen vid Bergslagsvägen 139 står på andra sidan vägen. Skillnaden mellan stationerna är generellt mindre för PM_{10} . En stor del av detta beror på att en större del av de uppmätta PM_{10} -halterna består av bakgrundshalter jämför med NO_x som till större del är påverkad av den lokala trafikens utsläpp.



Figur 12. Dygnsmedelvärden av NO_x från de aktiva mätstationerna vid Bergslagsvägen 2021. Bergslagsvägen 114 är utan skärm, Bergslagsvägen 120 med skärm och Bergslagsvägen 139 på södra sidan av vägen.



Figur 13. Dygnsmedelvärden av PM_{10} från de aktiva mätstationerna vid Bergslagsvägen 2021.

Hur mycket lägre de uppmätta halterna var vid stationen bakom skärmen fås genom att ta kvoten mellan Bergslagsvägen 120 (med skärm) och Bergslagsvägen 114 (utan skärm). Den uppmätta skillnaden presenteras som procentuell minskning i **Tabell 2**.

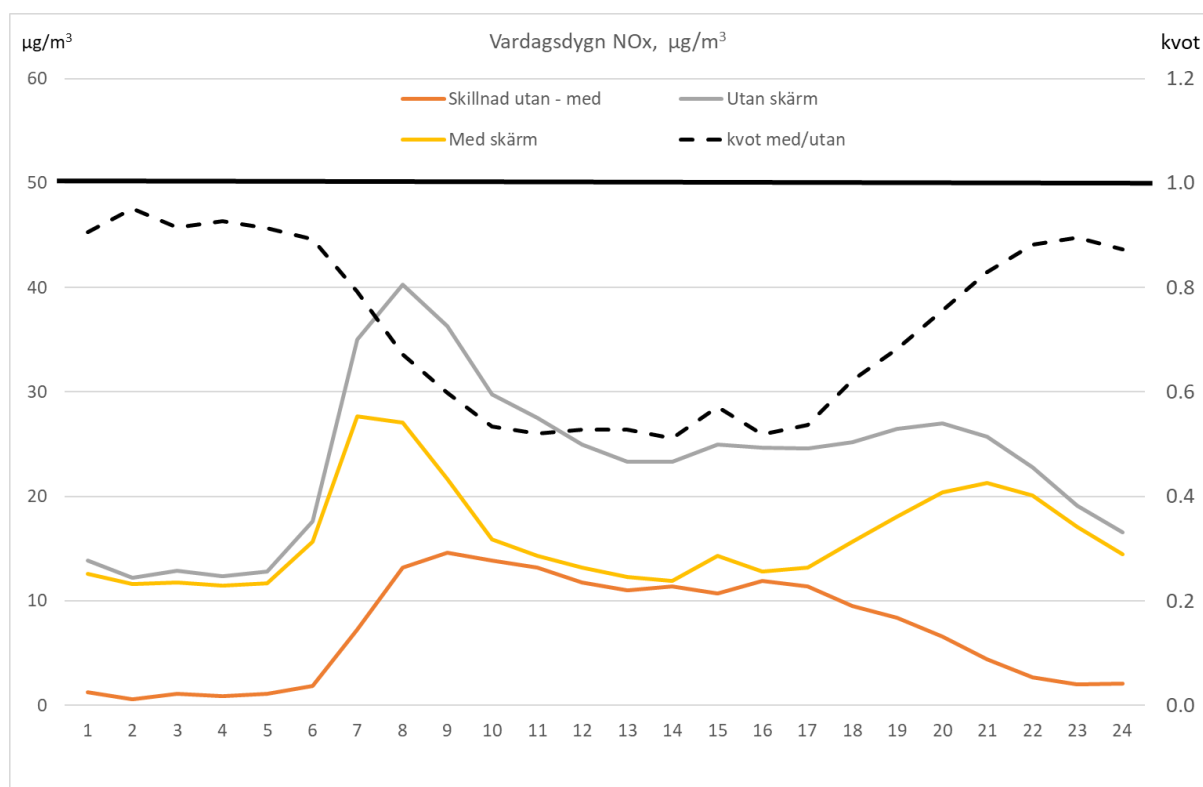
I genomsnitt uppmättes 20 % lägre NO_x -halter bakom skärmen. Under vardagar dagtid var skillnaden större med i snitt 28 % lägre. Ingen tydlig säsongvariation uppmättes.

För PM₁₀ uppmättes i snitt endast 6 % lägre halter bakom skärmen. Skillnaden var liten under mars. Men precis som för NO_x så var skillnaden större under vardagar och dagtid med 15 %, **Tabell 2**.

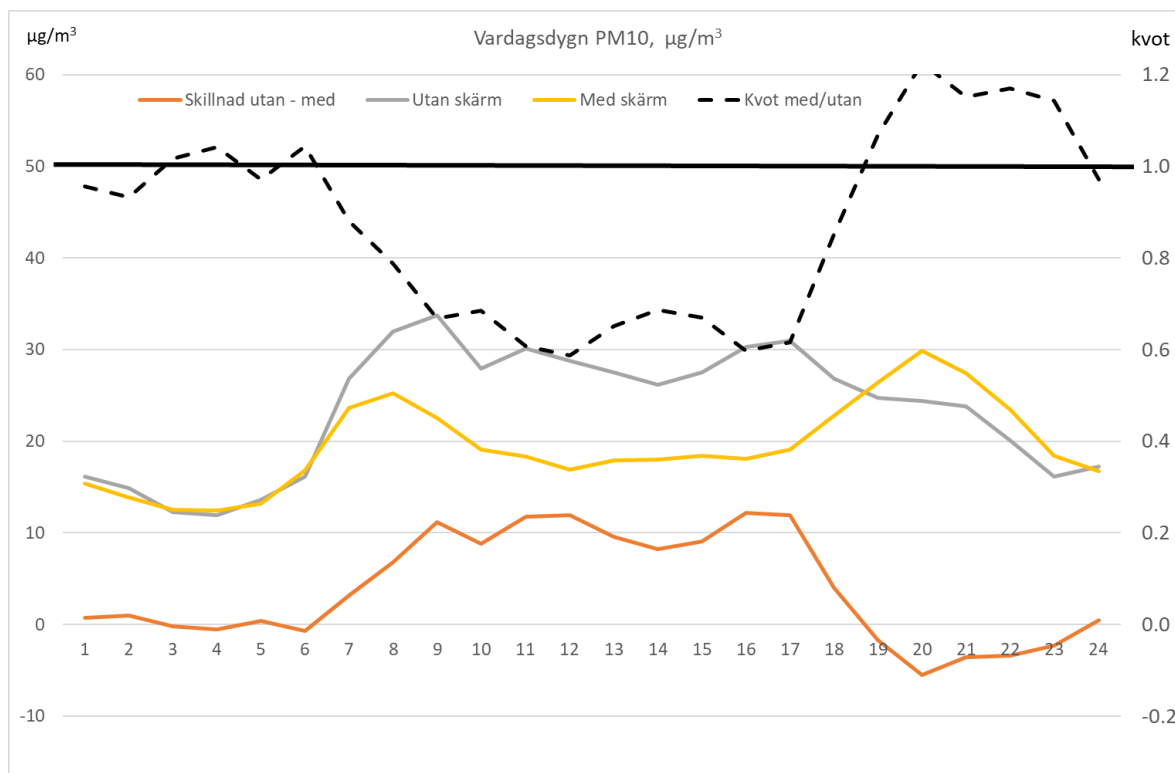
Tabell 2. Den procentuella skillnaden mellan de uppmätta halterna bakom bullerskärmen jämfört med utan bullerskärm. Endast timmar med halter över 5 µg/m³ har tagits med i analysen.

Sortering	Förhållande NO _x	Förhållande PM ₁₀
Alla data	-20 %	-6 %
Mars	-16 %	-2 %
April	-22 %	-8 %
Maj	-21 %	-6 %
Vardagar	-21 %	-5 %
Vardagar 06–19	-28 %	-15 %

Den genomsnittliga dygnsvariationen under vardagsdygn för NO_x samt för PM₁₀ visas i Figur 14 och Figur 15. För NO_x syns en tydlig dygnsvariation med de högsta halterna under morgonrusningen. Detta gäller både för stationen med och utan skärm. Men en tydlig skillnad i de genomsnittliga halterna syns under hela dagen, men försvinner i stort sett under natten. Under morgonen och en stor del av dagen överstiger den genomsnittliga skillnaden mellan stationen utan och med skärm 10 µg/m³. Vilken då även återspeglar sig i Tabell 2 som visar att den genomsnittliga effekten av skärmen under vardagar dagtid är 28 % för NO_x.



Figur 14. Genomsnittlig dygnsvariation under vardagsdygn (måndag – torsdag) för NO_x-halterna på norra sidan av Bergslagsvägen med respektive utan skärm.



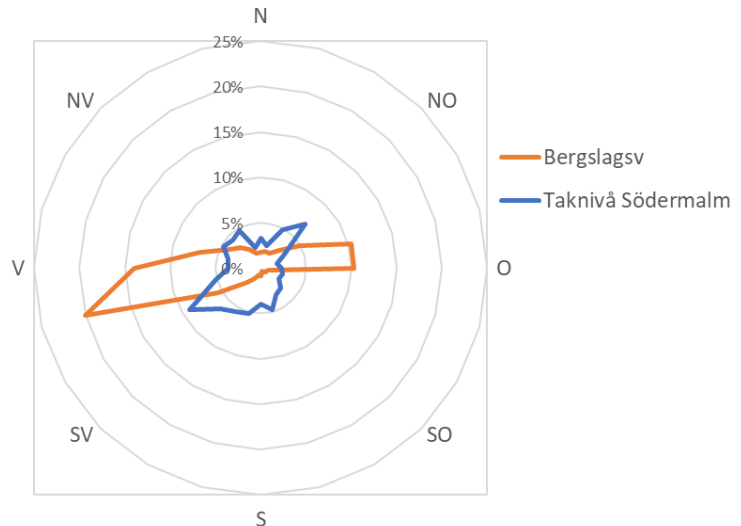
Figur 15. Genomsnittlig dygnsvariation under vardagsdygn (måndag – torsdag) för PM_{10} -halterna på norra sidan av Bergslagsvägen med respektive utan skärm.

Vindriktning

Fördelningen av vindriktningen vid Bergslagsvägen 139 (södra sidan av vägen) visas i

Figur 16. Fördelningen visar tydligt att vindriktning längs med vägen dominerar stort (se Figur 2 för vägens sträckning). Övriga vindriktningar förekommer väldigt sällan. Kanaliseringseffekten är betydande på Bergslagsvägen vilket syns tydligt i Figur 16 när man jämför Bergslagsvägens vindriktning mot taknivå på Södermalm. Kanaliseringen i Bergslagsvägen sträckning uppstår genom att skärmen finns på den norra sidan av vägen och att det finns en upphöjning för tunnelbanan (Figur 3) på södra sidan av vägen.

Avsaknaden av sydliga vindar gjorde att den tilltänkta metoden (beskriven ovan) med att subtrahera halterna på den södra sidan vid vindar från söder inte kunde användas vid Bergslagsvägen.



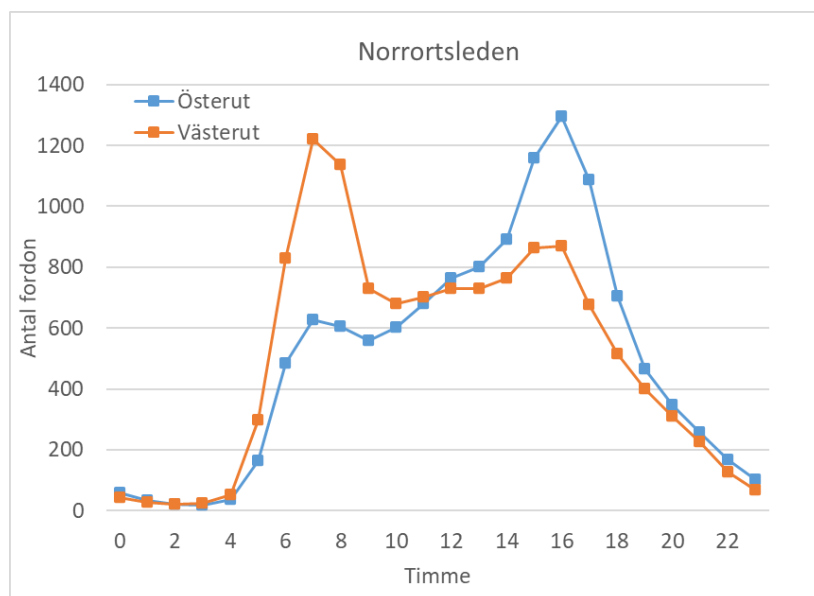
Figur 16. Fördelningen av vindriktningen vid Bergslagsvägen 139 under mätperioden. Som jämförelse visas även fördelningen av vindriktningen i taknivå på Södermalm.

Resultat Norrortsleden

Trafik

Enligt nationella trafikdatabasen NVDB hos Trafikverket [8] är årsdygnstrafiken (ÅDT) på norrortsleden förbi Hagby ca 30 000 fordon, 14 900 per riktning. Trafiksiffror från MCS stationen E265O 4,465 österut visade att trafiken i maj 2022 var 12 700 fordon per dygn. Västerut i maj 2022 för station E265W 4,875 noteras trafikflödet vara ca 12 900 fordonspassager per dygn. **Figur 17** (nedan) visar dygnsvariationen av trafiken på Norrortsleden för maj 2022. Rusningstrafiken syns tydligt. Trafiken för perioden februari till april var ungefär 1000 fordon färre per dygn i varje körriktning.

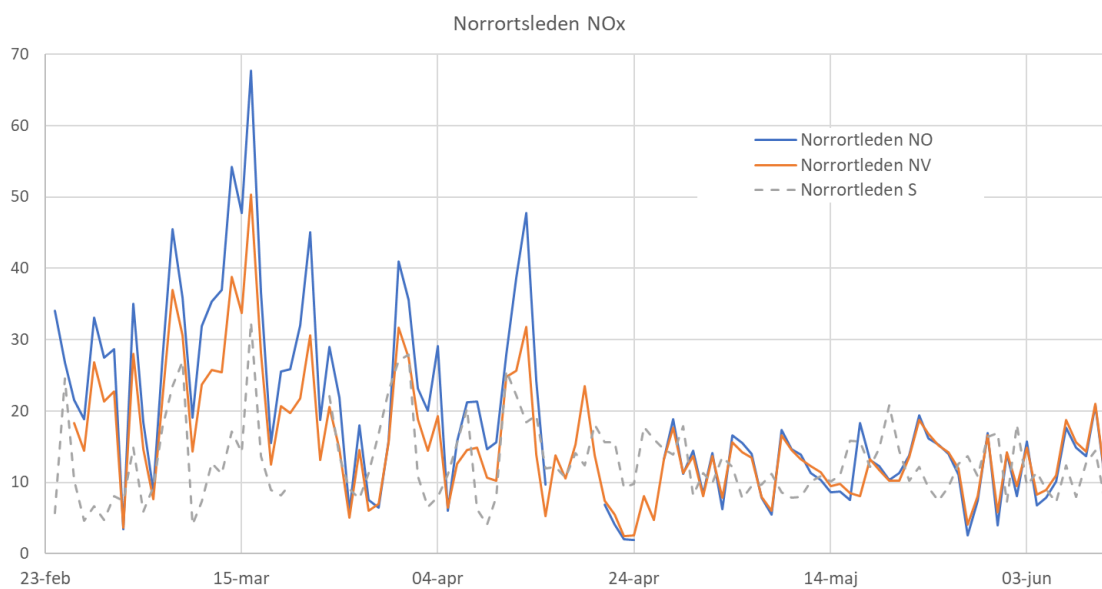
85-percentilen av hastigheten på samma MCS-stationer som ovan var 104 km/h och hastighetsbegränsningen på sträckan mellan Törnskogstunneln och Trafikplats Täby kyrkby är 100 km/h. Trafiken flödar fritt även under rusningstrafiken och inga större hastighetsavvikelser ses i samband med rusningstrafiken.



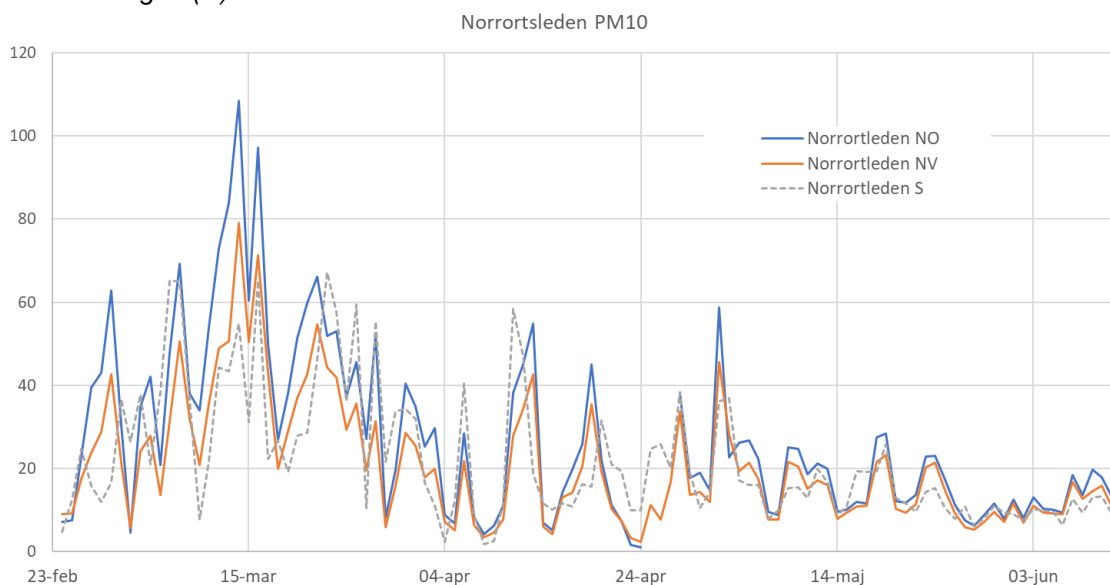
Figur 17. Dygnsvariationen av trafikflödet på Norrortsleden för MCS stationerna E265O 4,465 (blå) och E265W 4,875 (orange). Graferna visar genomsnittligt trafikflöde per timme för maj 2022, för alla dagar inklusive helger.

Luftkvalitet

De tre aktiva stationerna var placerade 10 m från vägen. En av dessa placerad bakom den 4 m höga skärmen på norra sidan. Mätningarna pågick under perioden 23 februari till och med 12 juni 2022. Dygnsmedelvärden för NO_x under perioden visas i Figur 18 och för PM_{10} i Figur 19. För NO_x , finns en säsongsvariation med högre halter under inledningen av mätperioden, ungefär fram till mitten av april. Ännu tydligare är det för PM_{10} med de högsta halterna under mars. Halterna vid de två stationerna på norra sidan följer varandra. Men ganska tydligt för de flesta dygn är att halterna av både NO_x och PM_{10} är lägre vid stationen bakom skärmen (NV stationen, A) jämfört med den utan skärm (NO stationen, B). Skillnaden mellan stationerna är generellt mindre för PM_{10} .

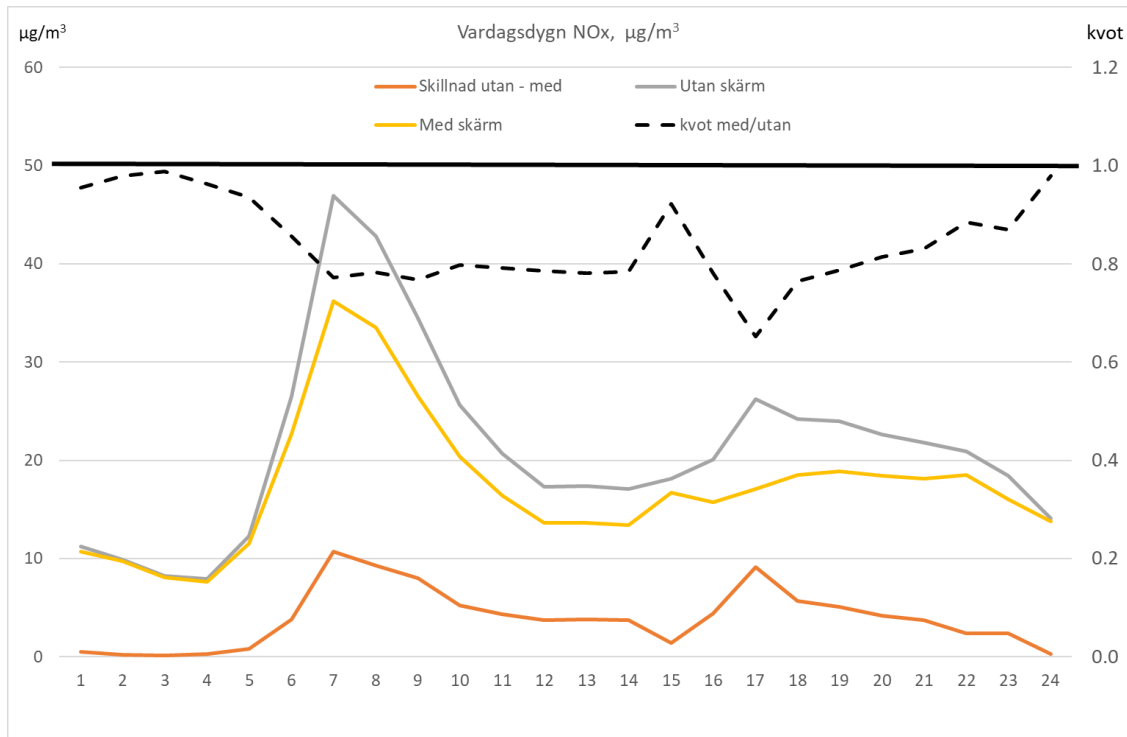


Figur 18. Dygnsmedelvärden av NO_x från de aktiva mätstationerna vid Norrortsleden 2022. Norrortsleden NO är utan skärm (B), Norrortsleden NV med skärm (A) och Norrortsleden S på södra sidan av vägen (C).



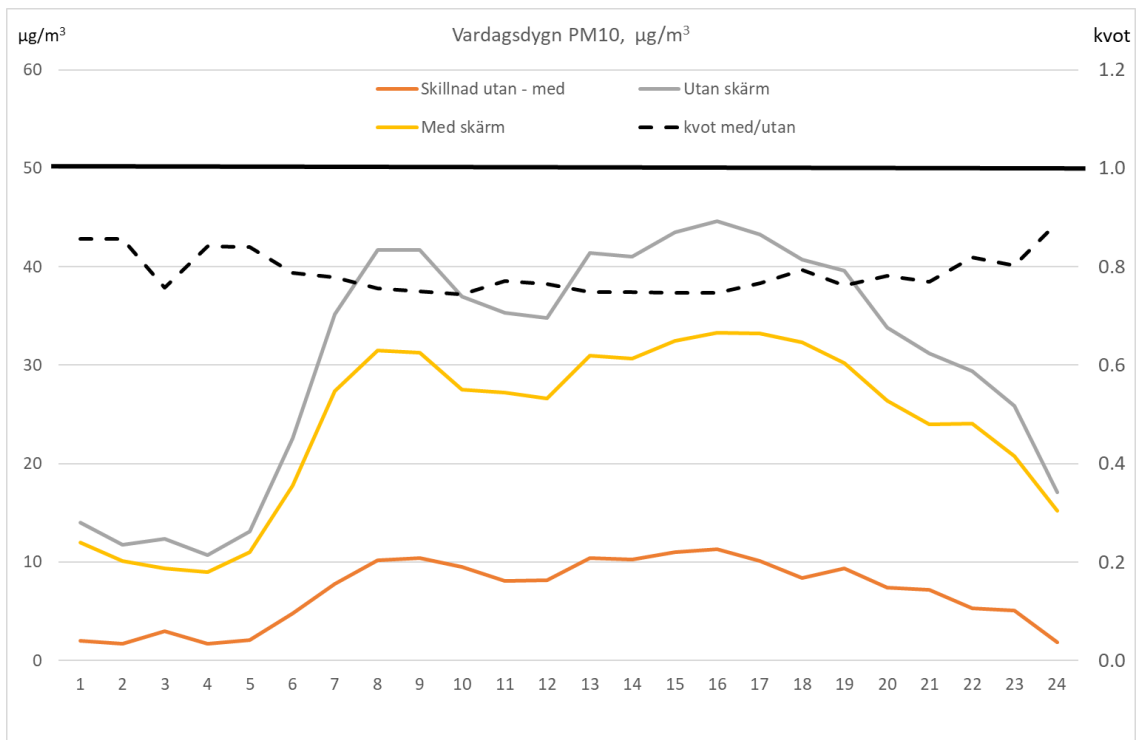
Figur 19. Dygnsmedelvärden av PM_{10} från de aktiva mätstationerna vid Norrortsleden 2022. Norrortsleden NO är utan skärm (B), Norrortsleden NV med skärm (A) och Norrortsleden S på södra sidan av vägen (C)..

Den genomsnittliga dygnsfördelningen under vardagsdygn för NO_x, **Figur 20**, visar att de högsta halterna på norra sidan av vägen inträffar i samband med morgonrusningen. Det syns dessutom att halterna i genomsnitt var 10 µg/m³ lägre bakom skärmen jämfört med utan skärm i samband med morgonrusningen. Det motsvarar ungefär 20 % lägre halter bakom skärmen. Skillnaden på 20 % består i genomsnitt under dagen fram till 8 på kvällen. Däremot är den genomsnittliga halten ungefär 5 µg/m³ lägre dagtid i och med att även de totala halterna är lägre under dagen jämfört med morgonrusningen.



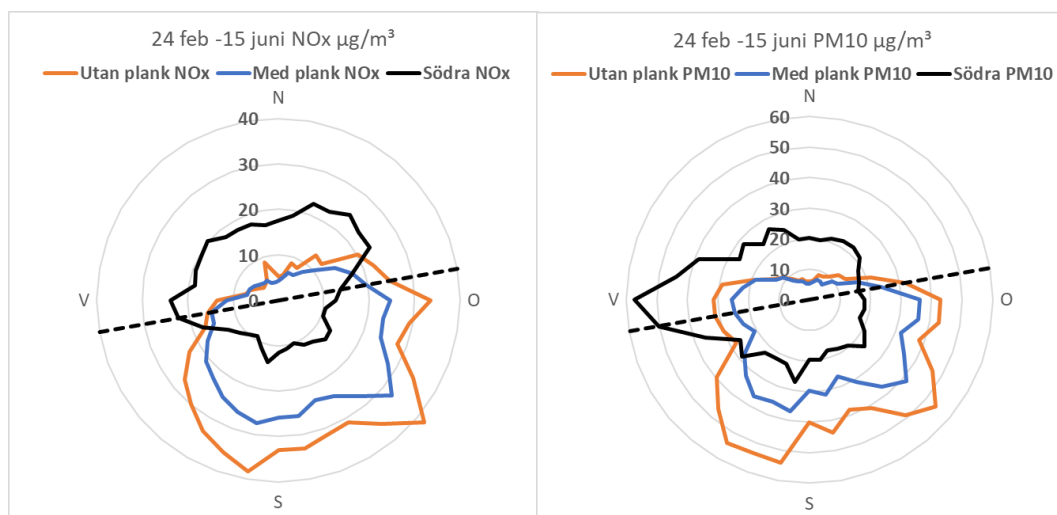
Figur 20. Genomsnittlig dygnsvariation under vardagsdygn (måndag – torsdag) för NO_x-halterna på norra sidan av Norrortsleden med respektive utan skärm.

Den genomsnittliga dygnsfördelningen under vardagarna för PM₁₀, **Figur 21**, ser delvis annorlunda ut jämfört med NO_x. De högsta halterna uppträder under eftermiddagen. Bakom skärmen är halterna i genomsnitt 10 µg/m³ lägre än utan skärm under hela dagen. Det motsvarar ungefär 25 % lägre halter bakom skärmen.



Figur 21. Genomsnittlig dygnsvariation under vardagsdygn (måndag – torsdag) för PM_{10} -halterna på norra sidan av Norrortsleden med respektive utan skärm.

För att påvisa effekterna av bullerskärmen användes endast data under dagtid, d.v.s. tid med mycket trafik. Skillnaderna mellan med- och utan bullerskärm är nästan obefintlig på natten då halterna av såväl partiklar som kväveoxider är små till följd av små utsläpp från trafiken då trafikflödet är lågt. Endast data från 05:00 till 21:00 är med i analyserna i Figur 22. Den streckade linjen är Norrortsledens riktning vid mätplatsen. Linjerna visar medelkoncentrationen per vindriktningsintervall på 10 grader. Orange linje visar halterna utan skärm, blå linje visar halterna med skärm, och svart linje visar halterna på södra sidan om Norrortsleden. Vägens bidrag till halterna syns tydligt då de båda stationerna på norra sidan har högst halter för sydliga vindar ($80^\circ - 260^\circ$) och stationen på södra sidan har högst halter för nordliga vindar ($270^\circ - 70^\circ$). Samtidigt syns att halterna tydligt är lägre vid stationen bakom skärmen jämfört med stationen utan skärm. Och det gäller både för såväl NO_x som PM_{10} .



Figur 22. Uppmätta halter av NO_x (vänster) och PM_{10} (höger) för olika vindriktningar vid Norrortsleden. Endast data dagtid är med i figuren.

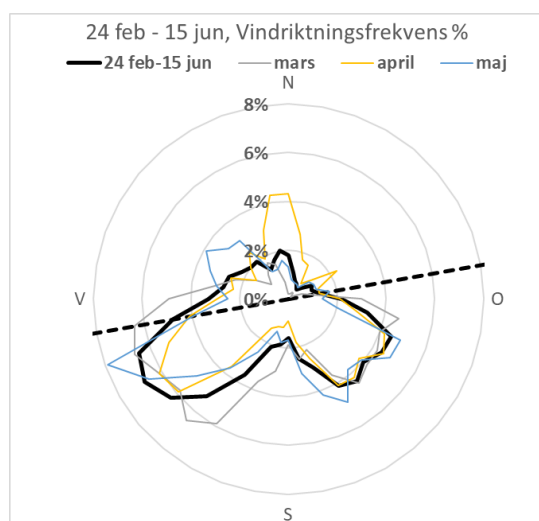
För att beräkna den genomsnittliga effekten av bullerskärmen på halterna av NO_x och PM₁₀ subtraherades uppmätta halter vid mätstationen på södra sidan av Norrortsleden från mätvärden på andra sidan vägen (beskrivs under metod ovan). Vissa vindriktningar är mer frekventa än andra, se

Figur 23. T.ex. vind från söder (180°) blåste under 2% av tiden, medan vind från sydväst 240° blåste under 6,8% av tiden.

Figur 23 visar även vindrosor för mars, april och maj för sig. För sydliga vindar (80° - 260°) för hela mätperioden var medelkoncentrationen av PM₁₀ bakom skärmen **25 %** lägre än utan skärmen. Effekten var något större vid vindar rakt från söder och lite mindre när vindriktningen närmar sig skärmen längsriktning. För NO_x var effekten något lägre, omkring **20 %** lägre halter bakom skärmen. Om månaderna mars, april, maj studeras var för sig blev effekten på det lokala bidraget störst under mars och minst i maj, Tabell 3. Variationerna mellan månaderna beror till stor del på meteorologi. T.ex. lägre temperatur i mars och april ger ofta stabilare skiktning i luften vilket minskar omblandningen och då får skärmen en större effekt. I maj blir både luften och vägarna varma, vilket ökar omblandningen med omgivande luft så att luftföroreningarna späds ut snabbare, och bullerskärmens effekt i att minska halterna minskar. Under mars var det även lite mer sydvästliga vindar vilket kan ha bidragit till att effekten blev större då.

Tabell 3. Den procentuella skillnaden mellan de uppmätta halterna (med motsatta sidan subtraherad) bakom bullerskärmen jämfört med utan bullerskärm. Endast data med vindriktning 80° - 260 har tagits med i analysen.

Sortering	Förhållande	Förhållande
	NO _x	PM ₁₀
Alla data	-20 %	-25 %
Mars	-27 %	-29 %
April	-30 %	-24 %
Maj	-2 %	-17 %



Figur 23. Fördelningen av vindriktningen vid Norrortsleden under mätperioden.

Passiva provtagare

Resultat från de passiva provtagarna vid Norrortsleden redovisas i Tabell 4 tillsammans med de tre aktiva stationerna för samma perioder. Placeringen av de passiva (Figur 5) valdes för att tillsammans

med de aktiva stationerna kunna studera påverkan på olika höjder av skärmen samt olika avstånd från skärmen.

Tabell 4. Resultat av diffusionsprovtagarna (1–5 i **Figur 5**) vid Norrortsleden våren 2022. Med finns även resultaten för de aktiva stationerna (A, B & C i **Figur 5**). under samma tidperioder.

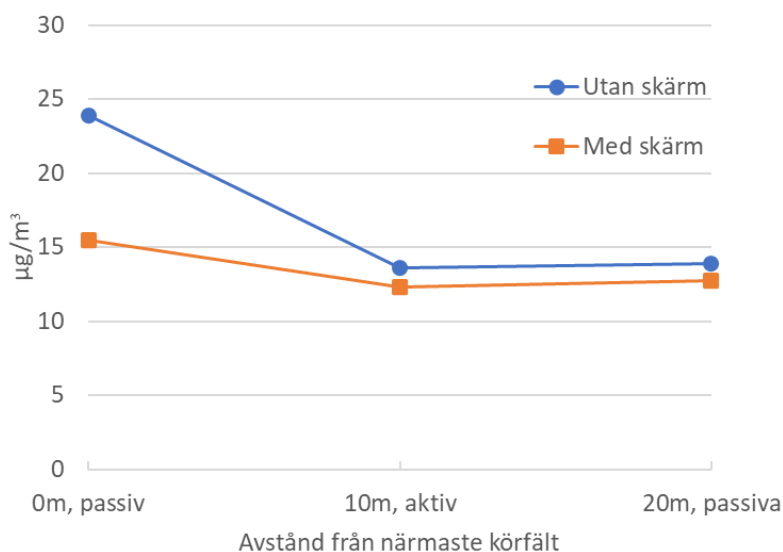
Start	stopp	Ämne	1) NV 20m	2) NO 20m	3) NV 4mh	4) NV 2mh	5) NV 0mh	A NV	B NO	C Södra
11/4 2022	25/4 2022	NO ₂ (µg/m ³)	8,0	8,7	9,1	9,3	10,3	9,2	12,3	8,6
		NO _x (µg/m ³)	14,2	16,0	17,2	17,2	22,3	13,6	16,6	15,5
25/4 2022	9/5 2022	NO ₂ (µg/m ³)	6,1	5,8	7,6	8,6	9,8	7,9	7,6	6,8
		NO _x (µg/m ³)	12,1	12,0	14,2	19,4	24,7	11,6	12,0	12,1
9/5 2022	23/5 2022	NO ₂ (µg/m ³)	6,0	7,3	7,8	7,9	10,1	7,5	7,5	6,9
		NO _x (µg/m ³)	11,9	13,7	15,0	15,8	24,7	11,8	12,1	12,3
Medel		NO ₂ (µg/m ³)	6,7	7,2	8,2	8,6	10,0	8,2	9,2	7,4
		NO _x (µg/m ³)	12,7	13,9	15,5	17,5	23,9	12,3	13,6	13,3

Avstånd från skärmen

I Figur 24 visas uppmätta halter av NO_x vid 0 m, 10 m och 20 m från närmaste körfält. Både med och utan skärm. Värdena i figuren vid 0 m och 20 m är medelvärden av tre stycken 2-veckors mätperioder med IVL's passiva provtagare för kväveoxider (Tabell 4). Mätvärdena vid 10 m från vägen är medelvärden av de aktiva stationerna för kväveoxider under samma mätperiod som de passiva provtagarna. Halten precis vid vägen, är som förväntat betydligt högre utan bullerskärm än med bullerskärm. Halterna av NO_x var i genomsnitt 35 % (23 – 42 %) lägre bakom skärmen jämfört med utan. Men redan 10 m från skärmen är skillnaden mellan med och utan bullerskärm mindre och ca 10 % bakom skärmen. Ungefär samma skillnad mellan med och utan bullerskärm kvarstår vid 20 m från vägen, och är fortsatt med ungefär 10 % lägre (0–13 %). Möjligen ökar halterna något 20 m från vägen jämfört med 10 m från vägen, men det går inte dra några slutsatser från dessa mätningar. Resultatet för de passiva provtagarna visar att skärmen har störst effekt i den direkta närheten till skärmen och effekten avtar snabbt med avståndet.

Dessa resultat skiljer sig från de i Figur 24 som visade på en tydlig effekt av skärmen även på 10 m håll. Orsaken till skillnaden är att data i Figur 22 är endast data dagtid samt sorterat på vindriktning. Genom att använda data från de passiva går det inte att sortera på varken tid eller vindriktning.

Figur 24. Genomsnittliga uppmätta halter av NO_x vid Norrortsledens norra sida, för olika avstånd från



närmaste körfält, med 4 m hög skärm (orange) och utan skärm (blå). För 0 m och 20 m är halterna medelvärden av de tre mätningar som utfördes med passiva provtagare mellan 11 april och 23 maj 2021. Mätvärdena vid 10 m är medelvärden för de två aktiva stationerna för samma period.

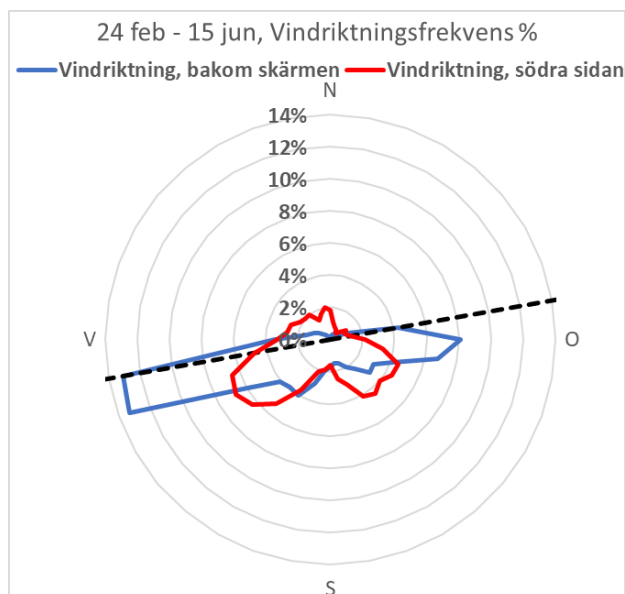
Påverkan av höjd på skärmen

Enligt de passiva provtagarna uppmättes alltså i genomsnitt 35 % lägre NO_x -halter precis bakom den 4 m höga skärmen jämfört med utan skärm. Bakom den 2 m höga skärmen var halterna i snitt 27 % lägre (21 – 36 %) än utan skärm. Provtagarna var placerade på ungefär 1 m höjd. Så redan en 2 m hög skärm ger en stor effekt. En 4 m hög skärm gav större effekt, men inte dubbelt så stor. Som framgår av Figur 8 så är provtagaren för den 2 m höga skärmen närmare det östra slutet på skärmen. Detta kan också påverka så att det lättare kan komma runt luft från vägen än till provtagaren bakom den 4 m höga skärmen som var placerad längre från skärmens slut.

Vindriktning

Skärmen påverkade inte enbart halterna av luftföroreningar utan även vinden. I Figur 25 visas fördelningen av vindriktningen bakom skärmen och jämförs med vindriktningen på den södra sidan utan skärm. Det syns då att bakom skärmen är vindriktningen oftast i två vindriktningar i skärmens längsriktning. Detta är liknande resultat som uppmättes vid Bergslagsvägen,

Figur 16.



Figur 25. Fördelningen av vindriktningen vid Norrortsleden.
Rött på södra sidan utan skärm, blå på norra sidan bakom skärmen.

Effekter av skärm – en jämförelse mellan mätplatserna

Förutsättningarna skiljde sig åt mellan mätningarna vid Bergslagsvägen 2021 och vid Norrortsleden under 2022. Den främsta skillnaden var kanaliseringen av vinden vid Bergslagsvägen så att vindriktningar tvärs vägen saknades. Norrortsleden däremot var öppen och vindar tvärs vägen var vanligt förekommande. Andra skillnader var att det var både lägre hastighet och lägre trafikflöde vid Bergslagsvägen jämfört med Norrortsleden.

För de aktiva mätningarna 10 meter från vägen uppmättes vid Bergslagsvägen i snitt 20 % lägre NO_x -halter bakom skärmen jämfört med utan skärm och vid Norrortsleden i snitt 10 % lägre. Om enbart vindar från vägen använts med i analysen vid Norrortsleden så var det i genomsnitt 20 % lägre halter bakom skärmen, dvs likartade resultat som vid Bergslagsvägen.

För PM_{10} var de genomsnittliga halterna ungefär 6 % lägre bakom skärmen vid Bergslagsvägen, men ungefär 25 % lägre bakom skärmen vid Norrortsleden vid sydliga vindar. Så resultaten för PM_{10} skiljer sig mellan platserna medan resultaten för NO_x är mer lika.

Vid både Bergslagsvägen och Norrortsleden mättes, under kortare perioder, med passiva provtagare för NO_x precis bakom skärmarna. Skillnaden i halterna med och utan skärm var som störst precis bakom skärmarna och var 35 % lägre bakom den drygt 2 meter höga skärmen vid Bergslagsvägen. Även bakom den 4 m höga skärmen vid Norrortsleden uppmättes 35 % lägre halter av NO_x . Bakom den 4 meter höga skärmen vid Norrortsleden var halterna ungefär 27 % lägre. Dessa resultat visar mycket tydligt att det är bättre luftkvalitet precis bakom en bullerskärm jämfört med utan bullerskärm. Inverkan av höjden på skärmen visar att det var aningen större påverkan på halterna med en 4 meter hög skärm jämfört med en 2 meter hög skärm vid Norrortsleden.

Skillnaden i halterna med och utan skärm minskar med avståndet bakom skärmen. Dessa resultat är inte förvånande. Vid Bergslagsvägen kunde ingen skillnad observeras 40 m från skärmen. Vid Norrortsleden uppmättes i genomsnitt en liten (upp till 10 %) skillnad vid 20 meters avstånd från skärmen.

Samtliga analyser visar att skillnaden med och utan skärm är som tydligast under de perioder då det förekommer högst halter, dvs då påverkan på luftkvaliteten från den aktuella vägen är som störst. Detta inträffar oftast under morgon och förmiddagarna i samband med morgonrusningen. Det är oftare stabilare väder och lägre vindhastigheter under morgonrusningen jämfört med under eftermiddagsrusningen. Detta medför att det oftast är som högst halter under morgonen. Dessutom kan lägre vindhastigheter och stabilare väder göra att effekten av skärmarna blir större då det är mindre turbulens som kan transportera vägens luftföroreningar in bakom skärmarna.

Referenser

1. Miljöbalken, 2 kap. 2,3 §§.
2. FoI-portfölj Bygga, Trafikverket.
3. SLB-rapport 20:2023. Bullerskärmars inverkan på luftkvaliteten. Modellberäkningar 2021 och 2022.
4. SLB-rapport 22:2021. Bullerskärmar som åtgärd mot höga halter av luftföroreningar. Delrapport 1: Sammanställning av kunskapsläget.
5. Bullerskärmars inverkan på omkringliggande luftkvalitet. Mätningar och modellering av NO_x. Frida Nilsson, 2021. Självständigt arbete inom Miljö- och hälsoskydd
6. Hagenbjörk-Gustafsson, A., Tornevi, A., Forsberg, B., och Eriksson K., Field validation of the Ogawa diffusive sampler for NO₂ and NO_x in a cold climate. J. Environ. Monit., 2010, 12, 1315–1324.
7. IVL, Diffusionsprovtagning för luftföroreningar. <https://www.ivl.se/vart-erbjudande/vara-tjanster/diffusionsprovtagare.html>
8. Trafikverkets databas för trafikinformation, NVDB. <https://nvdb2012.trafikverket.se/>

SLB-rapporter finns att hämta på: www.slb.nu

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

