

Validering av SIMAIR mot mätningar för åren 2021 och 2022

Fredrik Windmark, Maria Grundström, Wing Leung



Pärmbild

Fotograf Hans Christiansson, Mostphotos

RAPPORT NR 2024-04**TITEL**

Validering av SIMAIR mot mätningar för åren 2021 och 2022

FÖRFATTARE

Fredrik Windmark, Maria Grundström, Wing Leung, SMHI

UPPDRAGSGIVARE

Naturvårdsverket, Virkesvägen 2, Hammarby Sjöstad

Matthew Ross-Jones

Telefon 010 698 13 01

E-post matthew.ross-jones@naturvardsverket.se

PROJEKTANSVARIG

Susanne Carmblad, SMHI 601 76 Norrköping

Telefon 011-495 8527

E-post susanne.carmblad@smhi.se

KLASSIFICERING

Allmän

SMHI DIARIENUMMER

2022/2629/10.3

VERSION 02 – 2024-03-02

Version
01

Datum
2024-02-02

Granskad av
Susanne Carmblad

Sammanfattning

SIMAIR är ett modellsystem för luftkvalitet som utvecklats för att användare på ett snabbt och enkelt sätt ska kunna undersöka luftkvaliteten var som helst i Sverige. Det kan användas vid bland annat rapportering av modelldata till det svenska Datavärdskapet för Luftkvalitet, utredningar kring detaljplanering, kartering av luftmiljösituationen och vid arbete med åtgärdsprogram.

Modellsystem för luftkvalitet behöver uppfylla kvalitetskraven enligt Naturvårdsverkets föreskrifter (NFS 2019:9) och därmed kvalitetsmålen i EUs Luftkvalitetsdirektiv (2008/50/EG). För att säkerställa SIMAIRs modellkvalitet så görs det därför regelbundna utvärderingar mot mätdata för de svenska mätstationer som finns tillgängliga. Resultaten från de här utvärderingarna används för att undersöka systemets kvalitet och för att identifiera var nya förbättringsinsatser kan behöva göras.

I det här projektet har vi från Datavärdskapet för Luftkvalitet hämtat ned samtliga mätstationer i Sverige med god mättäckning över minst ett av åren 2021 eller 2022. För varje station har vi sedan kontaktat den ansvariga kommunen för att inhämta detaljerad trafikdata som kunnat användas för att uppdatera indatan och utföra spridningsberäkningar inuti SIMAIR-systemet. Detta har resulterat i mät- och beräkningsdata för totalt 13 mätstationer i urban bakgrund och 29 mätstationer i trafikmiljö.

Baserat på dessa resultat har vi sedan utvärderat SIMAIRs modelleringskvalitet genom att jämföra olika statistiska mått som årsmedelvärden, percentiler av dygns- och timmedelvärden, relativt percentilfel (RPE), relativt direktivfel (RDE) samt diverse mått som i FAIRMODEs utvärderingsverktyg DELTA Tool.

Slutsatserna från valideringen sammanfattas nedan:

PM10, urban bakgrund:

- Årsmedelvärdet för PM10 vid urbana bakgrundsstationer stämmer väl överens med mätningar för ungefär hälften av de analyserade platserna. Exempel på både över- och underskattning finns från två stationer speciellt för år 2022.
- RDE och RPE uppnås för årsmedel men inte för percentiler, då färre än 90 % av stationerna ligger under 50 % avvikelse mellan modell och mätning.
- Modellkvalitetsmålet (MQO) uppnås delvis år 2021 där MQI_YR ligger inom target, men MQI_HD ligger över target ($T > 1$). År 2022 uppnås inte MQO då båda indikatorer ligger över target. Detta tyder på att det finns en skillnad i halter mellan modell och mätning både under kortare perioder under året samt den årliga variationen.

PM10, trafikmiljöer:

- Årsmedelvärdet stämmer ofta väl överens mellan modell och mätning. Det finns exempel på både under- och överskattningar mellan mätningar och modell, med en viss tendens till relativt stora underskattningar speciellt med avseende på 90-percentilen dygn år 2022.
- Modellkvalitetsmålen uttryckt som RDE och RPE uppnås för PM10 på årsmedelbasis för båda åren. RDE är i del flesta fall mycket under målvärdet på 0,5 för årsmedel. För 90-percentilen dygn klaras inte modellkvalitetsmålet något år för vare sig RDE eller RPE.
- MQO uppnås inte då både MQI_HD och MQI_YR visar värden över target ($T > 1$). Detta tyder på att det finns skillnader i halter mellan modell och mätningar både under kortare perioder under året samt den årliga variationen.

NO2 urban bakgrund:

- För urbana stationer stämmer modell och mätning mycket bra överens, speciellt under 2022. Ett par stationer visar en tendens till förhöjda modellerade halter, vilket kan förklaras av en generell lägre trafikmängd under året 2021 med koppling till pandemi-restriktioner. En annan förklaring kan också vara att fordonsammansställningen i vissa kommuner har en för låg andel el-bilar.
- RPE och RDE uppnås för både årsmedel och percentiler för NO2 vid urbana stationer för 2021. För 2022 uppnås modellkvalitet förutom en station där RDE för 98-percentilen översteg 50 % avvikelse.

- MQO uppnås båda år för samtliga indikatorer (MQI_HD och MQI_YR) vid de urbana stationerna för NO2.

NO2, trafikmiljöer:

- Överlag är resultatet bra där modell och mätning stämmer väl överens i en stor andel av de analyserade trafikmiljöerna. En tendens till överskattning av halter noteras vid ett par platser och bedöms delvis ha koppling till fordonssammansättningen samt en viss påverkan på trafikmängder under 2021 på grund av pandemin.
- För år 2021 klaras inte RDE för årsemedel då fem av 20 stationer visar på mer än 30 % avvikelse. För samma år klaras dock modellkvalitetsmålen för percentilerna med god marginal. RDE och RPE klaras också med god marginal för årsemedel och percentiler år 2022.
- MQO klaras till viss del då MQI_HD uppnås för båda åren och samtliga stationer ligger inom target ($T < 1$) förutom en. MQI_YR klaras inte något år och tyder på att det föreligger en skillnad mellan modell och mätning i den årliga variationen.

Innehåll

1 Bakgrund.....	6
2 Sammanställning av mät- och modelldata.....	6
2.1 Insamling av mätdata och vägegenskaper	7
2.1.1 Mätstationer i urban bakgrund.....	7
2.1.2 Mätstationer i trafikmiljöer	8
2.2 Beräkningar med SIMAIR-systemet.....	11
3 Valideringsmetodik	11
3.1.1 Statistiska indikatorer	11
3.1.2 DELTA Tool.....	12
3.1.3 Kvalitetsmål för modellberäkningar	13
3.1.4 Tolkning av Targetdiagram.....	14
4 Resultat	15
4.1 PM10	15
4.1.1 Urban bakgrund.....	15
4.1.2 Trafikmiljöer.....	17
4.2 NO₂.....	21
4.2.1 Urban bakgrund.....	21
4.2.2 Trafikmiljöer.....	24
5 Slutsatser	28
6 Referenser.....	30
Bilaga 1 – Nortrip-parametrar för olika delar av Sverige.....	31

1 Bakgrund

SIMAIR är ett modellsystem som utvecklats för att användare på ett snabbt och enkelt sätt ska kunna utföra spridningsberäkningar av luftkvaliteten för bland annat rapportering av modelldata till det svenska Datavärdskapet för Luftkvalitet¹, utredningar kring detaljplanering, kartering av luftmiljösituationen i en kommun eller över hela Sverige och vid arbete med åtgärdsprogram.

I januari 2022 driftsattes den senaste versionen, SIMAIR 3, som innebar en total nyutveckling både av användargränssnittet och av det underliggande systemet och tillhörande modeller. Sedan dess har även tolv större uppdateringar gjorts med ny funktionalitet som bland annat modulen Område som tillåter spridningsberäkningar för punktkällor, visualisering av mätstationer i trafikmiljö direkt i gränssnittet och förbättrad underlagsdata för byggnadshöjder baserat på Lantmäteriets laserdata.

En stor fördel med SIMAIR är att all nödvändig indata för att kunna utföra spridningsberäkningar redan är förberedd, inklusive halter som representerar de regionala och urbana bakgrundsbidragen. Det innebär att en användare enkelt kan sätta igång en beräkning och att det sedan bara tar några sekunder innan resultat och figurer finns tillgängliga.

För att åstadkomma detta utförs SIMAIRs haltberäkningar i ett kopplat modellkoncept, där flera olika modeller med olika upplösningar används för att beräkna slutresultatet. Totalhalten beräknas som en summa av ett:

- regionalt bakgrundsbidrag, med spridningsmodellerna MATCH Europa (upplösning 11x11 km²) och MATCH Sverige (upplösning 11x11 km²),
- urbant bakgrundsbidrag, med spridningsmodellen BUM (upplösning 1x1 km²),
- lokalt trafikbidrag, med spridningsmodellerna OSPM, OpenRoad och NG2M (upplösning på några få meter).

Det lokala trafikbidraget motsvarar här haltbidraget ifrån den närmaste vägen, det urbana bakgrundsbidraget motsvarar bidraget ifrån alla olika emissionskällor i den aktuella orten (minus det lokala haltbidraget) och det regionala bakgrundsbidraget motsvarar bidraget ifrån alla olika emissionskällor i Sverige och Europa (minus den aktuella orten).

När en användare gör en beräkning i gränssnittet går det att göra justeringar av det lokala trafikbidraget baserat på förutsättningarna vid den aktuella vägen, medan de regionala och urbana bakgrundsbidragen är förberäknade och inte går att ändra. Varje år utför SMHI en uppdatering med det föregående årets emissioner och bakgrundshalter i så kallade basår. För en mer detaljerad genomgång av SIMAIR-modellen och basåren, se Windmark, Leung och Arvelius (2023).

Modellsystem som SIMAIR behöver uppfylla kvalitetskraven enligt Naturvårdsverkets föreskrifter (NFS 2019:9) och därmed kvalitetsmålen i EUs Luftkvalitetsdirektiv (2008/50/EG). För att säkerställa SIMAIRs modellkvalitet så görs det därför regelbundna utvärderingar mot mätdata för de 30-tal svenska mätstationer som finns tillgängliga (se Andersson och Omstedt, 2009; Andersson och Omstedt, 2013; Andersson mfl, 2018). Inför lanseringen av SIMAIR 3 i januari 2022 så gjordes också en intern valideringsstudie mot mätdata. Resultaten från tidigare år har visat att SIMAIR överlag uppvisar god överensstämmelse med mätdata och att kvalitetsmålen för modellering klaras.

Syftet med det här projektet har varit att genomföra en ny storskalig valideringsstudie för att undersöka systemets kvalitet och identifiera var nya förbättringsinsatser kan behöva göras. I avsnitt 2 beskrivs hur mät- och modelldata har sammanställts för alla tillgängliga mätstationer i både trafikmiljöer och i urban bakgrund, i avsnitt 3 beskrivs valideringsmetodiken som använts i projektet och i avsnitt 4 görs en genomgång och analys av resultaten.

2 Sammanställning av mät- och modelldata

I den här studien har vi utgått ifrån alla tillgängliga svenska mätstationer för partiklar (PM₁₀) och kvävedioxid (NO₂). För varje mätstation har vi hämtat ner och analyserat mätdata ifrån Datavärdskapet för Luftkvalitet för åren 2021 och 2022. Om mätstationens datatäckning varit tillräckligt komplett under minst ett av åren har vi sedan skickat ut en enkät till förvaltaren av mätstationen för att ta del av deras lokalkännedom kring mätstationen med avseende på trafikmängder och andra viktiga egenskaper. Denna information har sedan använts för att uppdatera den förberedda indatan och för att utföra modellberäkningar i SIMAIR-systemet.

¹ <https://www.smhi.se/data/miljo/luftmiljodata>

2.1 Insamling av mätdata och vägegenskaper

Mätdata har samlats in för alla mätstationer i trafikmiljö och av urban bakgrund av PM10 och NO2 med en tidsupplösning på timmar eller högre och med en tillräckligt god datatäckning (75 % eller mer över ett år).

De stationer som inte befinner sig i miljöer som inte kan representeras väl genom någon av SIMAIRs spridningsmodeller (gaturum med OSPM-modellen och öppna vägar med OpenRoad-modellen) såsom sådana belägna i mer komplexa korsningar eller rondeller har också kastats bort.

Ingen extra kvalitetsgranskning har gjorts av den nedladdade mätdata, och utgångspunkten är att data är:

- insamlad med en metod som är godkänd av Referenslaboratoriet för tätortsluft – mätningar som likvärdig med referensmetoden,
- insamlad med ett mätinstrument som är kalibrerat enligt föreskrifterna,
- kvalitetssäkrad och korrigerad av kommunerna som har rapporterat in den.

Det är viktigt att ha tillgång till mätstationer både i urban bakgrund och i trafikmiljöer för att kunna reda ut hur väl olika delar av SIMAIR-systemet presterar. Mätstationer i urban bakgrund är belägna på platser utan stark påverkan ifrån enskilda väglänkar. Dessa stationer kan därför användas för att analysera SIMAIRs urbana (och regionala) bakgrundshalter ifrån MATCH- och BUM-modellerna, medan mätstationerna i trafikmiljöer mäter summan av bakgrundshalten och haltbidraget ifrån den lokala vägen och därmed passar väl för att analysera de slutgiltiga SIMAIR-beräkningarna.

2.1.1 Mätstationer i urban bakgrund

Mätstationer i urban bakgrund är placerade på platser där ingen enskild väg har ett dominerande inflytande (i regel i taknivå på drygt 20 meters höjd), vilket motsvarar förutsättningarna för SIMAIRs urbana plus regionala bakgrundshalter.

Eftersom ingen lokal indata har behövts justeras för dessa beräkningar så har samtliga stationer i datavärdskapet med tillräcklig datatäckning kunnat användas utan att behöva kontakta någon med lokalkännedom. I Tabell 1 listar vi de resulterande sex mätstationer i urban bakgrund för PM10 och tolv mätstationer för NO2.

Ett problem med analysen relaterat till de urbana mätstationerna är hur få sådana stationer som finns tillgängliga i norra delen av Sverige. Den mest nordliga mätstationen för PM10 som vi har kunnat använda oss av i den här studien ligger i Uppsala. Detta innebär att det är svårt att göra en fullständig utredning av vad eventuella skillnader mellan mät- och modellresultat kan komma ifrån för dessa stationer.

Kommun	Plats	Mätår	PM10	NO2
Falun	Östra Falan	2021		x
	Östra Falan	2022		x
Göteborg	Femman	2021		x
	Femman	2022	x	x
Halmstad	Teatertaket	2021		x
	Teatertaket	2022		
Halmstad	Norr	2021		
	Norr	2022		x
Landskrona	Storgatan 24	2021		x
	Storgatan 24	2022		x
Lund	Spyken	2021		x
	Spyken	2022		x
Malmö	Rådhuset	2021	x	x
	Rådhuset	2022	x	x
Mölndal	Göteborgsvägen	2021		x
	Göteborgsvägen	2022		x
Norrköping	Trädgårdsgatan 21	2021	x	x
	Trädgårdsgatan 21	2022	x	
Stockholm	Sveavägen 59	2021		x
Stockholm	Torkel Knutssongatan	2021	x	x
	Torkel Knutssongatan	2022	x	x
Uppsala	Dragarbrunnsgatan 23	2021	x	x
	Dragarbrunnsgatan 23	2022	x	x
Visby	Brömsebroväg 8	2021	x	
	Brömsebroväg 8	2022	x	

Tabell 1. Mätstationer i urban bakgrund 2021 och 2022 som har använts i den här studien.

2.1.2 Mätstationer i trafikmiljöer

För stationerna i trafikmiljöer har ett frågeformulär skickats ut till den ansvariga kommunen, oftast till kommunens miljö- och stadsbyggnadsförvaltning, kring trafikdata för den aktuella vägen vid mätstationen. Enkäten har gjorts i form av ett Excel-formulär uppdelat i en obligatorisk flik och en icke-obligatorisk flik. Till skillnad från tidigare valideringsstudier av SIMAIR så har vi den här gången inte begärt någon information kring byggnader eller gaturumsegenskaper, eftersom den nuvarande metodiken baserat på OpenStreetMap kombinerat med Lantmäteriets laserdata bedöms ha tillräckligt god kvalitet utan någon ytterligare komplettering.

I den obligatoriska fliken så har årsvis data begärts över vägens årsdygnstrafik (ÅDT) samt andel tung trafik. Om svar har erhållits för dessa två parametrar för något av åren så har mätstationen inkluderats i valideringen. Om svar har erhållits för bara ett av åren så har siffrorna sedan skalats om till det andra året med hjälp av passande skalfaktorer ifrån Trafikverket.

I den icke-obligatoriska fliken så har vi också begärt data kring fordonssammansättning, trafikens tidsvariation, uppgifter kring köbildning, sandning/saltning/dammbindning och bränslen för eventuella stadsbussar på vägen. Om dessa uppgifter inte har funnits så har SIMAIRs standardvärden använts.

Indatan som har tagits emot kommer ifrån en blandning av trafikmätningar och uppskattningar, och i vissa fall har indatan tagits emot för en närliggande väglänk som sedan har anpassats till den aktuella väglänken vid mätstationen. Ovanstående resulterade i 19 mätstationer i trafikmiljö för PM10 och 24 mätstationer för NO₂ med data åtminstone ett av åren, men i de flesta fall med data för båda åren². Dessa stationer finns listade i Tabell 2.

Förutom anpassning av parametrarna ovan så har även justeringar gjorts av Nortrip-parametrarna som anger användning av dubbdäck, asfaltens mjukhet, trafikens körcykel och eventuell sandning. Dessa siffror har vi fått för olika delar av landet genom att kontakta lokala bilverkstäder. Sverige har därefter delats in i tre olika regioner, Syd, Mitt och Norr med olika parametervärden för varje område. Detta är en förenkling av rätt komplexa förutsättningar, men det är viktigt att göra en ansats till verkliga förutsättningar för att kunna reproducera lokala partikelhalter runtom i Sverige. Parametervärden för antagandena i de tre regionerna finns angivna i Appendix 1.

I Tabell 3 har en sammanställning gjorts av några av de viktigaste trafikparametrarna som använts vid varje mätstation i studien. Denna tabell består av en kombination av insamlad och omskalad data från enkäterna samt data ifrån SIMAIRs basår.

Sammanfattningsvis så ser vi i dessa stationer en god geografisk spridning från Malmö i söder till Luleå i norr. Antalet mätstationer i norra delen av Sverige är dock rätt litet, framförallt med avseende på PM10 (Sundsvall, Östersund och Skellefteå), vilket kombinerat med bristen på urbana mätstationer för PM10 i samma område gör det svårt att fullständigt reda ut var modellförbättringar kan behöva göras. Detta beskrivs mer detaljerat i avsnitt 4.

² Ett stort tack till alla som hjälpt till att besvara vår enkät!

Kommun	Plats	Mätår	PM10	NO ₂
Borås	Kungsgatan	2021		x
	Kungsgatan	2022		x
Falun	Svärdsjögatan	2021		x
	Svärdsjögatan	2022		x
Gävle	Södra Kungsgatan	2021	x	x
	Södra Kungsgatan	2022	x	x
Göteborg	Gårda	2021	x	x
	Gårda	2022	x	x
Göteborg	Övre Husargatan	2021	x	x
	Övre Husargatan	2022	x	x
Halmstad	Viktoriagatan	2021		x
	Viktoriagatan	2022		x
Hedemora	Gussarvsgatan	2021	x	
	Gussarvsgatan	2022	x	
Helsingborg	Drottningsgatan	2021	x	x
	Drottninggatan	2022	x	x
Jönköping	Kungsgatan	2021		x
	Kungsgatan	2022		
Kalmar	Södra Vägen	2021	x	x
	Södra Vägen	2022	x	x
Kungälv	Strandgatan	2021		x
	Strandgatan	2022		x
Linköping	Hamngatan	2021	x	x
	Hamngatan	2022	x	x
Luleå	Sandviksgatan	2021		
	Sandviksgatan	2022		x
Malmö	Dalaplan	2021	x	x
	Dalaplan	2022	x	x
Malmö	Dalaplan 5B	2021		x
	Dalaplan 5B	2022		x
Norrköping	Kungsgatan 32	2021	x	x
	Kungsgatan 32	2022	x	x
Skellefteå	Kvarteret Pantern	2021	x	
	Kvarteret Pantern	2022	x	
Stockholm	Hornsgatan	2021	x	x
	Hornsgatan	2022	x	x
Sundbyberg	Tulegatan 9	2021	x	x
	Tulegatan 9	2022	x	x
Sundsvall	Bergsgatan	2021	x	
	Bergsgatan	2022	x	
Sundsvall	Köpmangatan	2021	x	x
	Köpmangatan	2022	x	x
Uppsala	Kungsgatan	2021	x	x
	Kungsgatan	2022	x	x
Visby	Österväg 17	2021	x	
	Österväg 17	2022	x	
Västerås	Melkertorget	2021	x	x
	Melkertorget	2022		
Växjö	Liedbergsgatan	2021	x	
	Liedbergsgatan	2022	x	
Örnsköldsvik	Centralesplanaden	2021	x	x
	Centralesplanaden	2022	x	x
Östersund	Rådhusgatan	2021	x	x
	Rådhusgatan	2022	x	x

Tabell 2. Mätstationer i gaturum 2021 och 2022 som har använts i den här studien.

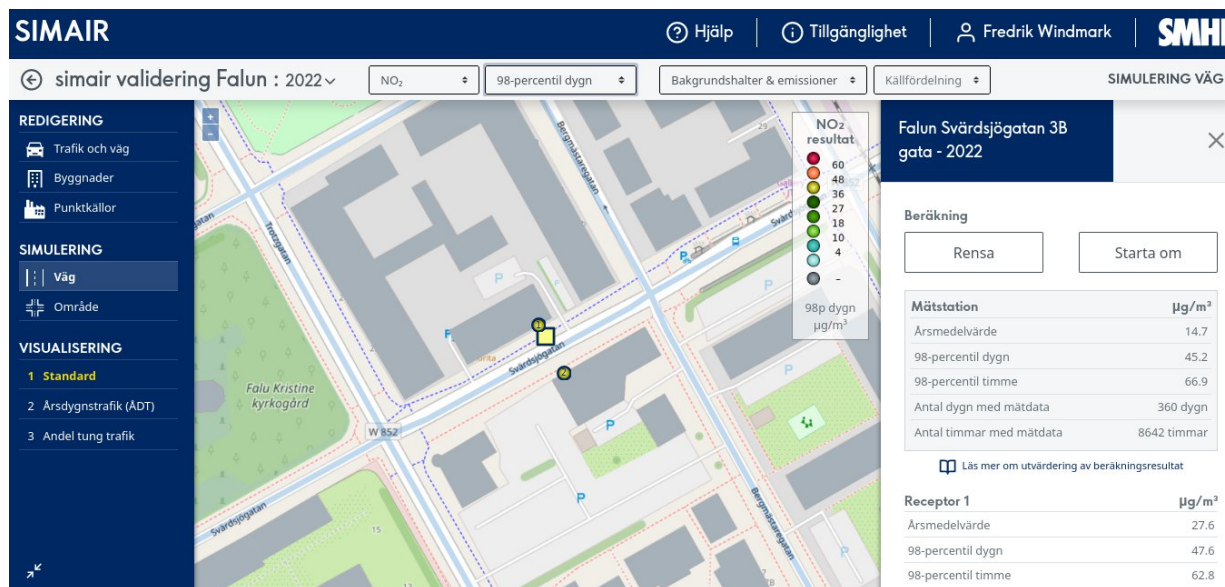
Kommun	Plats	År	ÅDT	Andel tung trafik	Hastighet	Andel dubbdäck	Justerade avancerade parametrar
Borås	Kungsgatan	2021	20 594	11,9	50	53	Kövariation
	Kungsgatan	2022	20 563	11,5	50	52,3	Kövariation
Falun	Svärdsjögatan	2021	7 152	34	40	89	
	Svärdsjögatan	2022	6 920	34,5	40	90	
Gävle	Södra Kungsgatan	2021	8 188	7,6	30	89	
	Södra Kungsgatan	2022	8 188	7,5	30	90	
Göteborg	Gårda	2021	106 398	10,35	70	54	
	Gårda	2022	109 562	9,95	70	35,7	
Göteborg	Övre Husargatan	2021	9 844	5,15	50	54	
	Övre Husargatan	2022	9 775	5,1	50	35,7	
Halmstad	Viktoriagatan	2021	26 800	6	40	54	
	Viktoriagatan	2022	26 800	6	40	55,3	
Hedemora	Gussarvg.	2021	8 679	4,6	50	89	
	Gussarvg.	2022	8 000	5	50	90	
Helsingborg	Drottningg.	2021	17 210	9,5	40	33	
	Drottningg.	2022	16 853	9,5	40	37,7	
Jönköping	Kungsgatan	2021	17 954	6,3	40	33	
	Kungsgatan	2022	-	-	-	-	
Kalmar	Södra Vägen	2021	12 672	5,8	40	33	
	Södra Vägen	2022	12 672	5,8	40	33	
Kungälv	Strandgatan	2021	8 395	4,55	30	54	
	Strandgatan	2022	8 415	5,25	30	55,3	
Linköping	Hamngatan	2021	12 543	4	40	50	
	Hamngatan	2022	12 600	4	40	50	
Luleå	Sandviksgatan	2021	-	-	-	-	
	Sandviksgatan	2022	13 310	10	50	95	
Malmö	Dalaplan	2021	22 750	6	40	33	
	Dalaplan	2022	20 657	7	40	18,7	
Malmö	Dalaplan 5B	2021	22 750	6	40	33	
	Dalaplan 5B	2022	20 657	7	40	18,7	
Norrköping	Kungsgatan 14	2021	15 450	6,84	40	64	
	Kungsgatan 14	2022	15 346	6,7	40	64,3	
Skellefteå	Kvarteret Pantern	2021	28 101	8,7	50	95	
	Kvarteret Pantern	2022	28 951	8,4	50	95	
Stockholm	Hornsgatan	2021	21 022	4,5	30	46	
	Hornsgatan	2022	20 682	7	30	38,7	
Sundbyberg	Tulegatan	2021	10 191	10,1	40	46	
	Tulegatan	2022	10 122	10,1	40	45,3	
Sundsvall	Bergsgatan	2021	13 022	6	40	89	
	Bergsgatan	2022	13 422	5,7	40	92,7	
Sundsvall	Köpmangatan	2021	10 082	7	50	89	
	Köpmangatan	2022	8 911	9	50	92,7	
Uppsala	Kungsgatan	2021	9 360	16,13	40	64	
	Kungsgatan	2022	9 289	16	40	62	
Visby	Österväg 17	2021	16 318	6,26	50	46	Tidsvariation
	Österväg 17	2022	16 200	6,2	50	45	Tidsvariation
Västerås	Melkertorget	2021	2 356	2,3	30	64	
	Melkertorget	2022	-	-	-	-	
Växjö	Liedbergsgatan	2021	12 000	26	50	33	
	Liedbergsgatan	2022	12 000	26	50	44	
Örnsköldsvik	Centralesplanaden 15C	2021	21 455	7	40	89	
	Centralesplanaden 15C	2022	22 080	6,88	40	90	
Östersund	Rådhusgatan	2021	10 718	7,3	40	95	Stadsbuss 100 % el
	Rådhusgatan	2022	11 067	7	40	92,7	Stadsbuss 100 % el

Tabell 3. Några av vägegenskaperna vid varje mätstation baserade på en kombination av insamlad och omskalad data från enkäterna samt data ifrån SIMAIRs basår.

2.2 Beräkningar med SIMAIR-systemet

För varje mätstation i urban bakgrund angiven i Tabell 1 har sedan beräkningar utförts i SIMAIR. Beräkningarna har gjorts genom att göra en lokal vägberäkning i systemet på en väglänk i närheten av mätstationen, men där väglänkens trafik, och därmed det lokala haltbidraget, har satts till noll.

Motsvarande SIMAIR-beräkningar har sedan gjorts för mätstationerna i trafikmiljö angivna i Tabell 2, med indata uppdaterat enligt Tabell 3. Se Figur 1 för ett exempel på hur en sådan beräkning kan se ut i SIMAIR-gränssnittet.



Figur 1. Exempel på SIMAIR-beräkningar av NO₂ för mätstationen vid Svärdsjögatan i Falun för år 2022.

3 Valideringsmetodik

Denna studie följer den valideringsmetodik som har använts i de tidigare valideringsstudierna av SIMAIR (Andersson och Omstedt, 2009; Andersson och Omstedt, 2013, Andersson mfl, 2018;). Detta beskrivs i följande del-avsnitt som handlar om statistiska indikatorer, utvärderingsverktyget DELTA Tool samt beskrivning av kvalitetsmålen för modellberäkningar.

3.1.1 Statistiska indikatorer

För att kvantifiera spridningsmodellens prestanda i form av överensstämmelse med uppmätta haltnivåer används olika statistiska indikatorer. Det mest grundläggande statistiska mått (lägesmått) i luftkvalitetssammanhang är medelkoncentrationen av luftföroreningen över en viss tidsperiod:

$$\bar{C} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C_i \quad (1)$$

där C_i kan vara exempelvis timmedel- eller dygnsmedelhalt för en viss tidpunkt och n är antalet observationer.

Då miljö kvalitetsnormerna (MKN) för utomhusluften i Sverige inte enbart är definierade för årsmedelvärden, utan även sätter gränser för antal överskridanden av en viss haltnivå för dygns- och timmedelvärden, är det även fördelaktigt att införa 90- respektive 98-percentiler av dygnsmedelvärden och timmedelvärden:

- 90-percentilen (90%-il) är haltvärdet som underskrids av högst 90 % och överskrids av högst 10 % av observationerna (dygns-/timmedelhalterna).
- 98-percentilen (98%-il) är haltvärdet som underskrids av högst 98 % och överskrids av högst 2 % av observationerna (dygns-/timmedelhalterna).

Standardavvikelse σ är ett mått som ofta förekommer, och definieras som:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (C_i - \bar{C})^2} \quad (2)$$

För att göra jämförelser med kvalitetsmålet på modellberäkningar enligt Naturvårdsverkets föreskrifter för kontroll av luftkvalitet (NFS 2019:9), som speglar kravet på modeller enligt EUs Luftdirektiv (2008/50/EG) (model quality objectives), används begreppen relativt percentilfel (*RPE*) och relativt direktivfel (*RDE*):

$$RPE = \left| \frac{O_p - M_p}{O_p} \right|, \quad (3)$$

där O_p är uppmätt halt för aktuell percentil och M_p är beräknad halt för aktuell percentil och

$$RDE = \left| \frac{O_{LV} - M_{LV}}{LV} \right|, \quad (4)$$

där O_{LV} är uppmätt halt och M_{LV} är beräknad halt som är närmast gränsvärdet enligt MKN och LV är gränsvärdet enligt MKN (t.ex. $50 \mu\text{g m}^{-3}$ för PM10 dygnsmedelvärde). Tolkningen av kvalitetsmålen har tagits fram inom ramen för det europeiska initiativet FAIRMODE (Denby et al., 2011). Detta beskrivs närmare i Avsnitt 3.1.3.

Andra relevanta statistiska indikatorer för valideringen är:

Korrelationskoefficient r som anger den linjära samvariationen mellan uppmätta och beräknade halter, det vill säga hur starkt det linjära sambandet mellan dem är, som definieras enligt:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (C_i^{mod} - \overline{C^{mod}})(C_i^{mätt} - \overline{C^{mätt}})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (C_i^{mod} - \overline{C^{mod}})^2 \sum_{i=1}^n (C_i^{mätt} - \overline{C^{mätt}})^2}} \quad (5)$$

där *mod* anger beräknad halt och *mätt* uppmätt halt.

Root mean square error, *RMSE*, används för att kvantifiera avvikelserna mellan modellerade och uppmätta halt-nivåer och definieras som:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (C_i^{mod} - C_i^{mätt})^2} \quad (6)$$

Om *RMSE* sedan normaliseras med osäkerheterna för observationerna (mätningarna), erhålls den statistiska indikatorn *Target*. Detta mått är det mått som FAIRMODE har föreslagit som den mest rättvisa indikatorn för modellprestanda. *Target* definieras som:

$$Target = \frac{RMSE}{2RMS_u} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (C_i^{mod} - C_i^{mätt})^2}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n U_i^2}} \quad (7)$$

där RMS_u är kvadraten på medelvärdet av mätningarnas osäkerhet U . En stor fördel med *Target* är att man väger in flera olika egenskaper i samma bedömning, bland annat *RMSE* och därmed korrelation, bias, mm. Notera också att *Target* även väger in mätningarnas osäkerhet; låga halt-nivåer har generellt högre mätosäkerhet än höga halt-nivåer, likaså kan mätosäkerheten skilja sig mellan olika föroreningar.

3.1.2 DELTA Tool

Inom ramen för EU-initiativet FAIRMODE (Forum for Air Quality Modelling in Europe³) har ett nytt utvärderingsverktyg tagit fram som syftar till att ge en snabb och fulltäckande diagnostik över modellprestanda för luftkvalitetsmodeller och meteorologiska modeller. Verktyget heter DELTA Tool⁴ (Thunis et al., 2015) och används i denna studie, liksom tidigare valideringsstudier för SIMAIR. Se Figur 2 för ett exempel på verktygets användargränssnitt.

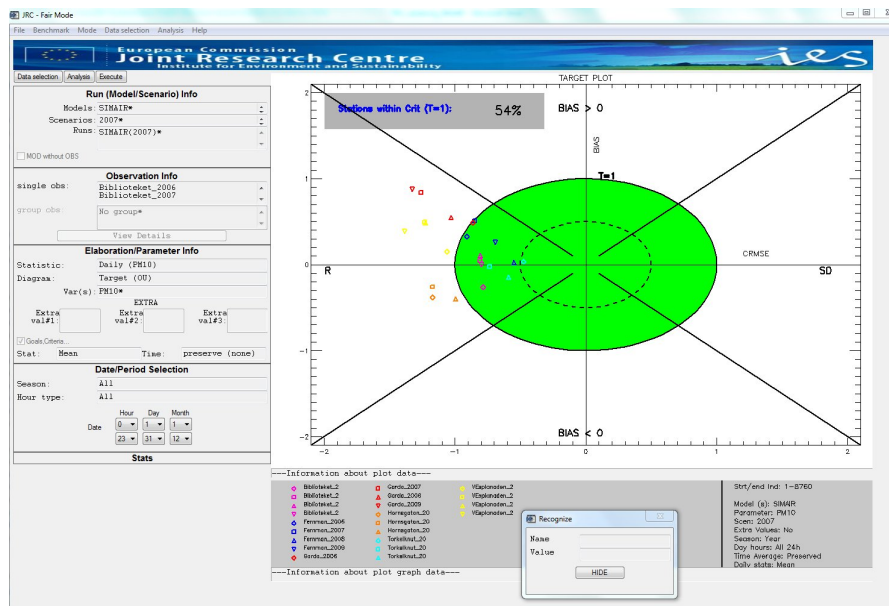
³ <https://fairmode.jrc.ec.europa.eu/>

⁴ <https://aqm.jrc.ec.europa.eu/Section/Assessment>

I DELTA Tool är det möjligt att utvärdera enskilda mätstationer, exempelvis genom tidsserier och scatterplots för enskilda år och stationer, men även sammanfattande figurer för många stationer i form av scatterplots, Taylordiagram, Targetdiagram och sammanfattande statistiktabeller.

Till var och en av de olika statistiska måtten och indikatorerna har FAIRMODE tagit fram förslag på kriterier (performance criteria) som ett bra beräkningsresultat anses ska kunna uppfylla. Dessa kriterier kompletterar således kvalitetsmålen (RPE och RDE), men är inte juridiskt bindande. Mer om dessa kriterier ges i Thunis et al. (2015).

I denna validering har DELTA Tool version 7.2 använts.



Figur 2. I denna studie har verktyget DELTA Tool version 7.2 (Thunis et al., 2015) använts för jämförelse mellan modellerade och uppmätta halter.

3.1.3 Kvalitetsmål för modellberäkningar

Enligt Naturvårdsverkets föreskrifter för kontroll av luftkvalitet (NFS 2019:9) finns kvalitetsmål uppställda som luftkvalitetsmodeller ska uppfylla. Dessa återspeglar kraven på modellberäkningar som finns definierade i EUs Luftdirektiv (2008/50/EG). Modellosäkerheten definieras i Luftdirektivet som: ”den största avvikelser mellan mätt och beräknad halt för 90 % av individuella mätstationer, över den betraktade perioden, vid gränsvärdet utan att ta hänsyn till tidpunkten för händelserna. Stationerna som används för jämförelsen skall vara representativa för modellskalan. Det framgår också att om antalet stationer är färre än 10 skall alla stationer användas vid utvärdering av modellosäkerhet.

Kvalitetsmålen finns angivna i Tabell 4. Som framgår av tabellen skiljer sig kvalitetsmålet åt beroende på vilket ämne och vilken tidsupplösning som avses. Exempelvis får modeller högst ha en osäkerhet på 50 % för NO₂ dygns- och timmedelvärden.

Osäkerhet för beräknad halt	SO ₂ , NO ₂ , NO _x och CO	PM ₁₀ , PM _{2.5} och bly	Bensen	Ozon och relaterade NO och NO ₂	Benso(a)pyren, PAH, arsenik, kadmium, nickel, totalt kvicksilver i gasform
Timmedelvärde	50 %	-	-	50 %	-
Medelvärde för åtta timmar	50 %	-	-	50 %	-
Dygnsmedelvärde	50 %	Ännu ej fastställt	-	-	-
Årmedelvärde	30 %	50 %	50 %	-	60 %

Tabell 4. Kvalitetsmål för luftkvalitetsmodellering enligt Naturvårdsverkets föreskrifter för kontroll av luftkvalitet (NFS 2019:9) som återspeglar kvalitetsmålen i EUs luftdirektiv (2008/50/EG).

Tolkningen av kvalitetsmålen är inte trivial, men inom FAIRMODE (Denby et al., 2011) har två matematiska mått tagits fram; relativt percentilfel (RPE, se ekvation 3) samt relativt direktivfel (RDE, se ekvation 4).

Varför två mått används beror på att de är lämpliga för olika situationer, beroende på hur halterna förhåller sig till gränsvärdet (Referenslaboratoriet för tätortsluft – modeller, 2018). Fördelen med RDE är att modellprestandan verkligen utvärderas för gränsvärdet enligt MKN, vilket är ett viktigt användningsområde för spridningsmodeller.

Om dygns- och timmedelhalterna däremot är låga och väl underskrider gränsvärdet, vilket ofta är fallet för svenska förhållanden, rekommenderas användning av RPE. Orsaken är att utvärdering med RDE då skulle riskera att återspegla de mest extrema halterna, vilka kan vara orsakade av slumpmässiga händelser, såsom bränder, fasadrenoveringar, fyrverkerier mm. För årsmedelvärden rekommenderas däremot RDE att användas för halter som väl underskrider gränsvärdena, medan RPE bör användas vid höga halter.

RPE och RDE har dock vissa brister och kan i vissa fall vara missvisande som indikator för modellers prestanda (exempelvis kan korrelationen vara hur låg som helst, även om RDE och RPE blir perfekta). Där kan istället Target (ekvation 7) vara ett mer rättvist mått, då det även tar hänsyn till korrelation, bias och även mätningarnas osäkerhet.

3.1.4 Tolkning av Targetdiagram

Target definieras som RMSE normaliserat med osäkerheten för observationerna $2RMS_U$ (ekvation 7) och ett Targetdiagram kan konstrueras där Target visualiseras i form av avståndet till origo. Detta visas i Figur 3. X-axeln anger centrerat root mean square error CRMSE och y-axeln anger Bias och dess tecken (båda axlarna är normaliserade med osäkerheten för observationerna $2RMS_U$). Bias är avvikelsen mellan modellerat och uppmätt årsmedelvärde. Utifrån diagrammet kan man således utläsa medelbias, men även indirekt fas och amplitud i och med att det finns ett samband mellan RMSE, korrelationskoefficient och standardavvikelse.

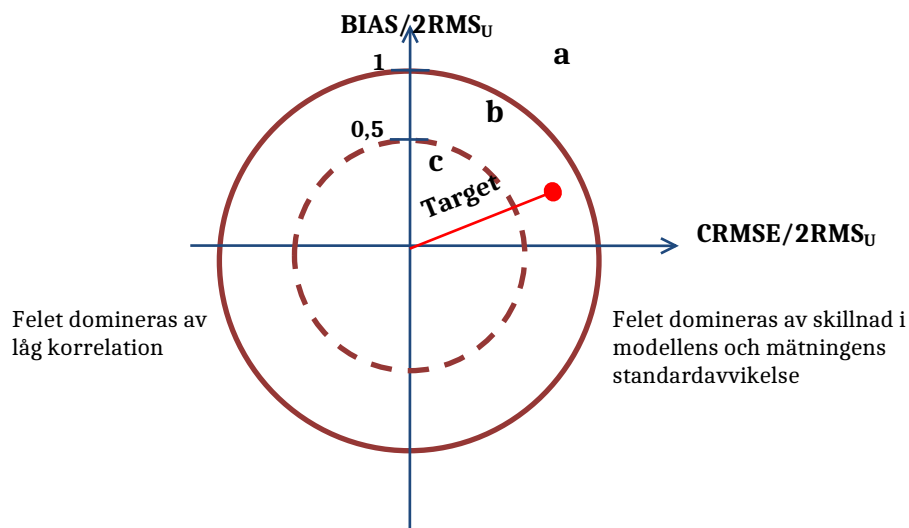
Således, ju närmare origo en punkt är i ett Targetdiagram, desto bättre är resultatet. Diagrammet ger också information om vad huvudorsaken till avvikelsen mellan modellen och observationen är. Om felet domineras av låg korrelation är punkterna på den negativa sidan av x-axeln medan om felet domineras av stor avvikelse i amplitud/standardavvikelse är punkterna på den positiva sidan på x-axeln. Det ger även information om bias och dess tecken.

Tre fall kan utläsas från Targetdiagrammet:

- Target $\leq 0,5$: I detta fall är RMSE mellan modellerad och observerad halt mindre än osäkerheten hos mätningarna. Modellens resultat är i genomsnitt inom osäkerhetsintervallet hos mätningarna. Detta innebär att ytterligare förbättring av modellens prestanda inte är meningsfull i jämförelse med dessa mätningar.
- $0,5 < \text{Target} \leq 1,0$: I detta fall är RMSE mellan modellerad och observerad halt i genomsnitt större än osäkerheten hos mätningarna, men modellen kan fortfarande vara en bättre prediktor för atmosfärens ”verkliga” kemiska tillstånd än mätningarna.
- Target $> 1,0$: I detta fall är modellens resultat längre från atmosfärens ”verkliga” kemiska tillstånd än mätningarna.

Target < 1.0 (att ett godkänt modellresultat ska ha ett Target-värde mindre än 1.0) föreslås inom FAIRMODE att vara kriteriet.

Targetdiagrammet beskriver två indikatorer för modellkvalitet med benämning model quality indicator hourly/daily (MQI_HD) och model quality indicator yearly average result (MQI_YR). Dessa anger hur modellen presterar gentemot mätningar för tre tidsskalor; timmar, dygn och årsmedel. När MQI har ett värde som överstiger 1.0, är skillnaden mellan modellerade och uppmätta halter relativt stora och modellkvalitet uppnås inte.



Figur 3. Schematisk skiss över ett Targetdiagram. Röd heldragen cirkel anger Target = 1 och röd streckad linje anger Target = 0,5. Tre fall kan utläsas från Targetdiagrammet (a, b och c), vilket förklaras i texten ovan.

4 Resultat

De uppmätta och simulerade halterna har analyserats enligt metodiken beskriven i föregående avsnitt.

Resultaten av denna analys delas här upp efter ämne och typ av mätstation. I varje resultatsektion (PM10 urban bakgrund, PM10 trafikmiljöer, NO2 urban bakgrund och NO2 trafikmiljöer) presenteras resultaten med hjälp av både figurer och tabeller.

Punktdiagram för årsmedel och percentiler används för att presentera den samlade övergripande bilden av hur modellerade och uppmätta halter förhåller sig till varandra. Som komplement till punktdiagram finns även en tabell som visar modellerade och uppmätta halter samt en korrektionsfaktor för varje mätstation. De statistiska indikatorerna RDE och RPE presenteras i form av tabeller med data som indikerar huruvida gränsvärden för modellkvalitet överskrids. Ytterligare statistik över modellens prestanda kan utläsas ur Targetdiagram framtagna med hjälp av DELTA Tool.

4.1 PM10

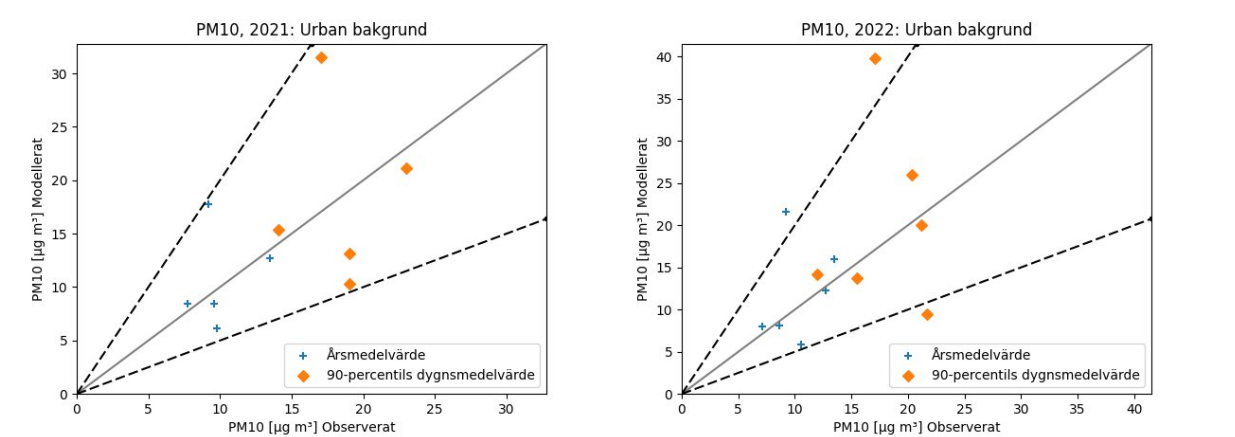
4.1.1 Urban bakgrund

För PM10 vid urbana stationer ses överlag en god överensstämmelse mellan modell och mätningar, där datapunkter för årsmedelvärde och percentiler ses nära 1:1-linjen i punktdiagrammen för ett antal stationer (se Figur 4 och Tabell 5). Det finns dock undantag. År 2021 ligger station Stockholm Torkel Knutssongatan nära 50 % avvikelse och överskattas av modellen och för 2022 är avvikelsen ännu större. I Visby underskattas däremot den urbana halten och ligger nära 50 % avvikelse båda åren. Någon systematisk tendens till över- eller underskattning beroende på plats i Sverige eller omgivning går inte att utläsa, då det finns relativt få urbana stationer för PM10.

Modellkvalitetsmålen uttryckt som RDE uppnås år 2021 (Tabell 6) för PM10 årsmedelhalt men inte för 2022 (Tabell 7). För 90-percentilen uppnås inte kvalitetsmålet något år, då flera stationer visar på större avvikelse än 50 % mellan modell och mätning för både RPE och RDE.

Samma slutsats kan konstateras från de statistiska indikatorerna i Targetdiagrammet (Figur 5) där Stockholm Torkel Knutssongatan ligger över target år 2021 och mycket över target år 2022. Avvikelsen drivs år 2021 av en låg korrelationskoefficient medan år 2022 av en hög standardavvikelse. År 2022 bidrar även Göteborg Femman till

det sämre resultat där target ligger högt ($T > 1$) och drivs av en låg korrelation. MQI_HD uppnås år 2021 med targetvärde $T < 1$ men inte 2022, MQI_YR uppnås inte något år då $T > 1$.



Figur 4. Årsmedelhalter och 90-percentiler av PM10 i urban bakgrund för åren 2021 och 2022.

Kommun	Plats	År	Sim årsmedel	Mätt årsmedel	Korr årsmedel	Sim 90-percentil	Mätt 90-percentil	Korr 90-percentil
Göteborg	Femman	2021						
		2022	16,02	13,48	0,84	25,97	20,32	0,78
Malmö	Rådhuset	2021	12,66	13,49	1,07	21,17	23,03	1,09
		2022	12,32	12,76	1,04	20,01	21,17	1,06
Norrköping	Trädgårdsgatan	2021	8,48	9,61	1,13	13,13	19,04	1,45
		2022	8,11	8,64	1,07	13,78	15,48	1,12
Stockholm	Torkel Knutssonsgatan	2021	17,75	9,2	0,52	31,52	17,03	0,54
		2022	21,57	9,22	0,43	39,84	17,12	0,43
Uppsala	Dragarbrunnsgatan 23	2021	8,45	7,75	0,92	15,37	14,05	0,91
		2022	8,05	7,12	0,88	14,24	11,95	0,84
Visby	Brömsebroväg 8	2021	6,18	9,8	1,59	10,29	19,07	1,85
		2022	5,84	10,55	1,81	9,44	21,71	2,3

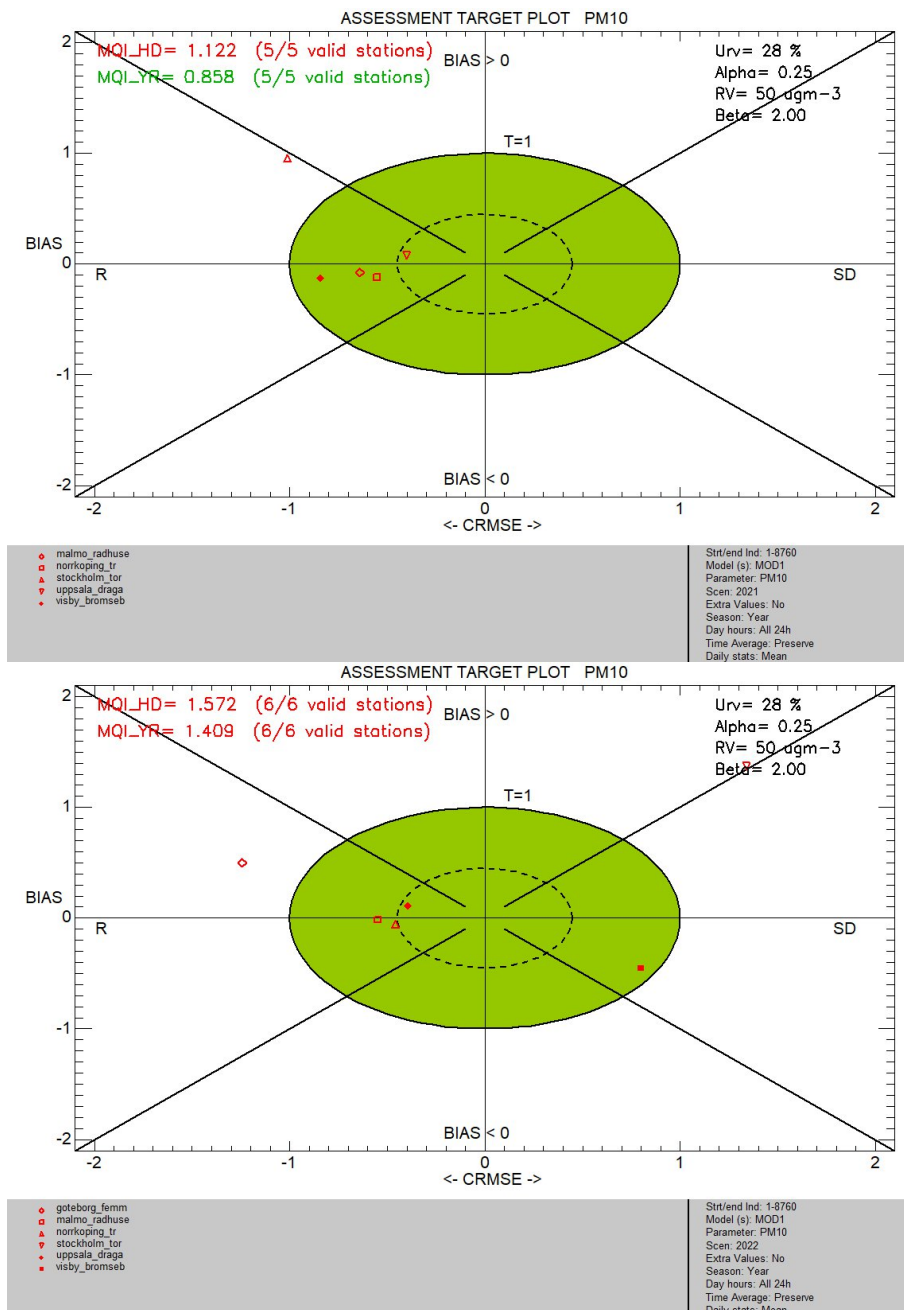
Tabell 5. Simulerade och uppmätta halter tillsammans med korrektionsfaktorer för årsmedel och 90-percentiler av PM10 vid urbana bakgrundsstationer för åren 2021 och 2022.

Kommun	Plats	År	RDE årsmedel	RDE 90-percentil dygn	RPE 90-percentil dygn
Malmö	Rådhuset	2021	0,02	0,18	0,08
Norrköping	Trädgårdsgatan	2021	0,03	0	0,31
Stockholm	Torkel Knutssonsgatan	2021	0,21	0,8	0,85
Uppsala	Dragarbrunnsgatan 23	2021	0,02	0,24	0,09
Visby	Brömsebroväg 8	2021	0,09	0,47	0,46

Tabell 6. RDE och RPE för årsmedel och 90-percentil dygn av PM10 vid urbana bakgrundsstationer år 2021.

Kommun	Plats	År	RDE årsmedel	RDE 90-percentil dygn	RPE 90-percentil dygn
Göteborg	Femman	2022	0,06	1,22	0,28
Malmö	Rådhuset	2022	0,01	0,2	0,05
Norrköping	Trädgårdsgatan	2022	0,01	0,1	0,11
Stockholm	Torkel Knutssonsgatan	2022	0,31	1,74	1,33
Uppsala	Dragarbrunnsgatan 23	2022	0,02	0,13	0,19
Visby	Brömsebroväg 8	2022	0,12	0,69	0,56

Tabell 7. RDE och RPE för årsmedel och 90-percentil dygn av PM10 vid urbana bakgrundsstationer år 2022.



Figur 5. Targetdiagram av PM10 vid urbana bakgrundsstationer år (a) 2021 och (b) 2022.

4.1.2 Trafikmiljöer

För partikelhalter är den generella bilden att dessa vid många stationer stämmer relativt väl överens mellan mätningar och modellresultat (Figur 6). Vi ser ett fåtal stationer där modellen överskattar halterna (Göteborg Gårda och Örnköldsvik) och ett antal stationer där halterna underskattas (Hedemora, Kalmar, Linköping, Visby, Västerås och Östersund).

De platser som har stora underskattningar i södra Sverige har en trafikbelastning på omkring 10 000 bilar per dygn, andel tung trafik omkring 2-6 % samt dubbdäcksanvändning omkring 30-64 %. De platser i norra Sverige som har stora underskattningar har relativt hög dubbdäcksanvändning omkring 90 % och en trafikbelastning på 8000-10000 bilar per dygn. (Tabell 3). I norra Sverige är det lokala haltbidraget dominerande medan det i södra Sverige finns större variationer i fördelningen mellan regionalt, urbant och lokalt haltbidrag beroende på plats.

I Linköping och Kalmar är den modellerade vårtoppen relativt låg och halterna domineras av det regionala bidraget. I Visby är däremot den modellerade vårtoppen relativt hög och halten domineras av det regionala och det lo-

kala bidraget. Vid andra platser (exempelvis Sundsvall Bergsgatan) där indata för väg och trafik (såsom exempelvis ÅDT, andel tung trafik och hastighet på vägen) är relativt lika de i Kalmar och Visby men med undantag av dubbdäcksandelar som är högre i Sundsvall. I Sundsvall fås ett bättre överensstämmande resultat mellan modell och mätning dock med viss tendens till överskattning av modellen som eventuellt kan vara kopplad till högre andel dubbdäcksanvändning. Vid Drottninggatan Helsingborg fås också ett bra resultat där indata är likartad jämfört med Linköping och Kalmar, med undantag för trafikmängden och andelen tung trafik som är något högre i Helsingborg och därmed är slitaget av vägarna något högre. I Helsingborg dominerar halterna under året till stor del av det regionala bidraget (67 %).

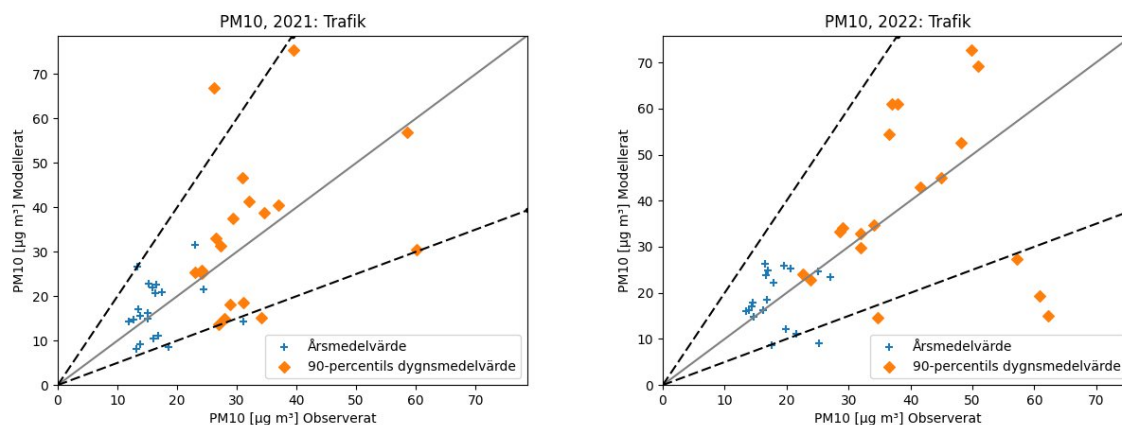
Utifrån ovanstående konstateranden är det alltså svårt att peka på något specifikt övergripande mönster som skulle kunna förklara de fall där betydande underskridanden finns. En förklaring skulle kunna vara att modellen producerar för låga partikelemissioner vid låg trafikbelastning ($\text{ÅDT} < 15\,000$). En annan förklaring till underskattningar kan vara att indata för halkbekämpning är bristfällig eller att vägbanans fuktighet inte är väl reproducerad i emissionsmodellen NORTIP. Emissionsfaktorn för vägdamm är en svår variabel att beräkna. Den påverkas av många olika faktorer kopplade till vägytans egenskaper, miljöfaktorer, trafikbelastning, fordonshastighet som alla har osäkerheter och därmed ger stora osäkerheter (Denby et al., 2013, Galatioto et al., 2022, Kauhaniemi et al., 2014). Just trafikbelastningen och fordonshastigheten kan vara parametrar som kan skilja sig från dag till dag jämfört med hur de beskrivs i indata till SIMAIR. Hastigheten som råder på en väg behöver till exempel inte alls vara vägens skyltade hastighet, vilket kan ge upphov till avvikelser i hur stora partikelemissioner som genereras samt hur mycket partiklar som virvlas upp från vägbanan på grund av fordonsinducerad turbulens.

Det finns även osäkerheter i mätningar för partiklar och det är känt att mätningar under vissa förhållanden kan vara så mycket som 30 % överskattade men vi känner inte till om så har varit fallet för någon av de specifika mätningar som använts i denna studie. Ytterligare kan det också finnas lokalspecifika aspekter som inte fångas av modellen såsom en källa i närheten av mätningarna som saknas i modellen. I Visby står mätaren i nära anslutning till en restaurang med parkeringar. Utsläpp från parkeringsplatser ingår inte i beräkning av utsläpp kring vägar. Mätningens representativitet skiljer sig med andra ord från modellen och jämförelser mellan dem kan då bli svåra att utvärdera med hänsyn till hur stor effekt lokalspecifika aspekter kan ha på resultatet.

I Kalmar står mätinstrumenten vid en plats där en byggnad ser ut att ha rivits och under 2022 rådde där sandig mark. Detta kan påverka partikelhalterna avsevärt. I juni 2023 verkar en ny byggnad vara upprättad på den här platsen enligt satellitbilder från Google Maps. Flertalet höga toppar i mars går att urskilja i mätningarna 2022 men också en större topp i mitten på maj. Denna topp syns inte i modellen och kan tyda på att det finns en annan källa som bidrar till uppmätta halter men som inte beskrivs väl i emissionerna. 2021 visar inte på denna avvikelse i Kalmar. Det finns även en punktkälla i form av en industriskorsten cirka 100 m nordost om mätplatsen i Kalmar som kan ha påverkan på de lokala halterna.

Modellkvalitetsmålen uppnås för PM₁₀ på årsmedelbasis för båda åren (Tabell 8 och Tabell 9). RDE är i del flesta fall mycket under målvärdet på 0,5 för årsmedel. För 90-percentilen klaras inte modellkvalitetsmålet något år för vare sig RDE eller RPE. År 2021 var 65-80 % av stationerna under målvärdet med god marginal för RDE och RPE för percentilen medan resten låg över denna gräns (Göteborg, Linköping, Sundsvall, Västerås, Visby och Örnsköldsvik). År 2022 visade ca. 70-80 % av stationerna målvärde under 0,5 oftast med god marginal medan fyra stationer låg över målvärdet för RDE (Kalmar, Linköping, Visby och Örnsköldsvik) och sex stationer låg över målvärdet för RPE (Hedemora, Kalmar, Linköping, Sundsvall Bergsgatan, Visby och Örnsköldsvik). Alltså klaras inte modellkvalitetsmålet för percentilen något år för PM₁₀.

Enligt analysen av Targetdiagrammet presterar modellen något sämre med relativt höga värden för MQI_{HD} och MQI_{YR} för båda åren (Figur 7 a och b). Detta indikerar att det finns avvikelser mellan modell och mätning både vid korta tidsperioder under året (MQI_{HD}) samt att den övergripande årliga variationen (MQI_{YR}) skiljer sig mellan modell och observationsdata. Många stationer ligger utanför target i Targetdiagrammet. Den något sämre överensstämmelsen mellan modell och mätning drivs av både låg korrelation tillsammans med hög positiv bias samt standardavvikelsen tillsammans med negativ bias (Gävle, Kalmar, Linköping och Visby). Att standardavvikelsen har stora skillnader mellan modell och mätning kan tyda på att det finns en källa eller ett utsläppsevent som inte fångas upp i modellen.



Figur 6. Årsmedelhalter och 90-percentilen av PM10 i trafikmiljöer för åren 2021 och 2022.

Kommun	Plats	År	sim	Årsmedel		sim	90-percentil dygn		korr
				mätt	korr		mätt	korr	
Gävle	Södra Kungsgatan	2021	14,77	12,7	0,86	25,29	24,31	0,96	
		2022	16,15	16,27	1,01	32,96	32,03	0,97	
Göteborg	Gårda	2021	31,49	23,08	0,73	75,33	39,46	0,52	
		2022	24,72	25,04	1,01	52,61	48,21	0,92	
Göteborg	Övre Husargatan	2021	20,84	17,52	0,84	37,46	29,28	0,78	
		2022	18,46	16,75	0,91	29,89	31,91	1,07	
Hedemora	Gussarvsgatan	2021	10,56	16,09	1,52	18,23	28,93	1,59	
		2022	12,21	19,9	1,63	27,36	57,22	2,09	
Helsingborg	Drottninggatan	2022	16,03	13,46	0,84	23,97	22,64	0,94	
		2021	15,69	13,88	0,88	25,39	22,97	0,9	
Kalmar	Södra Vägen	2021	9,22	13,8	1,5	15,02	27,92	1,86	
		2022	8,76	17,59	2,01	14,67	34,71	2,37	
Linköping	Hamngatan	2021	11,13	16,87	1,52	18,63	31,02	1,66	
		2022	11,06	21,52	1,95	19,43	60,78	3,13	
Malmö	Dalaplan	2021	14,85	15,14	1,02	25,22	24,12	0,96	
		2022	14,85	14,62	0,98	22,83	23,88	1,05	
Norrköping	Kungsgatan	2021	16,27	15,15	0,93	31,33	27,26	0,87	
		2022	16,28	13,89	0,85	33,35	28,54	0,86	
Skellefteå	Kvarteret Pantern	2021	21,49	24,36	1,13	56,87	58,53	1,03	
		2022	23,33	27,03	1,16	72,64	49,84	0,69	
Stockholm	Hornsgatan	2021	22,66	16,51	0,73	38,73	34,52	0,89	
		2022	25,89	19,54	0,75	44,92	44,99	1	
Sundbyberg	Tulegatan 9	2022	22,22	17,88	0,8	43,01	41,63	0,97	
		2021	21,88	15,9	0,73	41,41	32,03	0,77	
Sundsvall	Bergsgatan	2022	23,87	16,6	0,7	54,47	36,53	0,67	
		2021	20,59	16,4	0,8	40,49	36,95	0,91	
Sundsvall	Köpmangatan	2021	22,82	15,19	0,67	46,72	30,88	0,66	
		2022	26,36	16,48	0,63	60,89	37,86	0,62	
Uppsala	Kungsgatan	2021	17,02	13,52	0,79	32,99	26,51	0,8	
		2022	17,95	14,57	0,81	34,17	29,05	0,85	
Västerås	Melkertorget	2021	8,17	13,15	1,61	13,61	27,04	1,99	
		2022	-	-	-	-	-	-	
Växjö	Liedbergsgatan	2021	14,23	11,84	0,83	25,82	24,07	0,93	
		2022	17	14,42	0,85	34,68	34,05	0,98	
Visby	Österväg	2021	8,56	18,59	2,17	15,2	34,11	2,24	
		2022	8,99	25,29	2,81	14,98	62,22	4,15	
Örnsköldsvik	Centralesplanaden	2022	24,94	16,98	0,68	61	37,06	0,61	
		2021	26,76	13,36	0,5	66,97	26,15	0,39	
Östersund	Rådhusgatan	2021	14,34	31,12	2,17	30,43	60,2	1,98	
		2022	25,33	20,67	0,82	69,14	50,93	0,74	

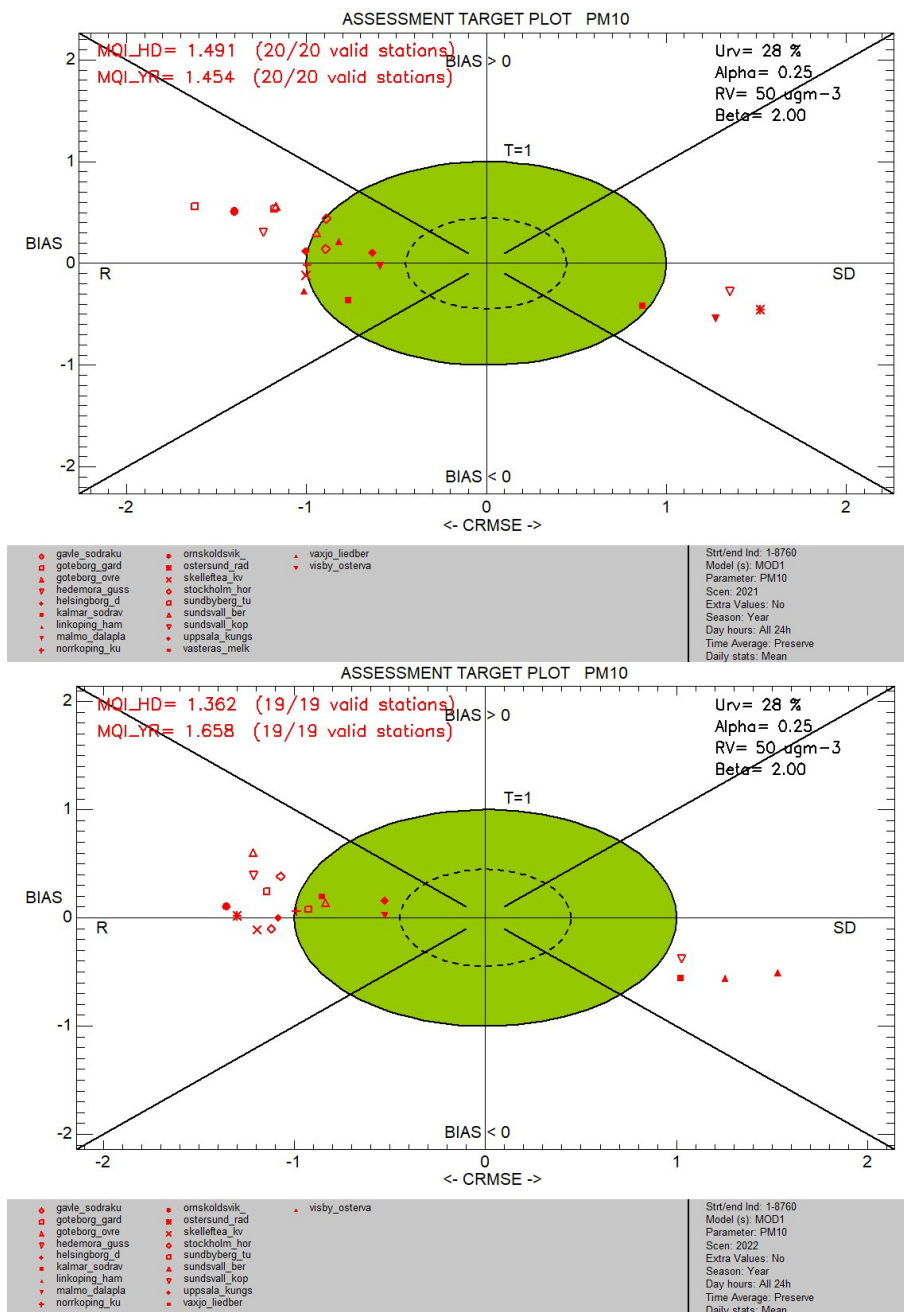
Tabell 8. Uppmätta och simulerade värden för årsmedel och 90-percentil samt korrektionsfaktorer (korr) för PM10 i trafikmiljöer.

Kommun	Plats	År	RDE årsmedel	RDE 90-perc dygn	RPE 90-perc dygn
Gävle	Södra Kungsgatan	2021	0,05	0,04	0,04
Göteborg	Gårda	2021	0,21	0,93	0,91
Göteborg	Övrehusargatan	2021	0,08	0,47	0,28
Hedemora	Gussarvsgatan	2021	0,14	0,44	0,37
Helsingborg	Drottninggatan	2021	0,05	0,05	0,11
Kalmar	Södra Vägen	2021	0,11	0,42	0,46
Linköping	Hamngatan	2021	0,14	0,54	0,4
Malmö	Dalaplan	2021	0,01	0,24	0,05
Norrköping	Kungsgatan	2021	0,03	0,06	0,15
Skellefteå	Kvarteret Pantern	2021	0,07	0	0,03
Stockholm	Hornsgatan	2021	0,15	0	0,12
Sundbyberg	Tulegatan 9	2021	0,15	0,08	0,29
Sundsvall	Bergsgatan	2021	0,19	0,4	0,51
Sundsvall	Köpmangatan	2021	0,1	0,72	0,1
Uppsala	Kungsgatan	2021	0,09	0,6	0,24
Västerås	Melkertorget	2021	0,12	0,61	0,5
Växjö	Liedbergsgatan	2021	0,06	0,19	0,07
Visby	Österväg	2021	0,25	0,63	0,55
Örnsköldsvik	Centralesplanaden	2021	0,34	1,09	1,56
Östersund	Rådhusgatan	2021	0,42	0,41	0,49

Tabell 9. Statistiska indikatorer RDE och RPE för PM10-halter vid trafikstationer 2021.

Kommun	Plats	År	RDE årsmedel	RDE 90-perc dygn	RPE 90-perc dygn
Gävle	Södra Kungsgatan	2022	0	0,24	0,03
Göteborg	Gårda	2022	0,01	0,06	0,09
Göteborg	Övre Husargatan	2022	0,04	0,17	0,06
Hedemora	Gussarvsgatan	2022	0,19	0,49	0,52
Helsingborg	Drottninggatan	2022	0,06	0,02	0,06
Kalmar	Södra Vägen	2022	0,22	0,6	0,58
Linköping	Hamngatan	2022	0,26	0,62	0,68
Malmö	Dalaplan	2022	0,01	0,01	0,04
Norrköping	Kungsgatan	2022	0,06	0,02	0,17
Skellefteå	Kvarteret Pantern	2022	0,09	0,46	0,46
Stockholm	Hornsgatan	2022	0,16	0,03	0
Sundbyberg	Tulegatan 9	2022	0,11	0,06	0,03
Sundsvall	Bergsgatan	2022	0,25	0,43	0,61
Sundsvall	Köpmangatan	2022	0,18	0,32	0,49
Uppsala	Kungsgatan	2022	0,08	0,43	0,18
Växjö	Liedbergsgatan	2022	0,06	0,09	0,02
Visby	Österväg	2022	0,41	0,72	0,76
Örnsköldsvik	Centralesplanaden	2022	0,2	0,64	0,65
Östersund	Rådhusgatan	2022	0,12	0,34	0,36

Tabell 10. Statistiska indikatorer RDE och RPE för PM10-halter vid trafikstationer 2022.



Figur 7. Targetdiagram för PM10 vid trafikstationer år 2021 och 2022.

4.2 NO₂

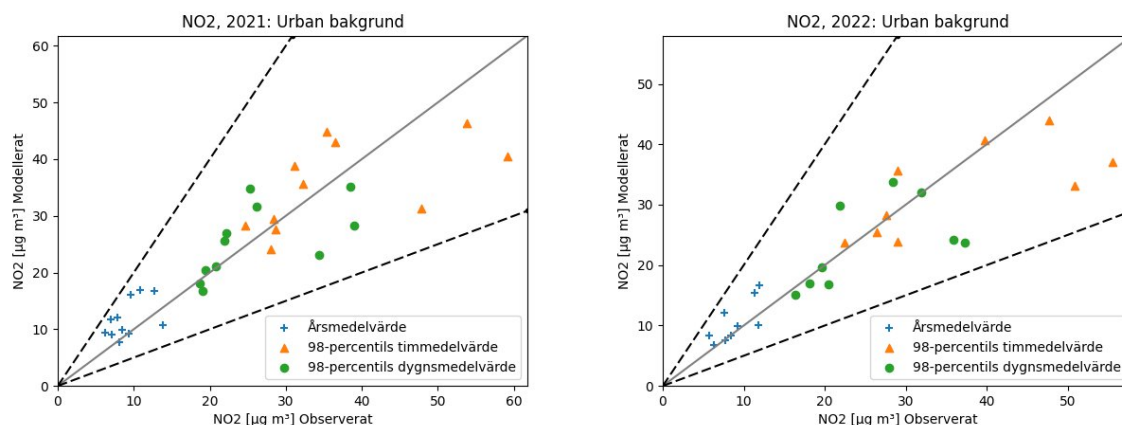
4.2.1 Urban bakgrund

För urbana bakgrundsstationer ses en god överensstämmelse mellan modell och mätning för båda åren (Figur 8). Ett par stationer visar på tendens till överskattning av årsmedelvärdena år 2021 i Stockholm, Uppsala samt Halmstad (Tabell 11) där avvikelsen mellan modell och mätning är något större än 30 %. En möjlig förklaring kan vara att trafiken har varit påverkad av restriktioner under pandemin då en stor andel av befolkningen arbetade hemifrån vilket kan ha haft betydande effekt på bilåkandet med en minskad trafik som följd och således för höga trafikmängder i modellen. Samtliga percentiler har mindre avvikelse än 50 %.

Modellkvalitetsmålen uttryckt som RDE och RPE (Tabell 12 och Tabell 13) uppnås med god marginal båda åren där alla stationer avviker mindre än 30 % för årsmedel. För percentilerna år 2021 visar mer än 90 % av stationerna

på mindre än 50 % avvikelse medan för år 2022, med färre analyserade stationer uppnås inte RDE för 98-percentilen dygn vilket gör att modellkvalitetsmålet då inte uppnås för denna indikator. RPE uppnås för samtliga stationer och år.

Modellkvalitetsmålen uttryckt som MQI_HD och MQI_YR uppnås båda år (Figur 8) där samtliga stationer i urban bakgrund återfinns inom target (T<1).



Figur 8. Årsmedelhalter och percentiler av NO2 i urban bakgrund för åren 2021 och 2022.

Kommun	Plats	År	Sim årsmedel	Mätt årsmedel	Korr årsmedel	Sim 98-perc dygn	Mätt 98-perc dygn	Korr 98-perc dygn	Sim 98-perc timme	Mätt 98-perc timme	Korr 98-perc timme
Falun	Östra Falan	2021	9,98	8,45	0,85	23,13	34,39	1,49	31,25	47,9	1,53
	Östra Falan	2022	9,97	9,2	0,92	24,16	35,85	1,48	33,08	50,9	1,54
Göteborg	Femman	2021	16,81	12,67	0,75	35,17	38,5	1,09	46,3	53,84	1,16
	Femman	2022	15,33	11,3	0,74	32,09	31,93	1	43,91	47,75	1,09
Halmstad	Teatertaket	2021	12,08	7,9	0,65	25,66	21,94	0,86	38,84	31,1	0,8
Helsingborg	Norr	2022	16,72	11,92	0,71	33,71	28,45	0,84	40,61	39,8	0,98
Landskrona	Storgatan 24	2021	7,8	8,12	1,04	16,82	19,05	1,13	24,18	27,99	1,16
	Storgatan 24	2022	7,6	7,76	1,02	16,82	20,51	1,22	23,94	29	1,21
Lund	Spyken	2021	9,11	7,08	0,78	18,04	18,67	1,04	28,22	24,61	0,87
	Spyken	2022	6,75	6,26	0,93	15,08	16,34	1,08	23,68	22,4	0,95
Malmö	Rådhuset	2021	9,22	9,31	1,01	21,07	20,75	0,98	29,5	28,4	0,96
	Rådhuset	2022	8,4	8,36	0,99	19,59	19,66	1	28,21	27,6	0,98
Mölnadal	Göteborgsv, tak	2021	10,73	13,81	1,29	28,25	38,98	1,38	40,47	59,15	1,46
	Göteborgsv, tak	2022	10,1	11,84	1,17	23,78	37,33	1,57	36,99	55,5	1,5
Norrköping	Trädgårdsgatan	2021	11,82	6,96	0,59	26,97	22,13	0,82	35,72	32,25	0,9
Stockholm	Sveavägen	2021	16,91	10,8	0,64	34,81	25,24	0,73	44,76	35,4	0,79
Stockholm	Torkel Knutsson	2021	16,07	9,63	0,6	31,67	26,14	0,83	43,01	36,5	0,85
	Torkel Knutsson	2022	12,16	7,6	0,63	29,81	21,81	0,73	35,59	29	0,81
Uppsala	Dragarbrunnsg	2021	9,32	6,29	0,67	20,4	19,45	0,95	27,69	28,6	1,03
	Dragarbrunnsg	2022	8,28	5,75	0,69	17,05	18,1	1,06	25,38	26,4	1,04

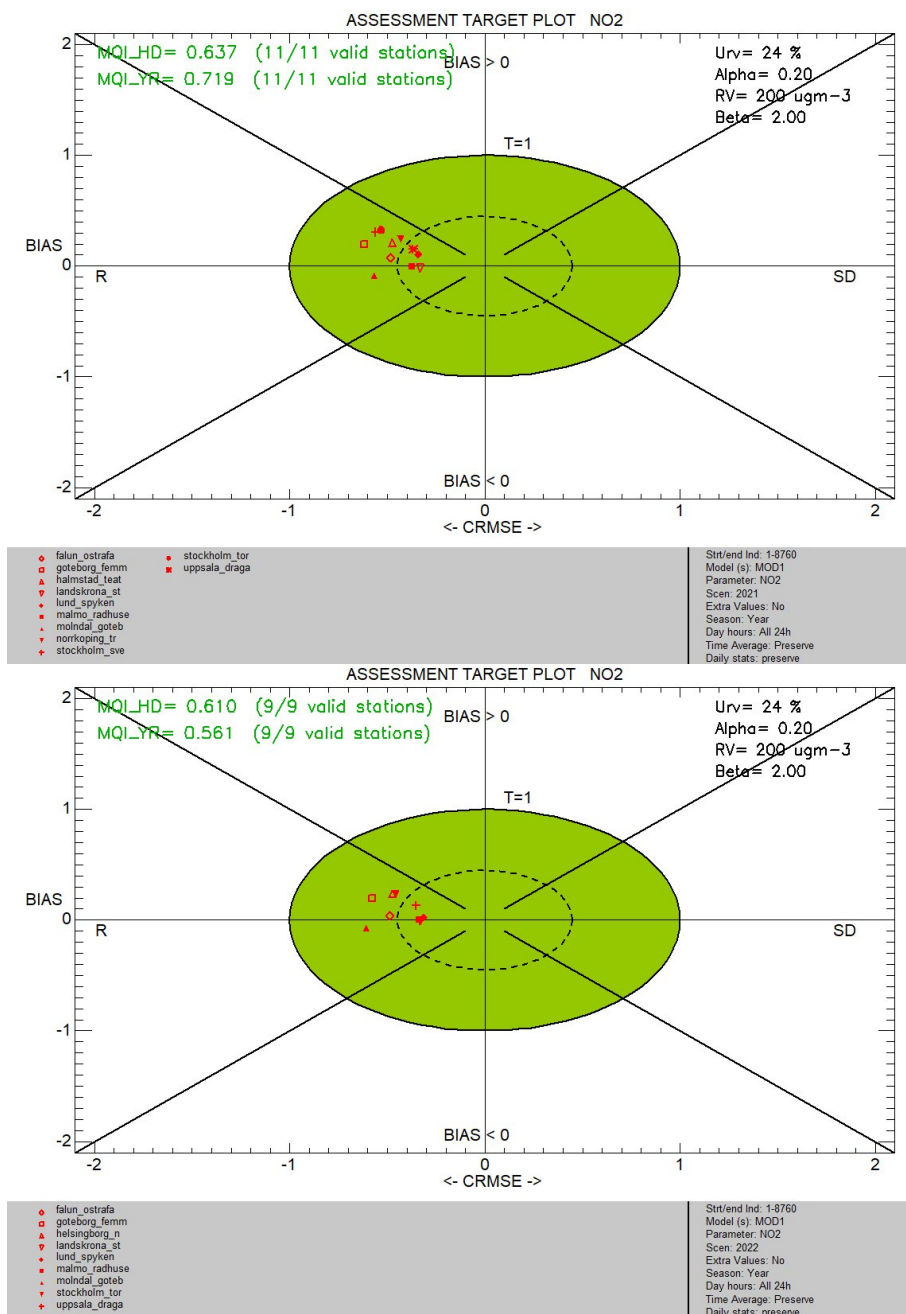
Tabell 11. Simulerade och uppmätta halter tillsammans med korrektionsfaktorer för årsmedel och percentiler av NO2 vid urbana bakgrundsstationer för åren 2021 och 2022.

Kommun	Plats	År	RDE årsmedel	RDE 98-perc dygn	RPE 98-perc dygn	RDE 98-perc timme	RPE 98-perc timme
Falun	Östra Falan	2021	0,04	0,37	0,33	0,51	0,35
Göteborg	Femman	2021	0,1	0,3	0,09	0,23	0,14
Halmstad	Teatertaket	2021	0,1	0,07	0,17	0,12	0,25
Landskrona	Storgatan 24	2021	0,01	0,07	0,12	0,18	0,14
Lund	Spyken	2021	0,05	0,04	0,03	0,1	0,15
Malmö	Rådhuset	2021	0	0,06	0,02	0,09	0,04
Mölndal	Göteborgsv tak	2021	0,08	0,52	0,28	0,43	0,32
Norrköping	Trädgårdsgatan	2021	0,12	0,1	0,22	0,13	0,11
Stockholm	Sveavägen	2021	0,15	0,14	0,38	0,14	0,26
Stockholm	Torkel Knutssong	2021	0,16	0,24	0,21	0,07	0,18
Uppsala	Dragarbrunnsg 23	2021	0,08	0,16	0,05	0,21	0,03

Tabell 12. RDE och RPE för årsmedel och percentiler av NO2 vid urbana bakgrundsstationer år 2021.

Kommun	Plats	År	RDE årsmedel	RDE 98-perc dygn	RPE 98-perc dygn	RDE 98-perc timme	RPE 98-perc timme
Falun	Östra Falan	2022	0,02	0,26	0,33	0,4	0,35
Göteborg	Femman	2022	0,1	0,24	0	0,21	0,08
Helsingborg	Norr	2022	0,12	0,01	0,19	0,17	0,02
Landskrona	Storgatan 24	2022	0	0,22	0,18	0,02	0,17
Lund	Spyken	2022	0,01	0,01	0,08	0,03	0,06
Malmö	Rådhuset	2022	0	0,19	0	0,15	0,02
Mölndal	Göteborgsv tak	2022	0,04	0,63	0,36	0,21	0,33
Stockholm	Torkel Knutssong	2022	0,11	0,12	0,37	0,05	0,23
Uppsala	Dragarbrunnsg 23	2022	0,06	0,06	0,06	0,01	0,04

Tabell 13. RDE och RPE för årsmedel och percentiler av NO2 vid urbana bakgrundsstationer år 2022.



Figur 9. Targetdiagram för NO₂ i urban bakgrund år 2021 och 2022.

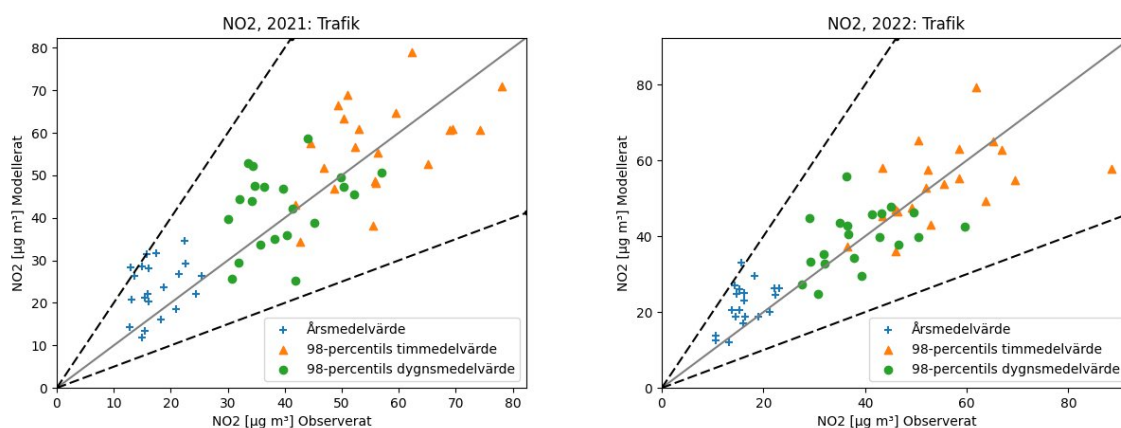
4.2.2 Trafikmiljöer

I trafiknära miljöer visar en majoritet av stationerna mycket god överensstämmelse mellan mätningar och modell där många punkter ligger nära ett 1:1-förhållande mellan modell och mätning, speciellt för årsmedelvärdena, medan det för percentilerna syns en viss spridning men förhållandevis ett bra resultat även här (Figur 10). Utöver detta är den generella bilden att modellen tenderar överskatta NO₂-halter i vissa av trafikmiljöerna. År 2021 var sex av 21 stationer överskattade (Falun, Gävle, Halmstad, Helsingborg, Norrköping, Sundsvall Köpmansgatan) och fem stationer av 20 under 2022 (Falun, Gävle, Halmstad Viktorigatan och Helsingborg Drottningatan).

De noterade överskattningarna var betydande år 2021 och modellkvalitetsmålet uppnåddes inte, då endast 76 % av stationerna låg under målvärdet (0,3 = 30 % avvikelse) för RDE årsmedel. Dock klarades percentilerna med god marginal (Tabell 16) där minst 90 % av stationerna låg under målvärdet. År 2022 klaras samtliga RDE och RPE för både årsmedel och percentiler med 90 % av stationerna under målvärdet med god marginal (Tabell 17). Det kan nämnas att Falun och Helsingborg överskred RDE-målvärdet (0,3) för årsmedel och att Halmstad och Helsingborg överskred RPE-målvärdet (0,5) för 98-percentil dygn.

Modellkvalitetsmålet uttryckt som MQI_HD klaras för båda åren och samtliga stationer ligger inom target förutom Falun år 2021 och Gävle år 2022 (Figur 11). Modellkvalitetsmålet MQI_YR klaras dock inte och indikerar att det finns en skillnad mellan mätningar och modell för den övergripande årliga variationen.

Troligen kan trafiken fortfarande ha varit influerad av restriktioner på grund av Covid-pandemin under första halvan av 2021 vilket kan ha påverkat trafikmängderna. Detta skulle kunna förklara att trafikmängden för året är något osäker och eventuellt för hög i modellen under just denna tidsperiod. Skillnader mellan modell och mätning kan delvis också bero på att elektrifieringen av fordonsflottan skiljer sig mer eller mindre markant från vad som reflekteras i indatan. Den relativa fördelningen av eldrivna fordon skiljer sig kraftigt åt mellan olika tätorter i landet. Vid årsskiftet 2022/2023 hade exempelvis Solna kommun lägst andel diesel och bensindrivna fordon (63 %) medan i Sorsele kommun låg motsvarande siffra på 98 % (Trafikanalys, 2023). Indatan till modellen använder samma proportioner i hela landet där elfordon i nuläget utgör cirka 3 % och elhybrid 6 % (El/bensin: 5,7 %, El/diesel: 0,3 %) av den totala sammansättningen av fordonsflottan. Dessa proportioner behöver troligtvis uppdateras med statistik som beskriver andelen av olika fordon på lokal nivå för att bättre representera fordonssammansättningen i en kommun. Indatan för vissa tätorter har då alltså eventuellt för hög andel elfordon medan andra har för låg, vilket påverkar utsläppen av NO_x och den resulterande halten av NO₂. I Stockholmsområdet och är det ganska troligt att andelen elektriska fordon är underskattad i modellens indata och skulle kunna förklara varför NO₂-halterna vid exempelvis Stockholm Hornsgatan och Sundbyberg Tulegatan har något förhöjda halter i modellen.



Figur 10. Årsmedelhalter och percentiler av NO₂ i urban bakgrund för åren 2021 och 2022.

Kommun	Plats	År	Årsmedel			98-percentil dygn			98-percentil timme		
			sim	mätt	kor	sim	mätt	kor	sim	mätt	kor
Borås	Kungsgatan	2021	26,78	21,46	0,8	38,95	45,25	1,16	52,65	65,11	1,24
	Kungsgatan	2022	29,54	18,21	0,62	45,87	41,41	0,9	79,34	61,9	0,78
Falun	Svärdsjögatan	2021	28,38	13,02	0,46	46,91	39,78	0,85	64,74	59,4	0,92
	Svärdsjögatan	2022	27,06	14,41	0,53	47,73	45,06	0,94	62,91	66,92	1,06
Gävle	Södra Kungsg	2021	28,66	14,99	0,52	47,44	34,71	0,73	63,44	50,3	0,79
	Södra Kungsg	2022	24,85	14,75	0,59	43,55	34,98	0,8	57,55	52,37	0,91
Göteborg	Gårda	2021	22,05	16,01	0,73	42,19	41,36	0,98	55,24	56,4	1,02
	Gårda	2022	20,46	15,21	0,74	40,58	36,69	0,9	52,82	52,05	0,99
Göteborg	Övre Husargatan	2021	22,13	24,46	1,11	50,61	56,93	1,12	70,98	78,1	1,1
	Övre Husargatan	2022	19,95	21,15	1,06	46,24	49,64	1,07	65,14	65,13	1
Halmstad	Viktoriagatan	2021	31,81	17,46	0,55	52,78	33,61	0,64	66,46	49,41	0,74
	Viktoriagatan	2022	25,98	15,25	0,59	44,81	29,01	0,65	58,14	43,39	0,75
Helsingborg	Drottninggatan	2021	26,33	13,7	0,52	44,35	32,12	0,72	57,56	44,49	0,77
	Drottninggatan	2022	33,14	15,67	0,47	55,92	36,35	0,65	65,22	50,4	0,77
Jönköping	Kungsgatan	2021	20,31	16,05	0,79	35,06	38,26	1,09	48,24	56,02	1,16
Kalmar	Södra Vägen	2021	14,41	12,84	0,89	29,37	31,85	1,08	43,02	41,88	0,97
	Södra Vägen	2022	12,65	10,68	0,84	27,42	27,55	1	37,18	36,6	0,98
Kungälv	Strandgatan	2021	13,39	15,5	1,16	25,23	41,8	1,66	38,26	55,5	1,45
	Strandgatan	2022	11,94	13,19	1,1	24,73	30,76	1,24	36,07	46,05	1,28
Linköping	Hamngatan	2022	20,43	13,87	0,68	33,41	29,17	0,87	47,1	46,08	0,98
	Hamngatan	2021	20,69	13,07	0,63	39,68	30,15	0,76	51,88	46,83	0,9
Luleå	Sandviksgatan	2022	13,87	10,62	0,77	29,64	39,39	1,33	42,97	52,86	1,23
Malmö	Dalaplan	2021	16,02	18,23	1,14	33,81	35,71	1,06	46,97	48,68	1,04
	Dalaplan	2022	16,97	15,96	0,94	32,83	31,95	0,97	45,28	43,49	0,96
Malmö	Dalaplan 5B	2021	18,61	20,89	1,12	35,93	40,45	1,13	48,72	55,8	1,15
	Dalaplan 5B	2022	18,9	19,09	1,01	34,35	37,79	1,1	47,54	49,27	1,04
Norrköping	Kungsgatan	2021	28,24	16,1	0,57	47,39	36,37	0,77	60,89	53,02	0,87
	Kungsgatan	2022	25,1	16,19	0,64	39,76	42,81	1,08	53,84	55,51	1,03
Stockholm	Hornsgatan	2021	34,67	22,48	0,65	58,65	44,04	0,75	79,05	62,3	0,79
	Hornsgatan	2022	26,39	23,08	0,87	46,08	43,19	0,94	62,96	58,56	0,93
Sundbyberg	Tulegatan 9	2021	21,28	15,51	0,73	43,98	34,22	0,78	56,64	52,35	0,92
	Tulegatan 9	2022	18,81	14,5	0,77	35,19	31,79	0,9	46,55	46,4	1
Sundsvall	Köpmangatan	2021	31,57	15,79	0,5	52,31	34,47	0,66	68,83	51	0,74
	Köpmangatan	2022	23,14	16,2	0,7	42,7	36,42	0,85	55,32	58,4	1,06
Uppsala	Kungsgatan	2022	24,44	22,4	0,92	39,83	50,44	1,27	54,88	69,5	1,27
	Kungsgatan	2021	26,44	25,35	0,96	45,63	52,12	1,14	60,67	68,9	1,14
Västerås	Melkertorget	2021	11,93	15,02	1,26	25,71	30,66	1,19	34,38	42,74	1,24
Örnsköldsvik	Centralesplanaden	2021	29,29	22,61	0,77	47,33	50,37	1,06	60,8	74,23	1,22
	Centralesplanaden	2022	26,27	22,11	0,84	42,53	59,64	1,4	57,73	88,5	1,53
Östersund	Rådhusgatan	2022	18,82	16,3	0,87	37,72	46,53	1,23	49,25	63,8	1,3
	Rådhusgatan	2021	23,63	18,77	0,79	49,52	49,86	1,01	60,82	69,44	1,14

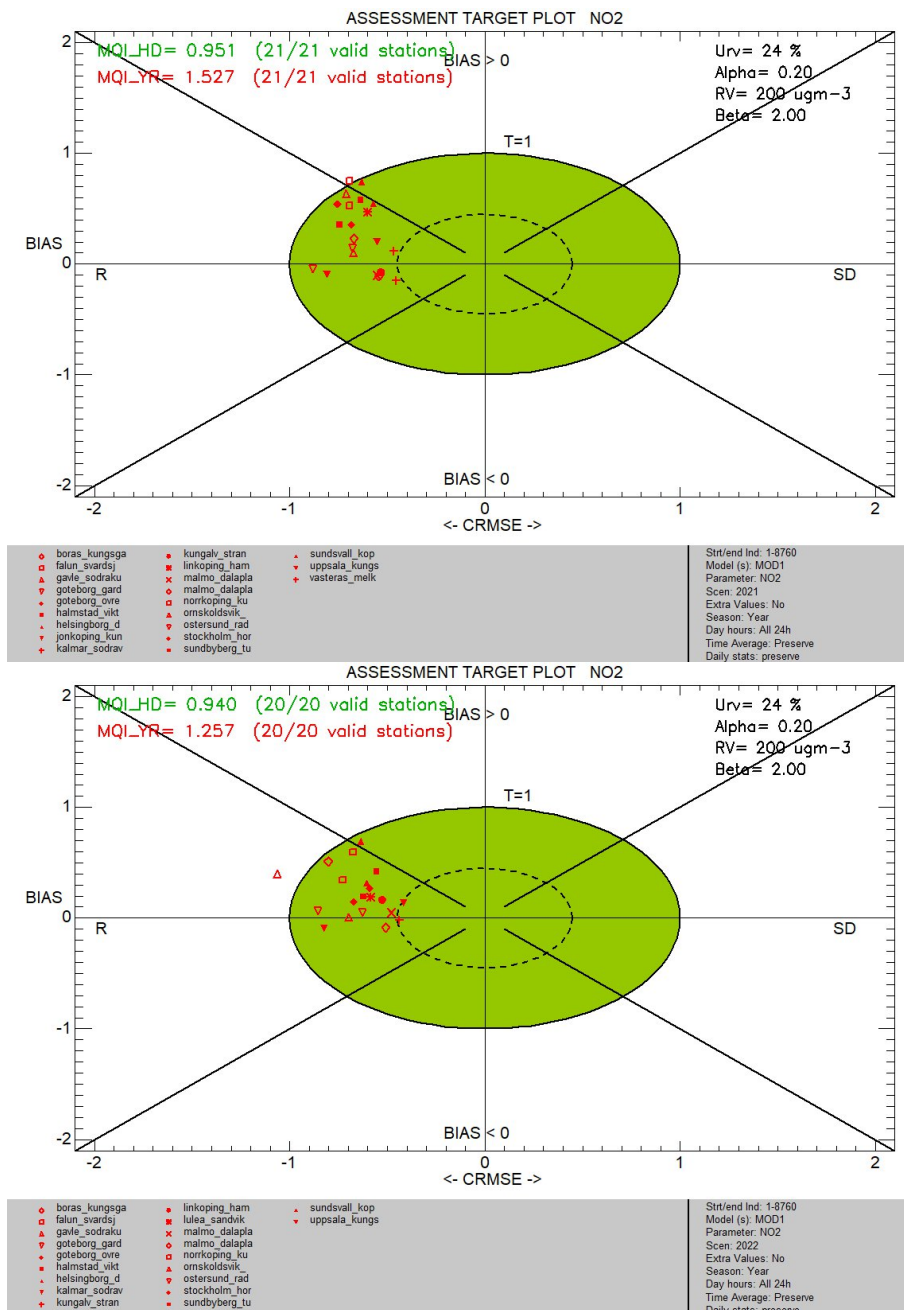
Tabell 15. Uppmätta och simulerade värden för årsmedel och percentiler samt korrektionsfaktor (kor) för NO2 i trafikmiljöer.

Kommun	Plats	År	RDE årsmedel	RDE 98-perc dygn	RPE 98-perc dygn	RDE 98-perc timme	RPE 98-perc timme
Borås	Kungsgatan	2021	0,13	0,31	0,14	0,32	0,19
Falun	Svärdsgatan	2021	0,38	0,08	0,18	0,12	0,09
Gävle	Södra Kungsgatan	2021	0,34	0,11	0,37	0,01	0,26
Göteborg	Gårda	2021	0,06	0,15	0,11	0,13	0,09
Göteborg	Övre Husargatan	2021	0,15	0,13	0,02	0,08	0,02
Halmstad	Viktoriagatan	2021	0,36	0,19	0,57	0,01	0,35
Helsingborg	Drottninggatan	2021	0,32	0,27	0,38	0,04	0,29
Jönköping	Kungsgatan	2021	0,11	0,21	0,08	0,21	0,14
Kalmar	Södra Vägen	2021	0,04	0,05	0,08	0,07	0,03
Kungälv	Strandgatan	2021	0,05	0,41	0,4	0,34	0,31
Linköping	Hamngatan	2021	0,19	0,28	0,32	0,24	0,11
Malmö	Dalaplan	2021	0,06	0,01	0,05	0,25	0,04
Malmö	Dalaplan 5B	2021	0,06	0,16	0,11	0,07	0,13
Norrköping	Kungsgatan	2021	0,3	0,08	0,3	0,06	0,15
Stockholm	Hornsgatan	2021	0,3	0,15	0,33	0,13	0,27
Sundbyberg	Tulegatan 9	2021	0,14	0,12	0,29	0,17	0,08
Sundsvall	Köpmangatan	2021	0,39	0,31	0,52	0,04	0,35
Uppsala	Kungsgatan	2021	0,03	0,19	0,12	0,14	0,12
Vasterås	Melkertorget	2021	0,08	0,07	0,16	0,4	0,2
Örnsköldsvik	Centralesplanaden	2021	0,17	0,18	0,06	0,28	0,18
Östersund	Rådhusgatan	2021	0,12	0,01	0,01	0,2	0,12

Tabell 16. Statistiska indikatorer för NO2 vid trafikstationer 2021.

Kommun	Plats	År	RDE årsmedel	RDE 98-perc dygn	RPE 98-perc dygn	RDE 98-perc timme	RPE 98-perc timme
Borås	Kungsgatan	2022	0,28	0,01	0,11	0,47	0,28
Falun	Svärdsgatan	2022	0,32	0,02	0,06	0,16	0,06
Gävle	Södra Kungsgatan	2022	0,25	0,32	0,24	0,21	0,1
Göteborg	Gårda	2022	0,03	0,27	0,07	0,03	0
Göteborg	Övre Husargatan	2022	0,13	0,11	0,11	0,11	0,01
Halmstad	Viktoriagatan	2022	0,27	0,18	0,54	0,05	0,34
Helsingborg	Drottninggatan	2022	0,44	0,23	0,54	0,16	0,29
Kalmar	Södra Vägen	2022	0,05	0,08	0	0,29	0,02
Kungälv	Strandgatan	2022	0,03	0,2	0,2	0,06	0,22
Linköping	Hamngatan	2022	0,16	0,03	0,15	0,01	0,02
Luleå	Sandviksgatan	2022	0,08	0,39	0,25	0,38	0,19
Malmö	Dalaplan	2022	0,03	0,18	0,03	0	0,04
Malmö	Dalaplan 5B	2022	0	0,17	0,09	0,02	0,04
Norrköping	Kungsgatan	2022	0,22	0,15	0,07	0,24	0,03
Stockholm	Hornsgatan	2022	0,08	0,05	0,07	0,04	0,08
Sundbyberg	Tulegatan 9	2022	0,11	0,04	0,11	0,01	0
Sundsvall	Köpmangatan	2022	0,17	0,01	0,17	0,21	0,05
Uppsala	Kungsgatan	2022	0,05	0,28	0,21	0,24	0,21
Örnsköldsvik	Centralesplanaden	2022	0,1	0,31	0,29	0,35	0,35
Östersund	Rådhusgatan	2022	0,06	0,34	0,19	0,32	0,23

Tabell 17. Statistiska indikatorer RDE och RPE för NO2 vid trafikstationer 2022.



Figur 11. Targetdiagram för NO₂ i trafikmiljö för år 2021 och 2022.

5 Slutsatser

PM₁₀, urban bakgrund:

- Årsmedelvärdet för PM₁₀ vid urbana bakgrundsstationer stämmer väl överens med mätningar för ungefär hälften av de analyserade platserna. Exempel på både över- och underskattning finns från två stationer speciellt för år 2022.
- RDE och RPE uppnås för årsmedel men inte för percentiler, då färre än 90 % av stationerna ligger under 50 % avvikelse mellan modell och mätning.
- Modellkvalitetsmålet (MQO) uppnås delvis år 2021 där MQI_YR ligger inom target, men MQI_HD ligger över target (T>1). År 2022 uppnås inte MQO då båda indikatorer ligger över target. Detta tyder på att det

finns en skillnad i halter mellan modell och mätning både under kortare perioder under året samt den årliga variationen.

PM10, trafikmiljöer:

- Årsmedelvärde stämmer ofta väl överens mellan modell och mätning. Det finns exempel på både under och överskattningar mellan mätningar och modell, med en viss tendens till relativt stora underskattningar speciellt med avseende på 90-percentilen dygn år 2022.
- Modellkvalitetsmålen uttryckt som RDE och RPE uppnås för PM10 på årsmedelbasis för båda åren. RDE är i del flesta fall mycket under målvärdet på 0,5 för årsmedel. För 90-percentilen dygn klaras inte modellkvalitetsmålet något år för vare sig RDE eller RPE.
- MQO uppnås inte då både MQI_HD och MQI_YR visar värden över target ($T > 1$). Detta tyder på att det finns skillnader i halter mellan modell och mätningar både under kortare perioder under året samt den årliga variationen.

NO2 urban bakgrund:

- För urbana stationer stämmer modell och mätning mycket bra överens, speciellt under 2022. Ett par stationer visar en tendens till förhöjda modellerade halter, vilket kan förklaras av en generell lägre trafikmängd under året 2021 med koppling till pandemi-restriktioner. En annan förklaring kan också vara att fordonsammansättningen i vissa kommuner har en för låg andel el-bilar.
- RPE och RDE uppnås för både årsmedel och percentiler för NO2 vid urbana stationer för 2021. För 2022 uppnås modellkvalitet förutom en station där RDE för 98-percentilen översteg 50 % avvikelse.
- MQO uppnås båda år för samtliga indikatorer (MQI_HD och MQI_YR) vid de urbana stationerna för NO2.

NO2, trafikmiljöer:

- Överlag är resultatet bra där modell och mätning stämmer väl överens i en stor andel av de analyserade trafikmiljöerna. En tendens till överskattning av halter noteras vid ett par platser och bedöms delvis ha koppling till fordonssammansättningen samt en viss påverkan på trafikmängder under 2021 på grund av pandemin.
- För år 2021 klaras inte RDE för årsmedel då fem av 20 stationer visar på mer än 30 % avvikelse. För samma år klaras dock modellkvalitetsmålen för percentilerna med god marginal. RDE och RPE klaras också med god marginal för årsmedel och percentiler år 2022.
- MQO klaras till viss del då MQI_HD uppnås för båda åren och samtliga stationer ligger inom target ($T < 1$) förutom en. MQI_YR klaras inte något år och tyder på att det föreligger en skillnad mellan modell och mätning i den årliga variationen.

6 Referenser

1. Alpfjord Wylde, H., Asker, C., Bennet, C., Forsberg, B., Segersson, D. (2023). Quantification of population exposure to PM10, PM2.5 and NO₂ and estimated health impacts for 2019 and 2030. SMHI Report Meteorology and Climatology No. 119.
2. Berkowicz, R. (2000). *A simple model for urban background pollution*. Environmental Monitoring and Assessment, 65, 259-267.
3. Gidhagen L., m.fl. (2005). *SIMAIR: Modell för beräkning av luftkvalitet i vägars närområde*. SMHI Rapport Nr 2005-37.
4. Hammarlund, S., Isacson, G., Lindblom, H., Eliasson, J., Hunhammar, S. (2020). *Scenarier för att nå klimatmålet för inrikes transporter: ett regeringsuppdrag*, Trafikverkets publikationer 2020:080. URL <https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:trafikverket:diva-4245> [accessed 2023-09-19]
5. Holmin Fridell, S., Jones, J., Bennet, C., Södergren, H., Kindell, S., Andersson, S., Torstensson, M., Jakobsson, M. (2013). *Luftkvaliteten i Sverige år 2030*. SMHI Meteorologi Nr 155.
1. Hult, C (2021). NO_x-utsläpp i klimatscenarier för vägtrafik, SMED PM. https://admin.smed.se/app/uploads/2021/01/SMED-PM_NOx-i-klimatscenarier-f%C3%B6r-v%C3%A4gtrafik.pdf [accessed 2023-09-19]
6. Hult, C., Merelli, L., Mawdsley, I. (2022). *Styrmedel för minskade NO_x-utsläpp från vägtrafik i scenarier med skärpta EU-krav för fordons CO₂-utsläpp*. IVL Rapport nr C 668.
7. Omstedt, G., Andersson, S., Asker, C., Jones, J., Kindell, S., Segersson, D., Torstensson, M. (2012). *Luftkvaliteten i Sverige år 2020*. SMHI Meteorologi Nr 150.
8. Robertson, L., Langner, J., Engardt, M. (1999). *An Eulerian limited-area atmospheric transport model*. J. Appl. Meteor. 38, 190-210.
9. Trafikverket (2022). *Undersökning av däcktyp i Sverige – Vintern 2022*. URL <https://trafikverket.diva-portal.org/smash/get/diva2:1698191/FULLTEXT01.pdf> [accessed 2023-09-14].
10. Trafikanalys (2023). *Fordon i län och kommuner 2022*. URL <https://www.trafa.se/globalassets/statistik/vagtrafik/forDon/2023/forDon-i-lan-och-kommuner-2022.pdf> [accessed 2023-01-16].
11. Denby B.R. et al. (2013). *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*. Atmospheric Environment 77, 283-300. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2013.04.069>
12. Kauhaniemi et al., (2014). Comparison of the predictions of two road dust emission models with the measurements of a mobile van. Atmos. Chem. Phys. Discuss., 14, 4263–4301. doi:10.5194/acpd-14-4263-2014

Bilaga 1 – Nortrip-parametrar för olika delar av Sverige

Parameter	Syd	Mitt	Norr
Byte till sommardäck (från/till)	31 mar/15 apr	7 apr/30 apr	15 apr/15 maj
Byte till vinterdäck (från/till)	1 okt/1 dec	1 okt/1 dec	1 okt/1 dec
Asfaltstyp	Standard (1.0)	Mjuk (1.6)	Mjuk (1.6)
Körcykel	Tätort (1.5)	Tätort (1.5)	Tätort (1.5)
Sandmängd	0	250	500
Tid mellan sandning	-	7 dagar	7 dagar
Dammbindning	-	-	-
Krossning	Ja	Ja	Ja

Tabell 19. Nortrip-parametrar som använts för beräkningar både för 2022 och 2030.

SMHI har en livsviktig roll som pålitlig expertmyndighet. Genom vår gedigna kunskap om väder, vatten och klimat bidrar vi till att öka hela samhällets hållbarhet.

Vi samlar in mängder av data som vi bearbetar, modellerar och visualiserar utifrån olika scenarier. Vi följer omvärldens utveckling och genom vår egen forskning utvecklar och sprider vi kunskap och tjänster som bygger på vetenskaplig grund. Vi utvärderar, analyserar, prognostiserar och följer upp. Varje dag, dygnet runt, året om.

Därför vågar vi lova dig ständigt aktuella beslutsunderlag som gör det lättare att planera på både kort och lång sikt – allt från din utflykt till framtidens infrastruktur. Våra underlag hjälper samhället att nå de nationella miljökvalitetsmålen och hantera morgondagens globala utmaningar.

SMHI omsätter 916 miljoner kronor och har cirka 670 medarbetare. Huvudkontoret finns i Norrköping. SMHI har också kontor i Göteborg och Uppsala.

SMHI. Alltid de bästa underlagen för dina beslut.



SMHI – SVERIGES METEOROLOGISKA OCH HYDROLOGISKA INSTITUT

601 76 Norrköping • Besöksadress Folkborgsvägen 17 • Telefon 011-495 80 00 • E-Post smhi@smhi.se • www.smhi.se